



3-4 лекция. Структурный анализ плоских механизмов

Исабеков Жанібек Назарбекұлы



Введение:

Современная робототехника активно развивается, и одним из ключевых её направлений являются манипуляторы — устройства, способные выполнять движения, имитирующие действия человеческой руки. Они применяются в промышленности, медицине, логистике, исследовательских роботах и даже в космосе.

Для эффективного проектирования и управления манипуляторами необходим анализ их структуры и кинематики. Структурный анализ позволяет определить состав, связи и подвижности элементов механизма, а кинематический — рассчитать положение, скорости и ускорения звеньев при движении.

Цель анализа — обеспечить точность, надёжность и оптимальность движений манипулятора, что особенно важно для автоматизированных систем и робототехнических комплексов будущего.





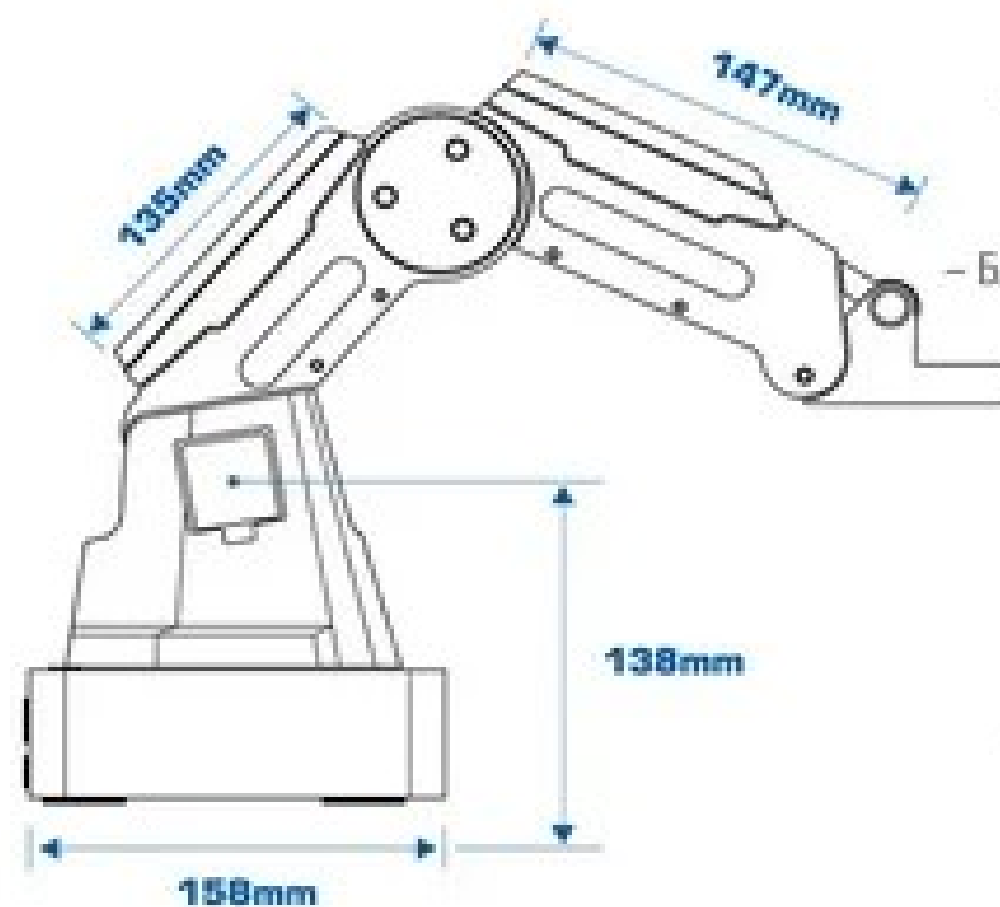
СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Структурный анализ — это изучение строения манипулятора, его звеньев и связей между ними. Он позволяет определить, из каких элементов состоит механизм и как они соединены, чтобы обеспечить требуемые движения.

Манипулятор состоит из звеньев (жёстких частей) и кинематических пар, которые соединяют эти звенья и обеспечивают их относительное движение. Каждая пара может позволять вращение, поступательное или комбинированное перемещение.

