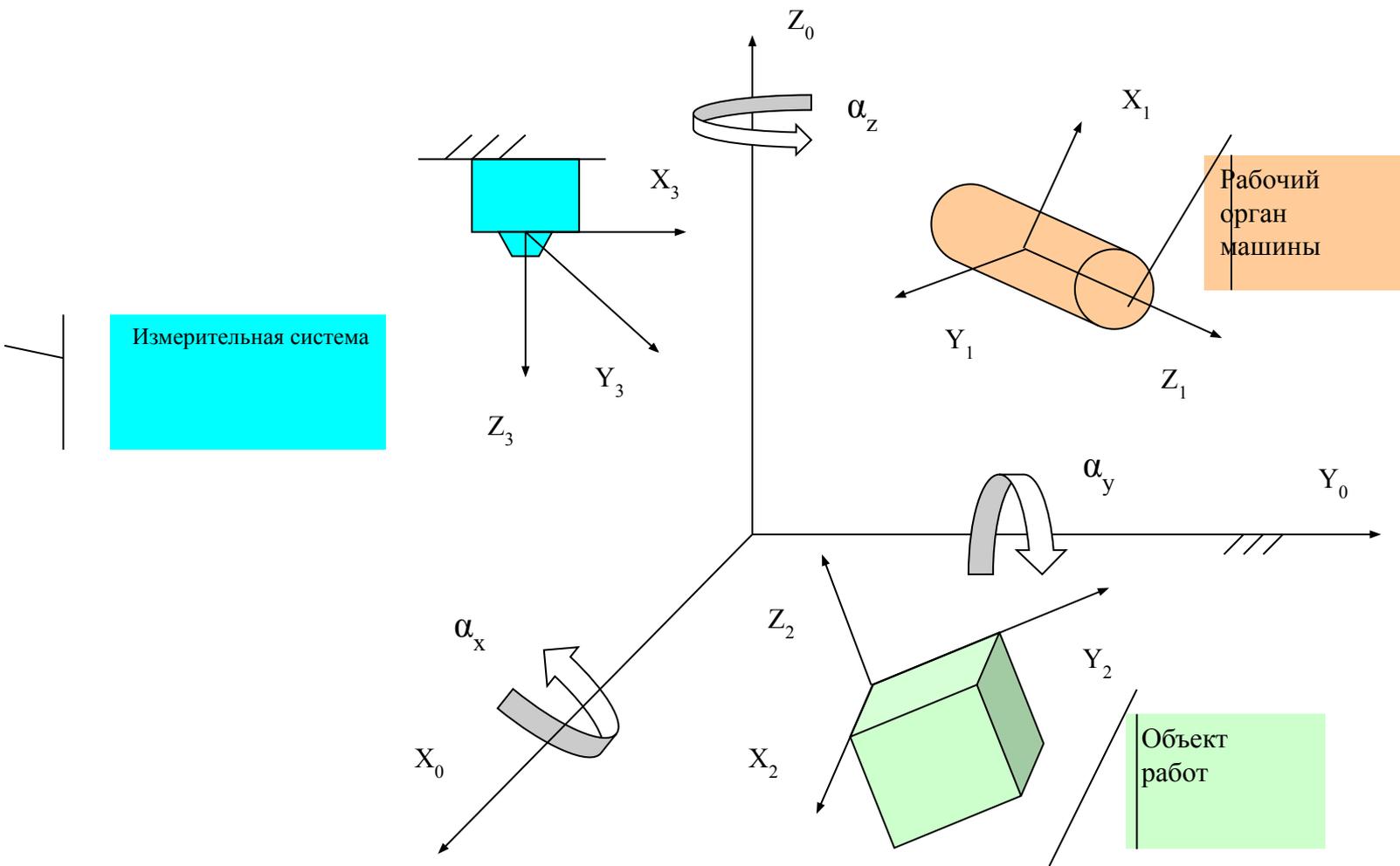
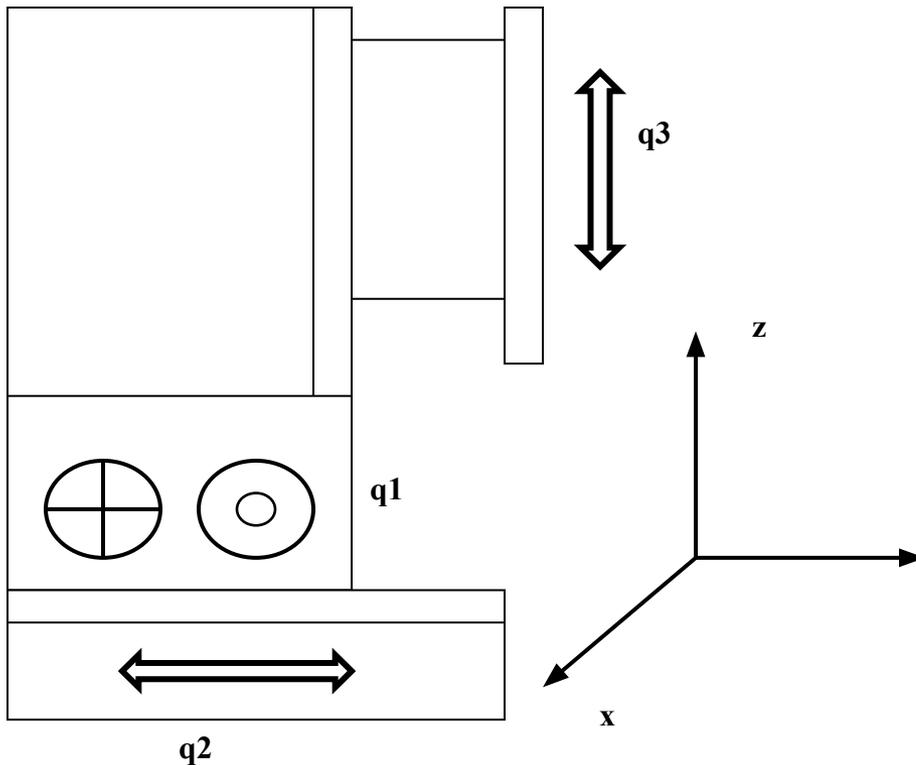


