



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.





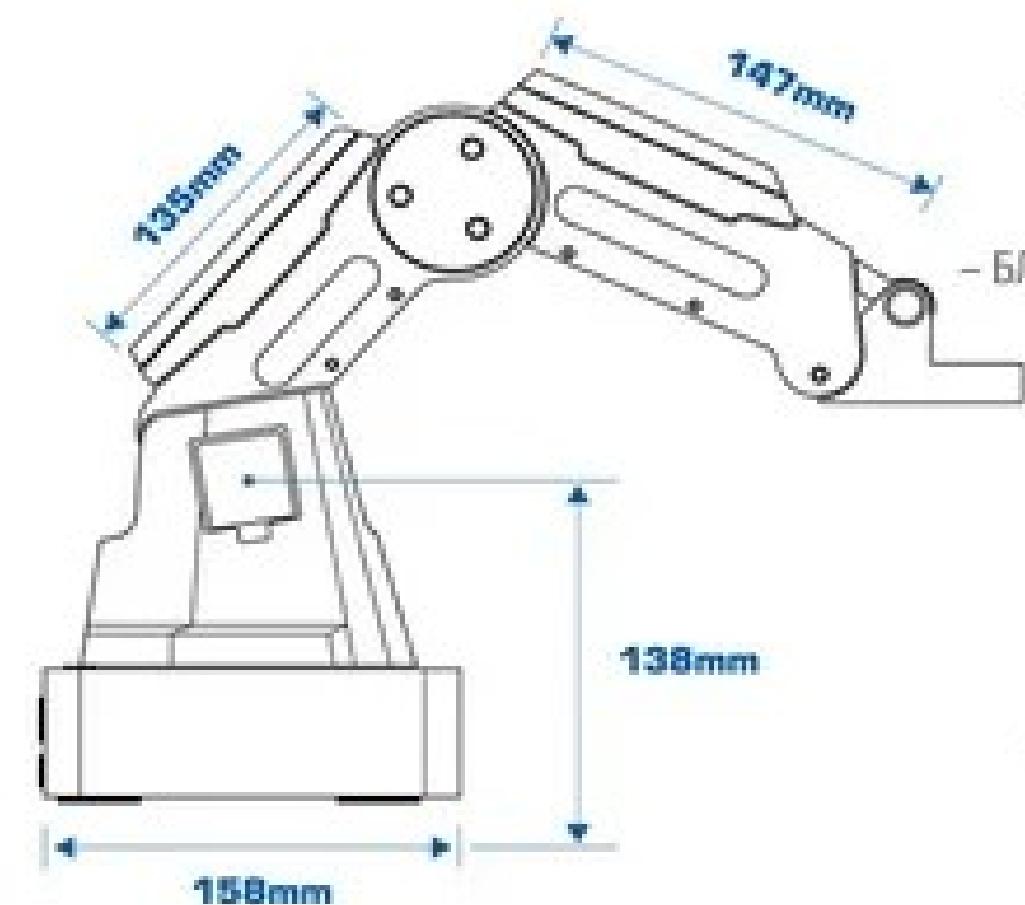
СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

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
- БЛОК ЗАХВАТА МАНИПУЛЯТОРА / ПНЕВМО-ЗАХВАТ
- БЛОК ЗАХВАТА МАНИПУЛЯТОРА / ВАКУМНАЯ ПРИСОСКА
- GAMEPAD / РУЧНОЙ ТЕРМИНАЛ УПРАВЛЕНИЯ
- МОДУЛЬ WI-FI
- МОДУЛЬ BLUETOOTH
- ПО ROBOT 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).

ПАРАЛЕЛЬНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ

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

ГИБРИДНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ

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



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.