Главной задачей структурного анализа является определение числа степеней подвижности манипулятора — то есть, сколько независимых движений он может выполнять. Для этого используется формула Чебышева-Грублера, которая помогает понять, способен ли механизм выполнять заданные функции.

Структурный анализ манипуляторов



СОСТАВ РЕШЕНИЯ:

- 4-Х ОСЕВОЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ МАНИПУЛЯТОР
- БЛОК ТЕХНОЛОГИИ FDM 3D-ПЕЧАТИ
- БЛОК ЛАЗЕРНОГО ГРАВЕРА / ГОЛУБОЙ ЛАЗЕР
- БЛОК ДЕРЖАТЕЛЯ ПЕРА / МАРКЕР / КАРАНДАШ / РУЧКА / ПНЕВМО-ЗАХВАТ
- БЛОК ЗАХВАТА МАНИПУЛЯТОРА / ПНЕВМО-ЗАХВАТ
- БЛОК ЗАХВАТА МАНИПУЛЯТОРА / ВАКУМНАЯ ПРИСОСКА
- GAMEPAD / РУЧНОЙ ТЕРМИНАЛ УПРАВЛЕНИЯ
- МОДУЛЬ WI-FI
- МОДУЛЬ BLUETOOTH
- ПО DOBOT STUDIO® / БЕСПЛАТНЫЙ ДОСТУП К API
- КОМПЛЕКТ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ



Классификация манипуляторов по структуре

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ

звенья соединены одно за другим, образуя открытую кинематическую цепь. Такие конструкции просты в управлении и широко применяются в промышленности (например, роботы KUKA или FANUC).

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ

состоят из нескольких кинематических цепей, соединяющих основание с подвижной платформой. Они отличаются высокой точностью и жёсткостью (пример — платформа Стюарта).

ГИБРИДНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ

сочетают элементы обеих структур, что позволяет объединить преимущества точности и подвижности.



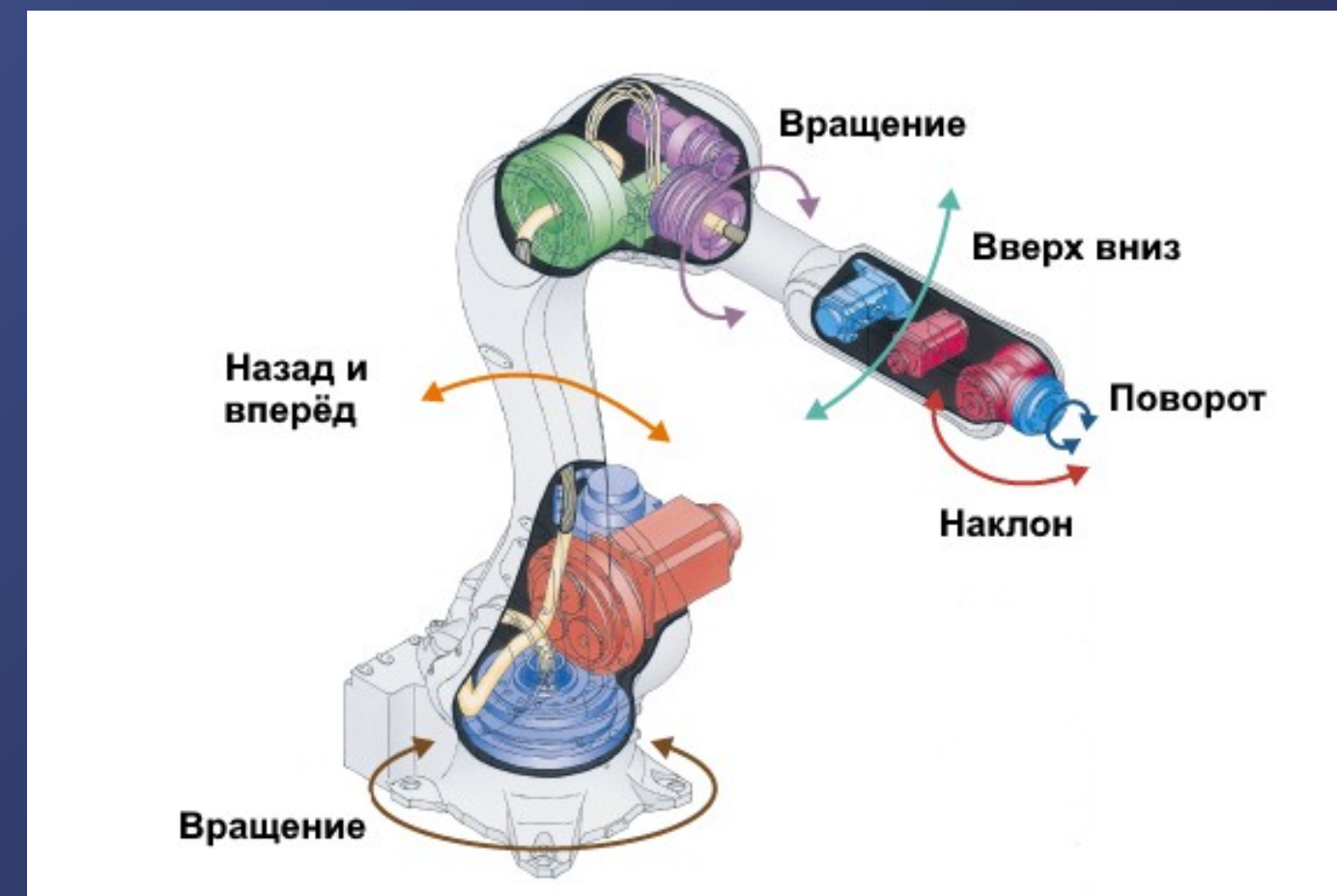
Промышленный робот – программируемая автоматическая машина, состоящая из манипулятора и устройства программного управления его движением, предназначенная для замены человека при выполнении основных и вспомогательных операций в производственных процессах.