Декартовые базисы программирования ДВИЖЕНИЯ



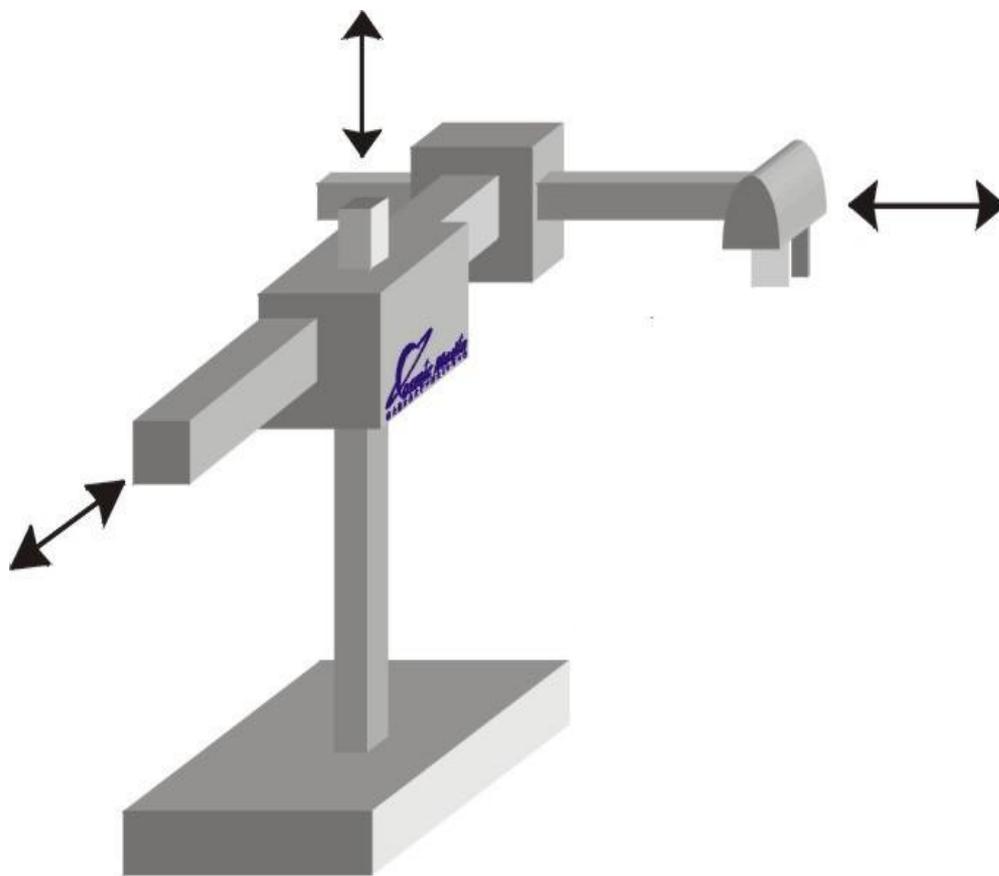
Станок с декартовым базисом исполнения движений



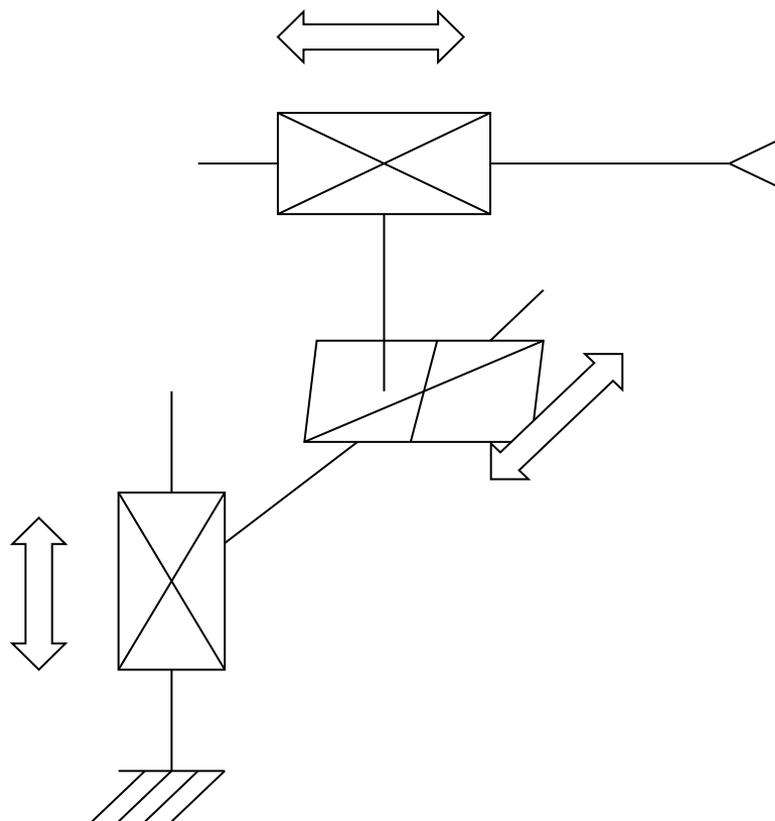
$$\begin{cases} dX = a_1 \cdot dq_1 \\ dY = a_2 \cdot dq_2 \\ dZ = a_3 \cdot dq_3 \end{cases}$$

где $a_i = \text{const}$ ($i = 1, 2, 3$)

Робот с декартовым базисом исполнения движений



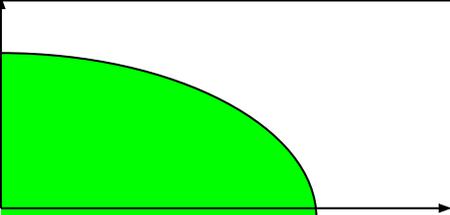
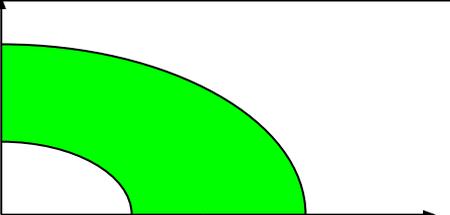
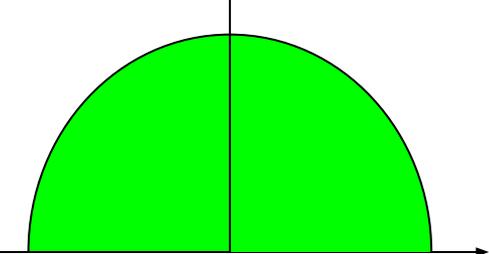
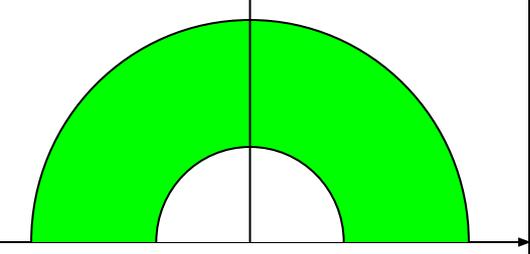
Робот с декартовым базисом исполнения движений