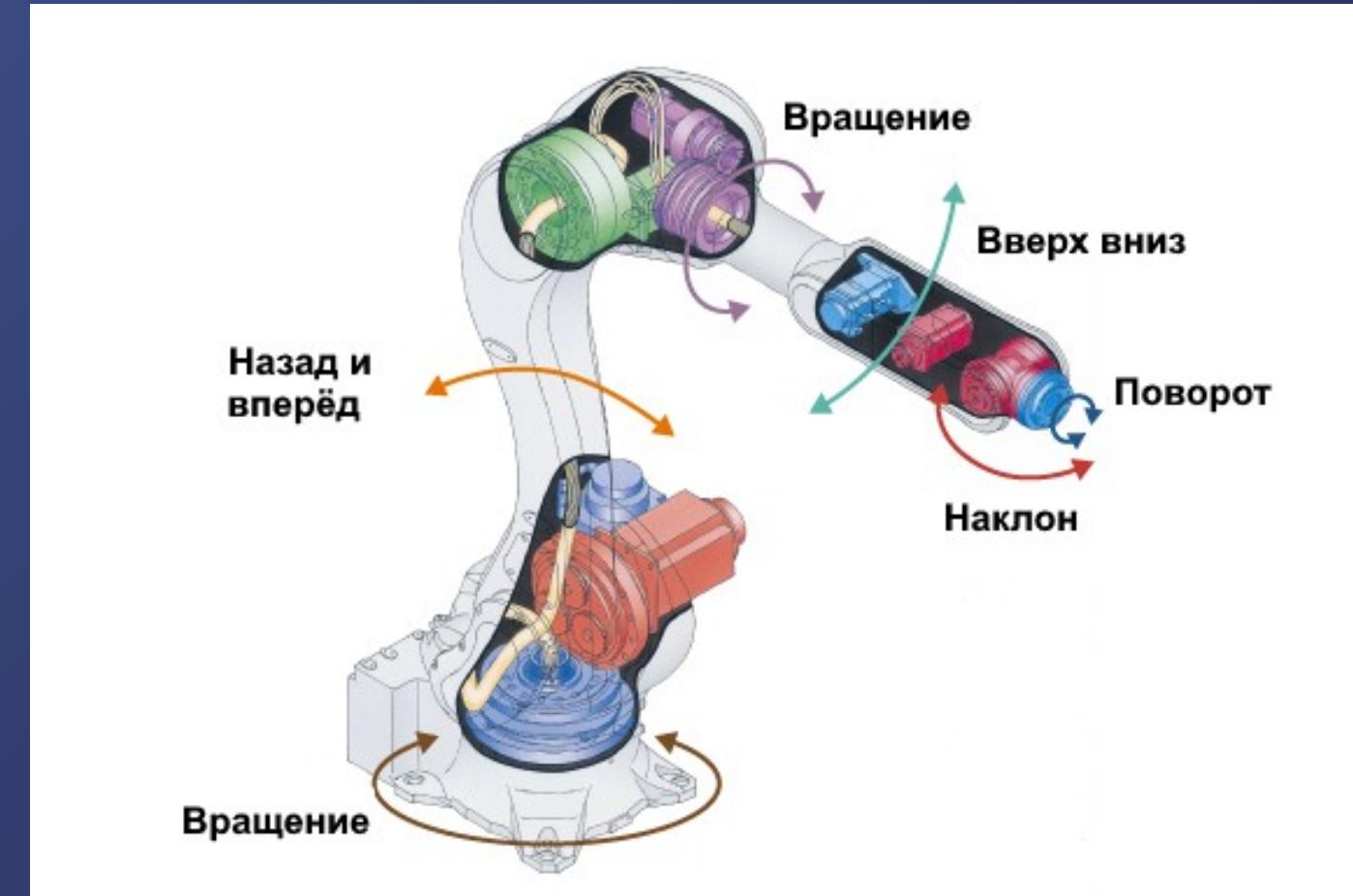
Она определяется структурой и системой координат руки манипулятора, а также конструктивными ограничениями наложенными относительные перемещения звеньев в КП

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.