Манипулятор – совокупность пространственного рычажного механизма и системы приводов, осуществляющая под управлением программируемого автоматического устройства или человека-оператора действия (манипуляции), аналогичные действиям руки человека.

Рабочее пространство манипулятора - часть пространства, ограниченная поверхностями огибающими к множеству возможных положений его звеньев. Зона обслуживания манипулятора - часть пространства соответствующая множеству возможных положений центра схвата манипулятора. Зона обслуживания является важной характеристикой манипулятора. Она определяется структурой и системой координат руки манипулятора, а также конструктивными ограничениями наложенными относительно перемещения звеньев в КП



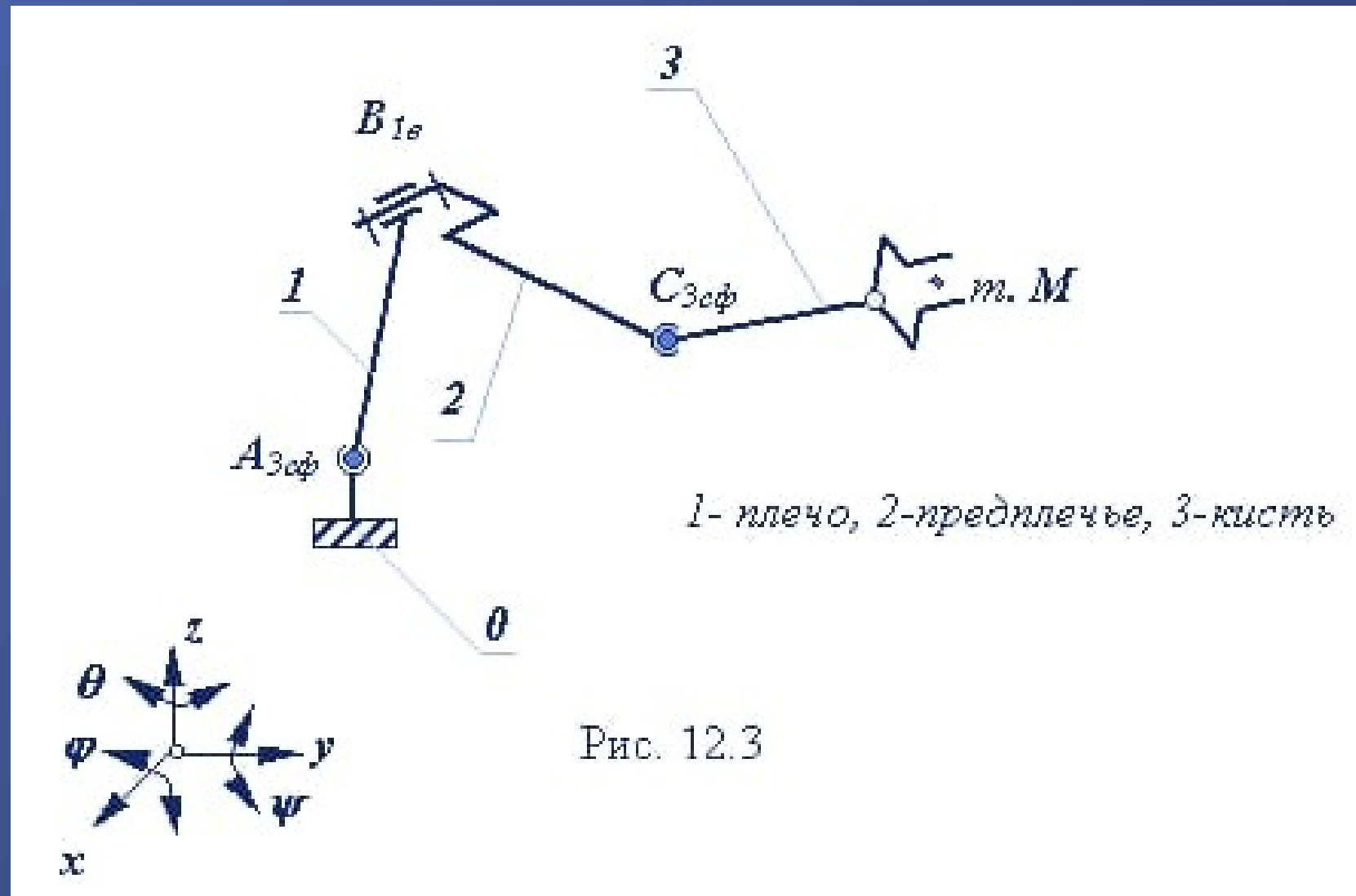
Структурная схема механизма – его графическое изображение на котором показаны стойка, подвижные звенья, кинематические пары и их взаимное расположение. Графическое изображение элементов схемы выполняется с учетом принятых условных обозначений. Кинематической цепью называется система звеньев, образующих между собой кинематические пары. Цепь в которой каждое звено входит не более чем в две кинематические пары, называется простой. Незамкнутой называется такая кинематическая цепь, в которой есть звенья входящие только в одну кинематическую пару.