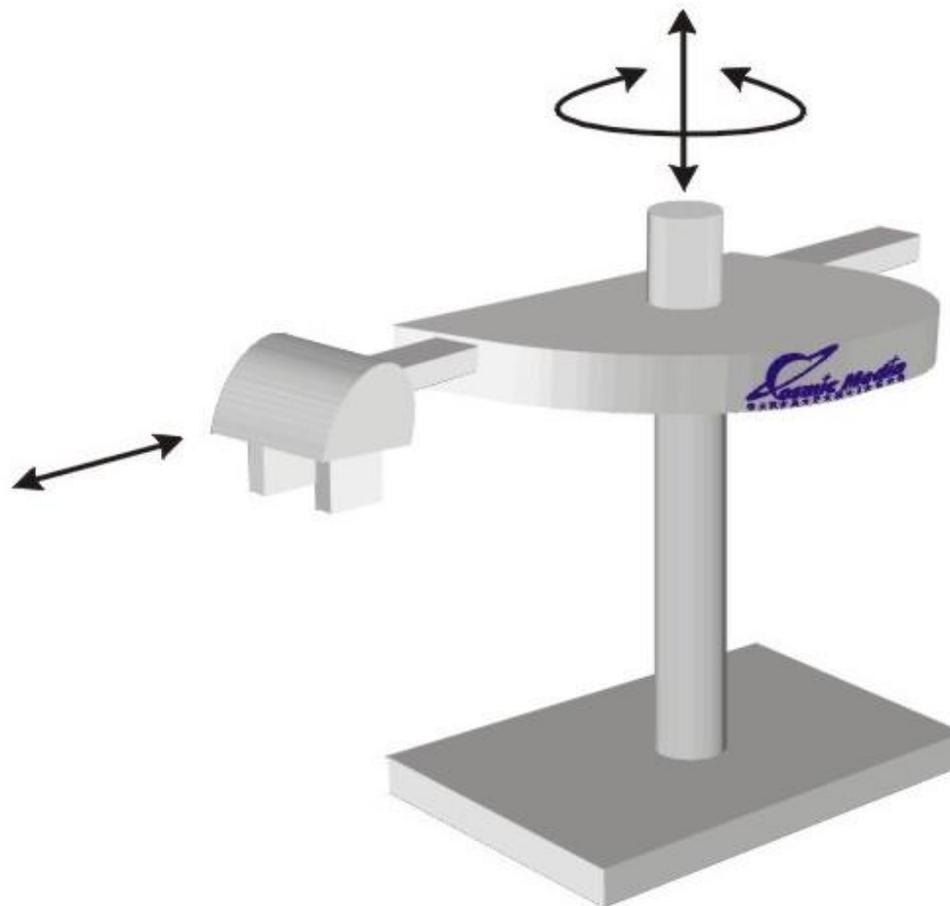
Робот с декартовым базисом исполнения движений



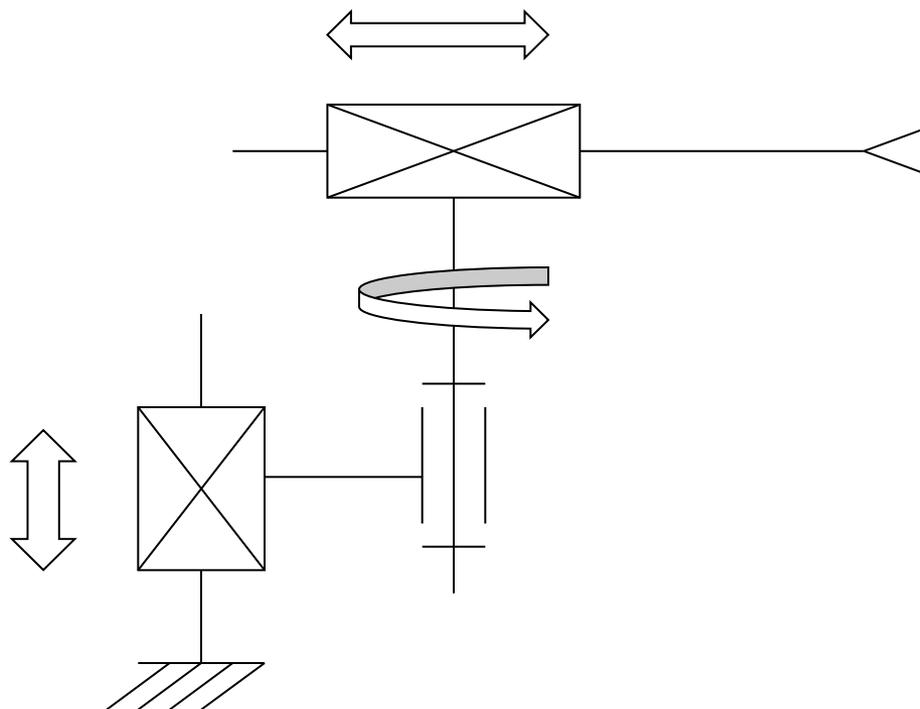
Рабочая зона манипулятора

r, m $q_2, \text{град}$	$0 < r < 1$	$0.2 < r < 0.8$
$0 < q_2 < 90$		
$0 < q_2 < 180$		

Робот с нелинейным базисом исполнения движений (цилиндрическая система координат)