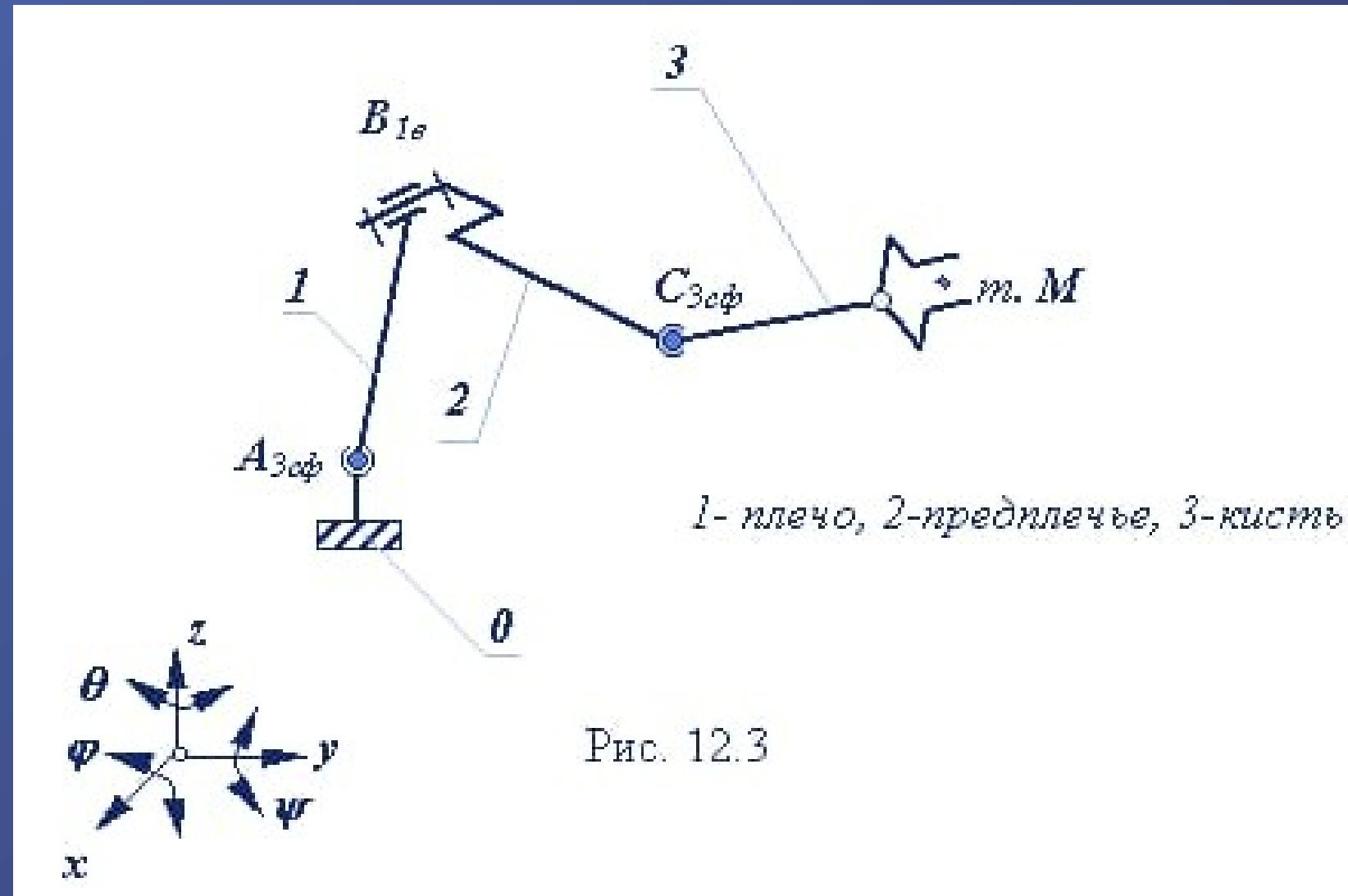
Структурная схема механизма – его графическое изображение на котором показаны стойка, подвижные звенья, кинематические пары и их взаимное расположение. Графическое изображение элементов схемы выполняется с учетом принятых условных обозначений. Кинематической цепью называется система звеньев, образующих 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 ($A_{3\text{сф}}$ и $C_{3\text{сф}}$) и одной одноподвижной вращательной ($B_{1\text{в}}$).

Подвижность манипулятора W - число независимых обобщенных 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:

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

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?

А. Определить число звеньев и кинематических пар.

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

С. Определить число степеней подвижности (W).

Д. 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 $W=6 \cdot n - \sum_{i=1}^n N(6-i) \cdot p_i$?

A. Общее число подвижных звеньев.

B. Число независимых обобщенных координат.

C. Общее число кинематических пар.

D. 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 схвате? (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 (М) любой ценой.
- D. Исключительно для академического интереса, без практической ценности.