Кинематические пары манипулятора характеризуются: именем или обозначением КП - заглавная буква латинского алфавита (A, B, C и т.д.); звеньями, которые образуют пару (0/1, 1/2 и т.п.); относительным движением звеньев в паре (для одноподвижных пар - вращательное, поступательное и винтовое); подвижностью КП; осью ориентации оси КП относительно осей базовой или локальной системы координат



Структурная схема антропоморфного манипулятора



Рассматриваемый механизм является пространственным разомкнутым манипулятором, состоящим из трёх подвижных звеньев, соединённых тремя кинематическими парами — двумя трёхподвижными сферическими ($A_{3сф}$ и $C_{3сф}$) и одной одноподвижной вращательной ($B_{1в}$).

Подвижность манипулятора W - число независимых обобщённых координат однозначно определяющее положение схвата в пространстве.

$$W = 6 \cdot n - \sum_{i=1}^5 (6 - i) \cdot p_i$$

Маневренность манипулятора M - подвижность манипулятора при зафиксированном (неподвижном) схвате

$$M = W - 6$$

Для манипулятора, изображенного на рисунке:

$$\text{подвижность манипулятора } W = 6 \times 3 - (3 \times 2 - 5 \times 1) = 18 - 11 = 7;$$

$$\text{маневренность } M = 7 - 6 = 1;$$

формула строения

$$W = [q_{10} + j_{10} + y_{10}] + j_{21} + [q_{32} + j_{32} + y_{32}]$$

1. Кинематический vs. Структурный анализ Какую задачу позволяет решить кинематический анализ манипуляторов?