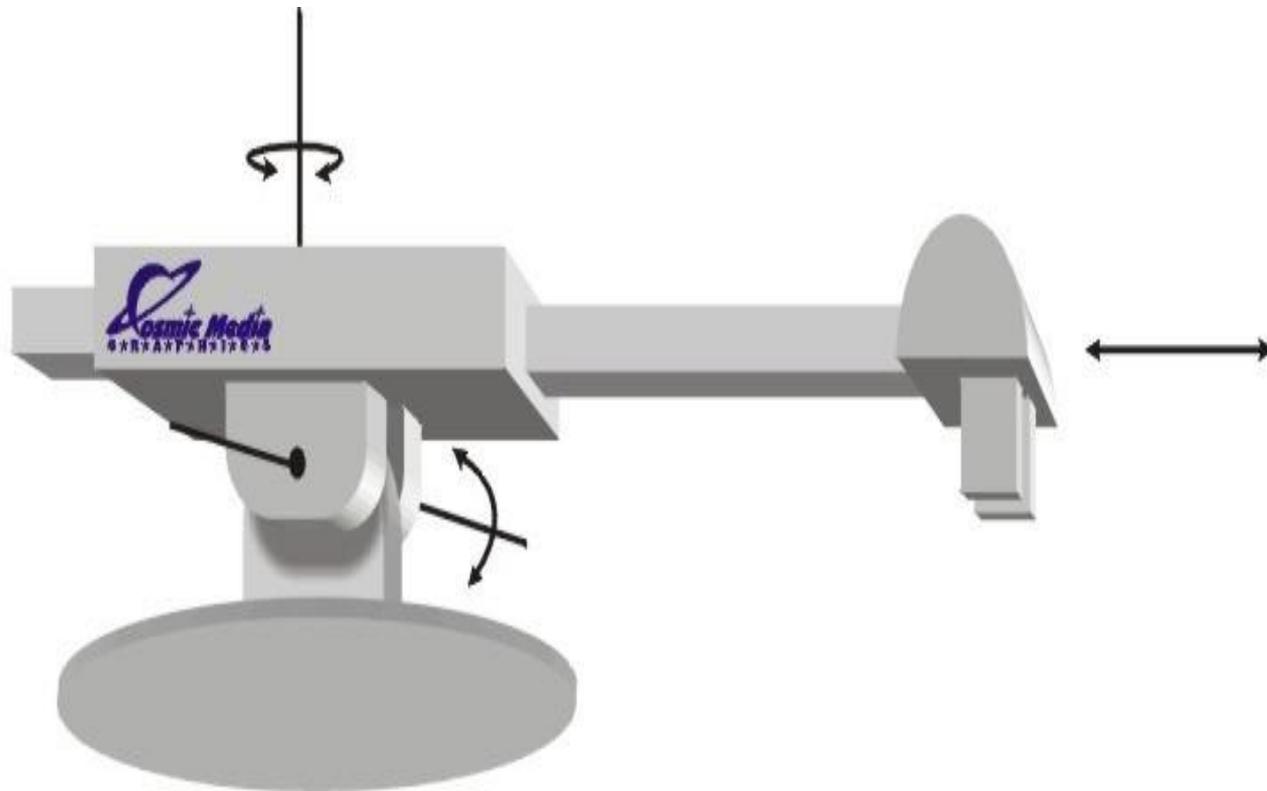
Робот с нелинейным базисом исполнения движений (цилиндрическая система координат)



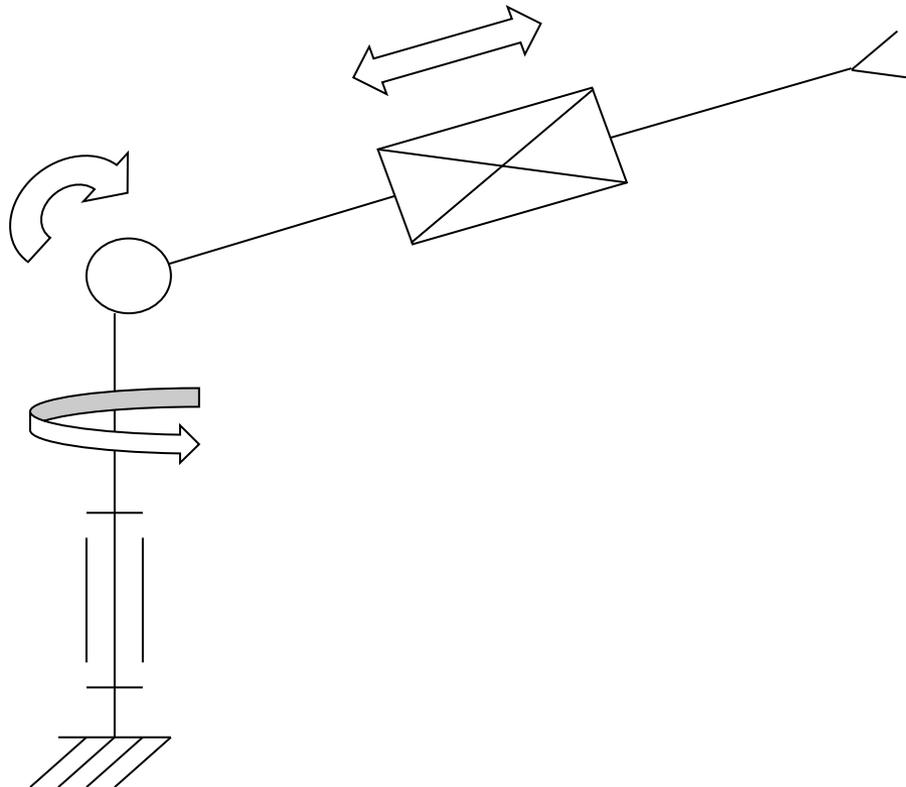
Робот с нелинейным базисом исполнения движений (цилиндрическая система координат)



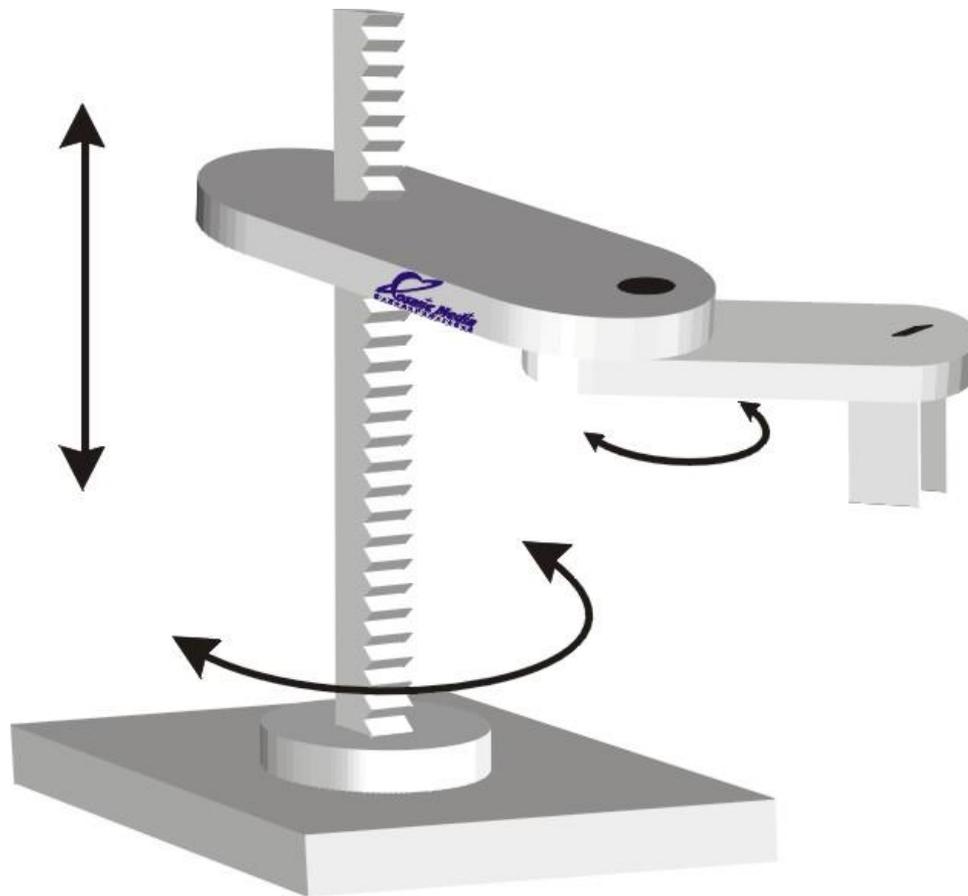
Робот с нелинейным базисом исполнения движений (сферическая система координат)



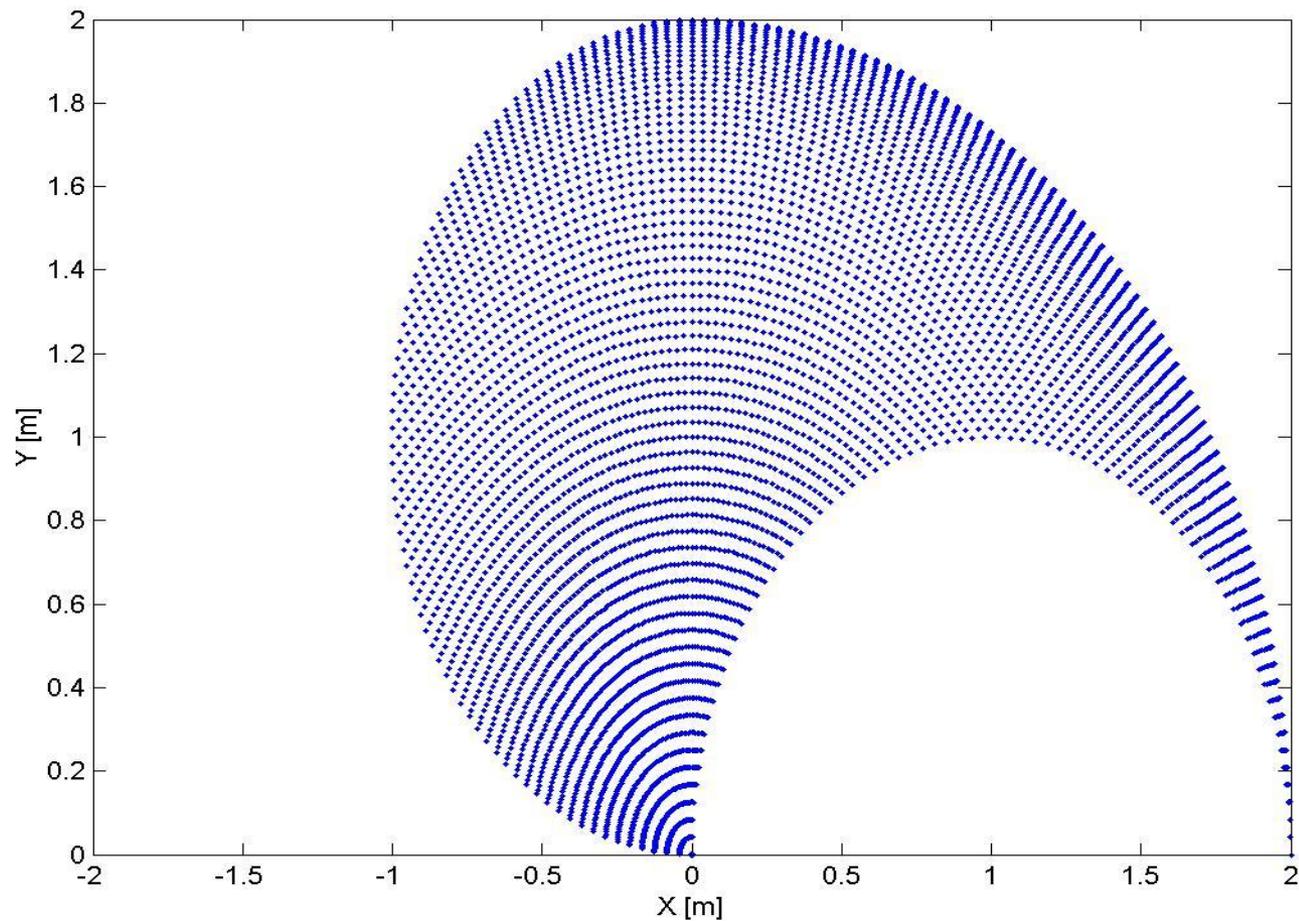
Робот с нелинейным базисом исполнения движений (сферическая система координат)