A. Определить число звеньев и кинематических пар.

B. Рассчитать положение, скорости и ускорения звеньев при движении.

C. Определить число степеней подвижности (W).

D. Вычислить маневренность (M) манипулятора.

2. Главная задача структурного анализа Какова главная задача, для решения которой в структурном анализе применяется формула Чебышева-Грублера?

A. Определить максимальную рабочую скорость схвата.

B. Определить количество звеньев.

C. Определить число степеней подвижности (W) манипулятора.

D. Рассчитать оптимальные траектории движения.

3. Классификация по цепи Какое структурное описание соответствует незамкнутой кинематической цепи?

A. Цепь, в которой все звенья соединены в многоугольник (закрытый контур).

B. Цепь, в которой каждое звено входит не менее чем в три кинематические пары.

C. Цепь, в которой есть звенья, входящие только в одну кинематическую пару (например, схват).

D. Цепь, состоящая только из поступательных кинематических пар.

4. Последовательные манипуляторы Какова ключевая структурная особенность промышленных последовательных манипуляторов (типа KUKA, FANUC)?
- A. Состоят из нескольких замкнутых цепей, соединяющих основание с платформой.
 - B. Имеют только поступательные кинематические пары.
 - C. Звенья соединены одно за другим, образуя открытую (разомкнутую) кинематическую цепь.
 - D. Отличаются сверхвысокой жёсткостью, недостижимой для других типов.

5. Параллельные манипуляторы Какой тип манипуляторов, отличающийся высокой точностью и жёсткостью, имеет конструкцию из нескольких кинематических цепей, соединяющих основание с подвижной платформой?

A. Последовательные манипуляторы.

B. Антропоморфные манипуляторы.

C. Гибридные манипуляторы.

D. Параллельные манипуляторы.

6. Рабочее пространство и Зона обслуживания Как в тексте разграничены Рабочее пространство и Зона обслуживания манипулятора?

A. Рабочее пространство и Зона обслуживания — это синонимы.

B. Рабочее пространство — это объём, ограниченный огибающими поверхностями всех звеньев; Зона обслуживания — это множество положений центра схвата.

C. Рабочее пространство — это область для вспомогательных операций, а Зона обслуживания — для основных.

D. Зона обслуживания всегда больше Рабочего пространства.

7. Подвижность (W) Что представляет собой величина W в формуле подвижности $W=6 \cdot n - \sum_{i=1}^N (6-i) \cdot p_i$?

А. Общее число подвижных звеньев.

В. Число независимых обобщенных координат.

С. Общее число кинематических пар.

Д. Число связей, наложенных на механизм.

8. Расчет подвижности (Задача) Пространственный манипулятор имеет $n=4$ подвижных звена, две вращательные пары ($p_1=2$) и две цилиндрические пары ($p_2=2$). Каково число степеней подвижности W ?
(Вращательная пара: 5 связей; Цилиндрическая пара: 4 связи)

A. 4

B. 5

C. 6 ($W=6 \cdot 4 - (5 \cdot 2 + 4 \cdot 2) = 24 - (10 + 8) = 6$)

D. 7

9. Маневренность (M) Если подвижность (W) манипулятора равна 8, чему будет равна его маневренность (M) при зафиксированном хвате? (Формула: $M=W-6$)

A. 1

B. 2 ($M=8-6=2$)

C. 6

D. 8

10. Цель анализа Какова главная конечная цель проведения структурного и кинематического анализа манипуляторов?

A. Упрощение конструкции для уменьшения её стоимости.

B. Обеспечение точности, надёжности и оптимальности движений манипулятора.

C. Максимальное увеличение маневренности (M) любой ценой.

D. Исключительно для академического интереса, без практической ценности.