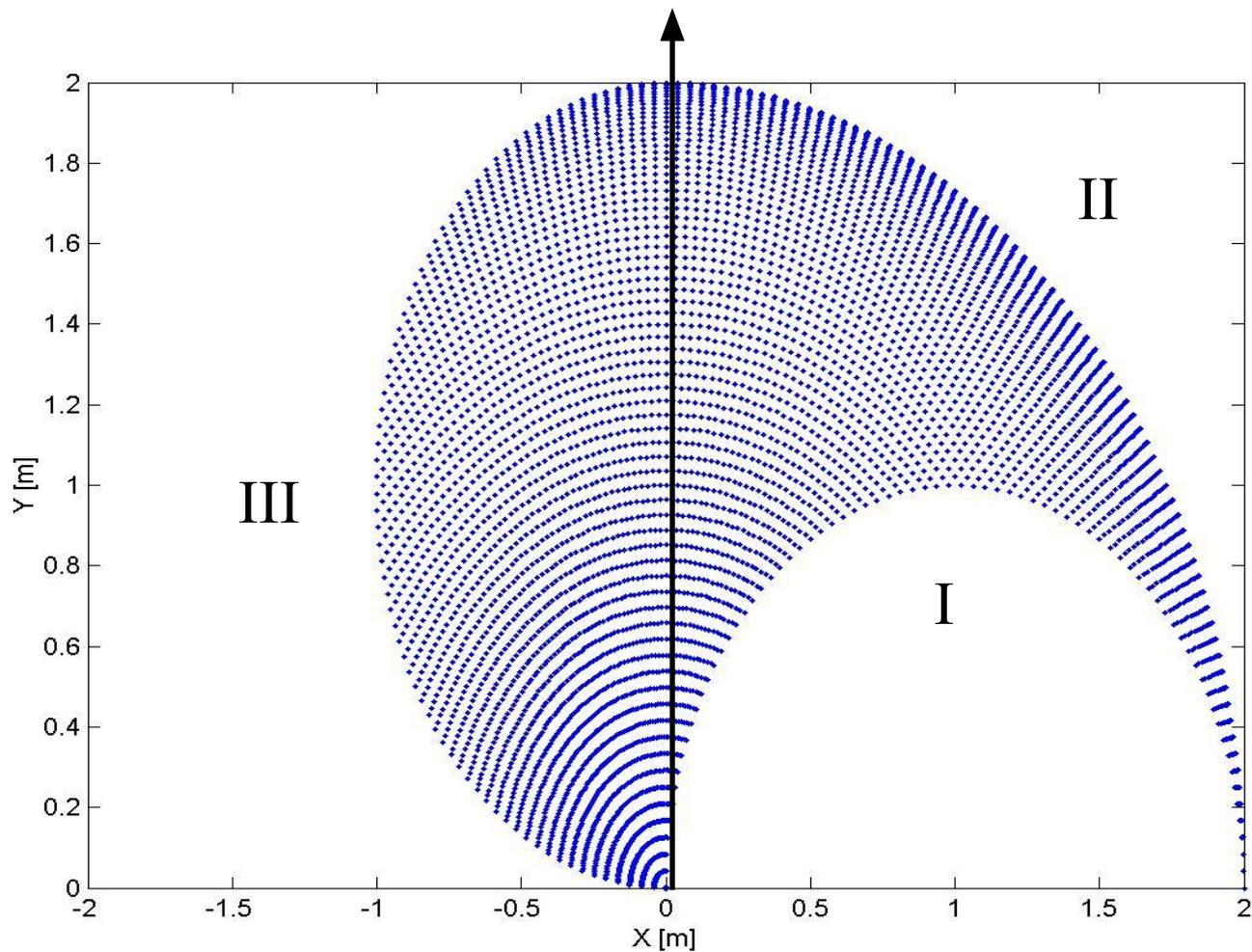
Робот с нелинейным базисом исполнения движений (ангулярная система координат типа SCARA)



Сечение рабочей зоны для двухзвенного манипулятора типа SCARA ($L_1 = L_2$)



Сечение рабочей зоны для двухзвенного манипулятора типа SCARA ($L_1 = L_2$)



Границы рабочей зоны

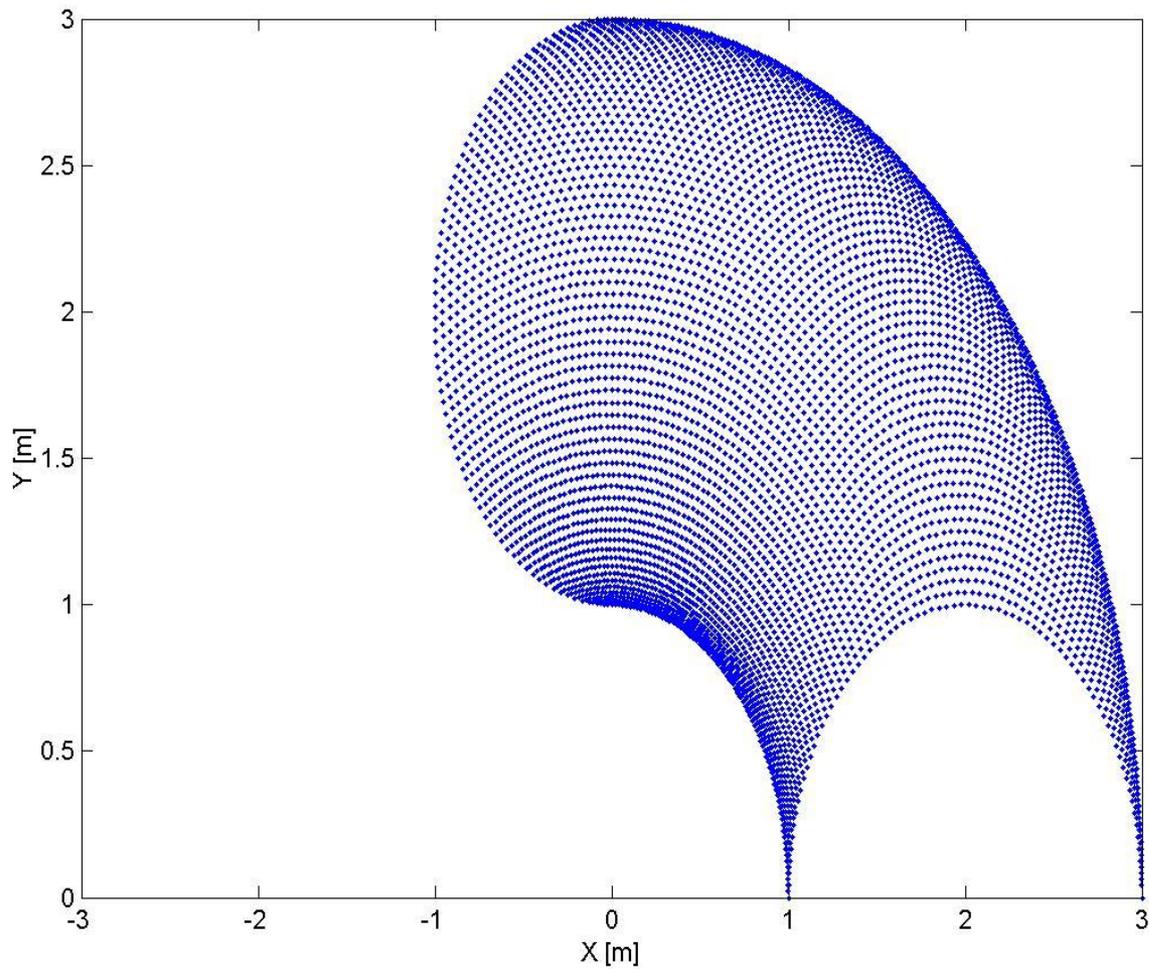
$$L1 = L2, 0 \leq q1 \leq 90^\circ, 0 \leq q2 \leq 180^\circ$$

Граница1: вытянутый манипулятор,
поворот звена 2, звено 1 неподвижно

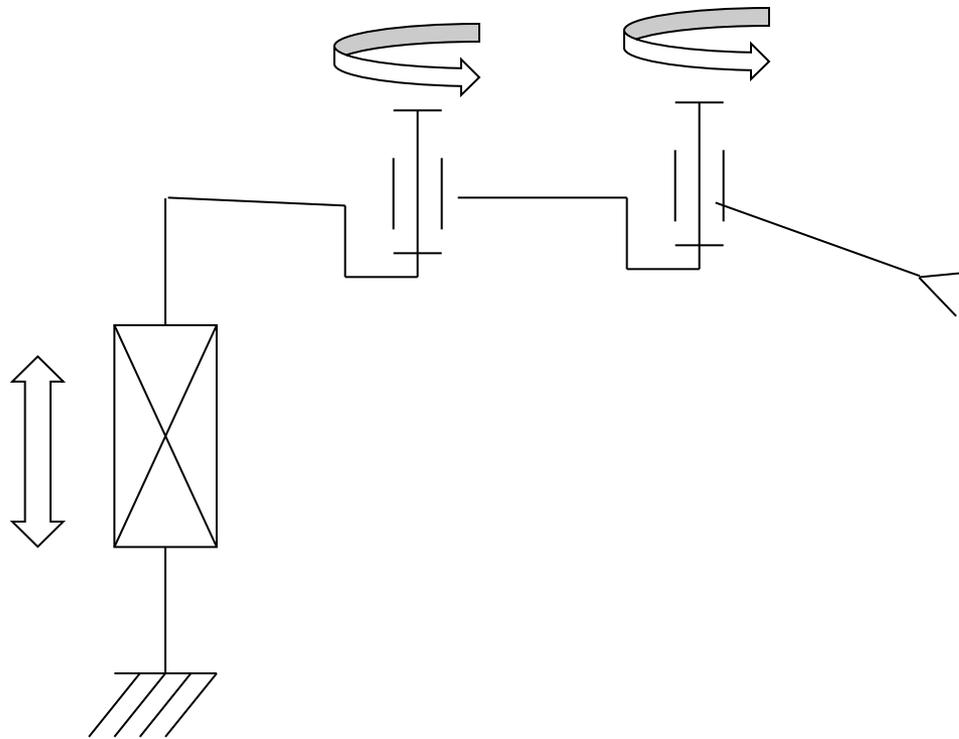
Граница2: вытянутый манипулятор,
поворот звена 1, звено 2 неподвижно

Граница3: звено 1 вдоль оси Y,
поворот звена 2, звено 1 неподвижно

Сечение рабочей зоны для двухзвенного манипулятора
типа SCARA ($L_1 = 2L_2$).



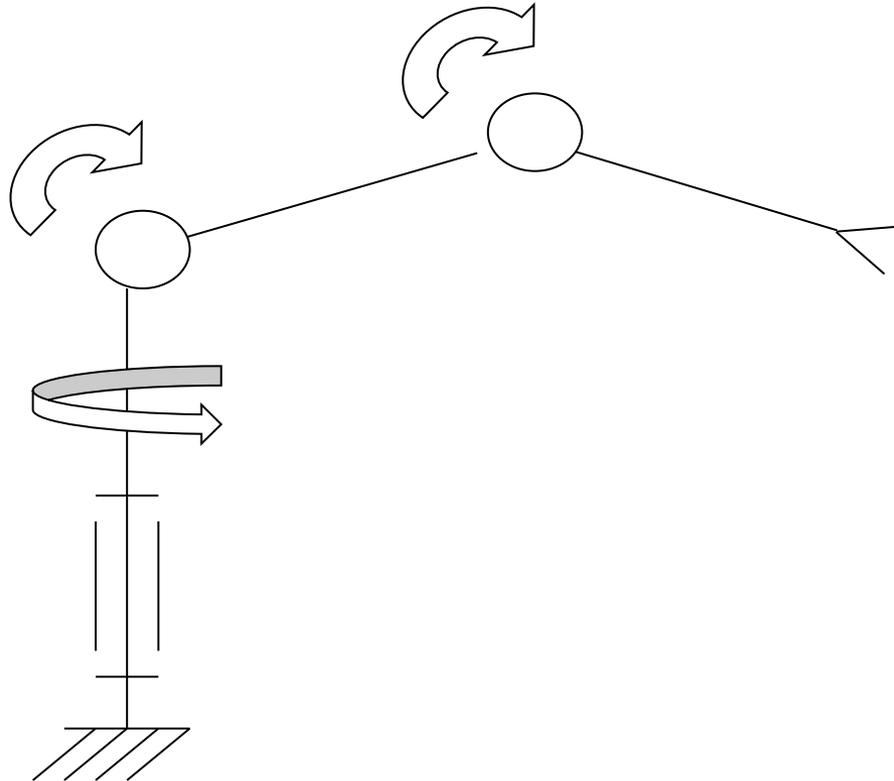
Робот с нелинейным базисом исполнения движений (ангулярная система координат типа SCARA)



**Робот с нелинейным базисом исполнения движений
(ангулярная система координат типа SCARA)**



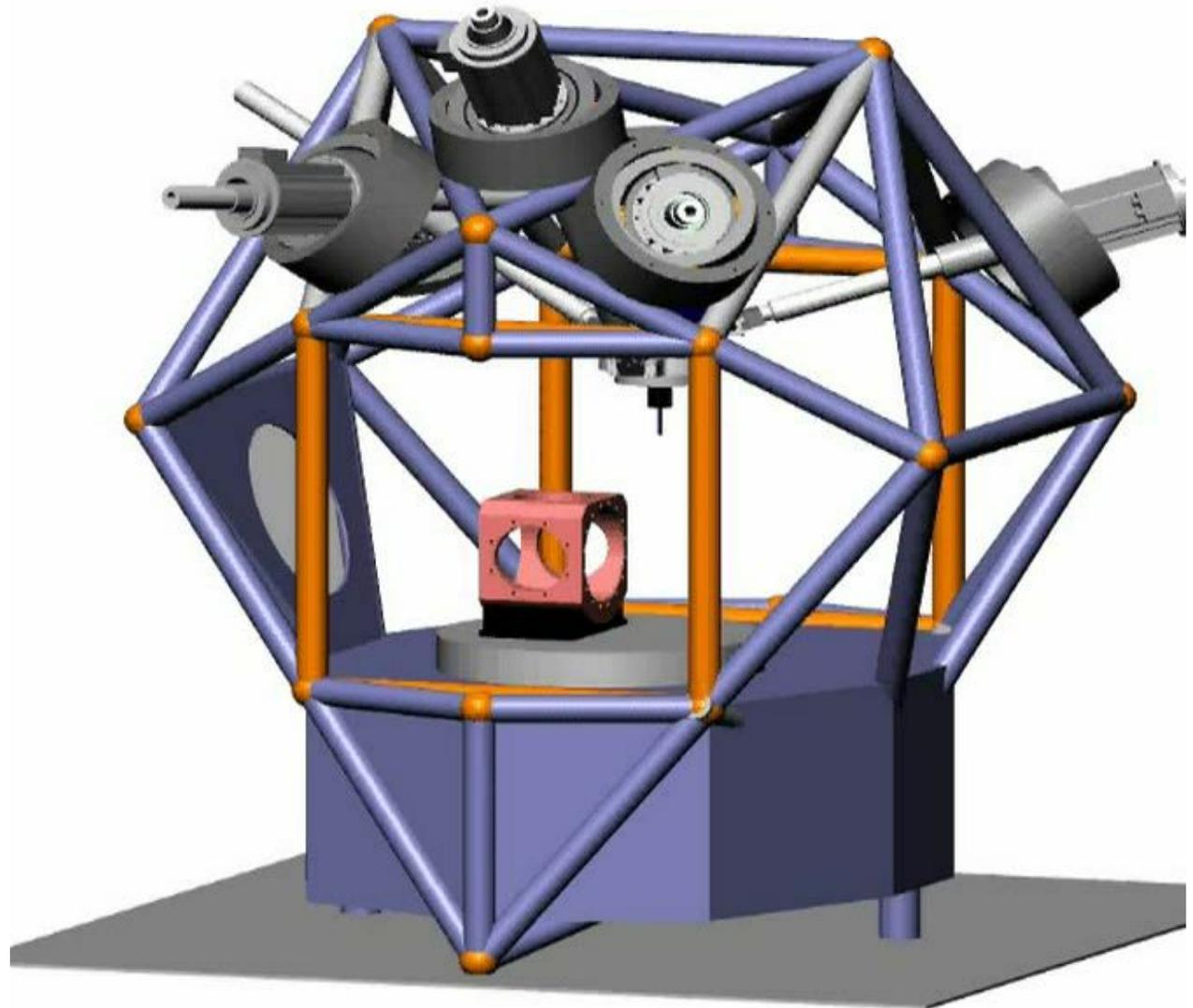
Робот с нелинейным базисом исполнения движений (ангулярная система координат типа PUMA)



Робот с нелинейным базисом исполнения движений (ангулярная система координат типа PUMA)



Pentapod - Structure



Highly dynamic precision with
5 rotary direct drives

Minimized vibrations due to
low mass movements

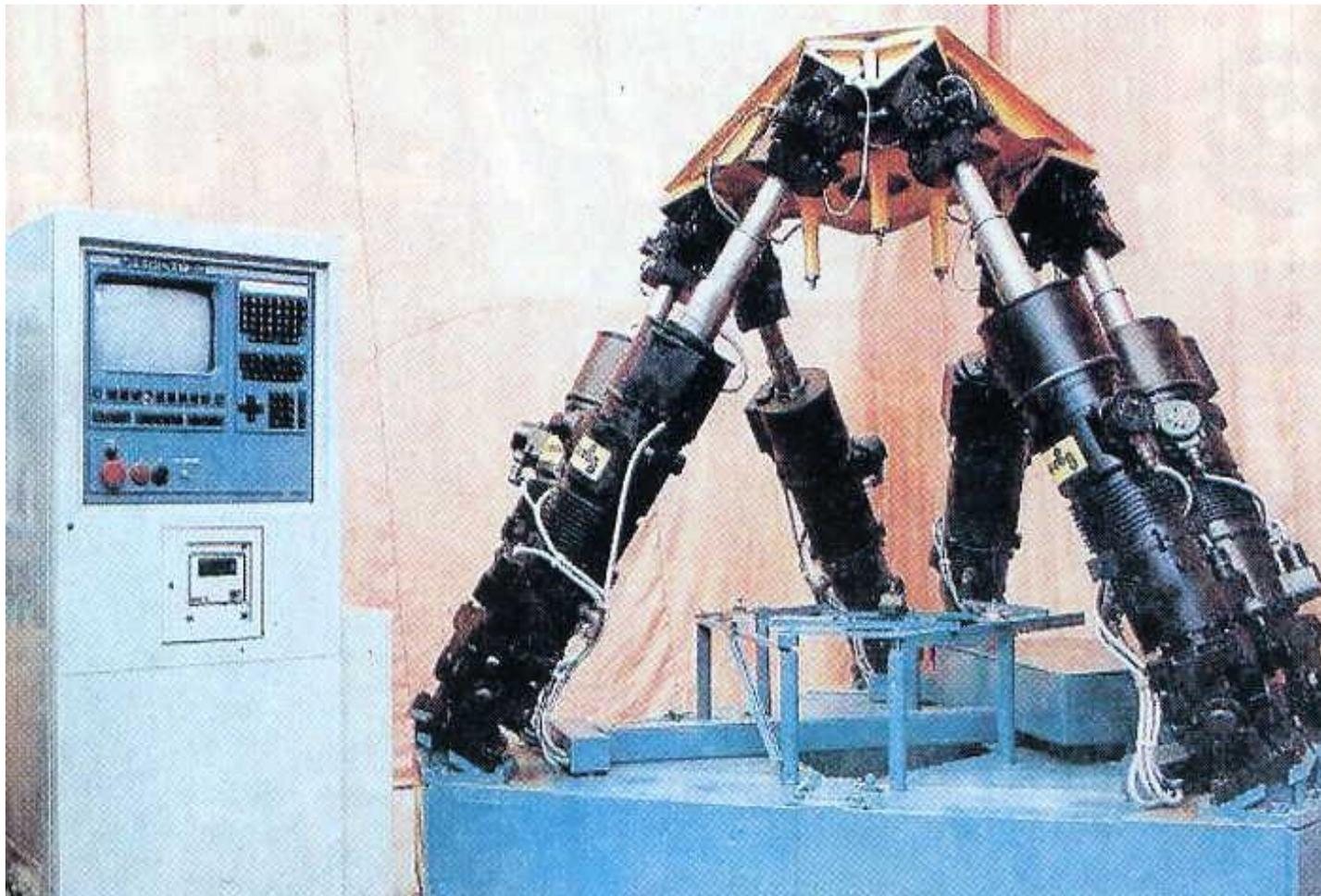
Fast acceleration

Modular conception allows
fast solution according to
specific customer
requirements

ВИДЕО!!!

Машины с параллельной структурой

Первый отечественный гексапод (Новосибирск, 1984)



**Технологический комплекс «HexaBend»
(Институт станков и прессов IWU, Кемниц, Германия)**



Машины с гибридной структурой

Технологический комплекс «Дународ»

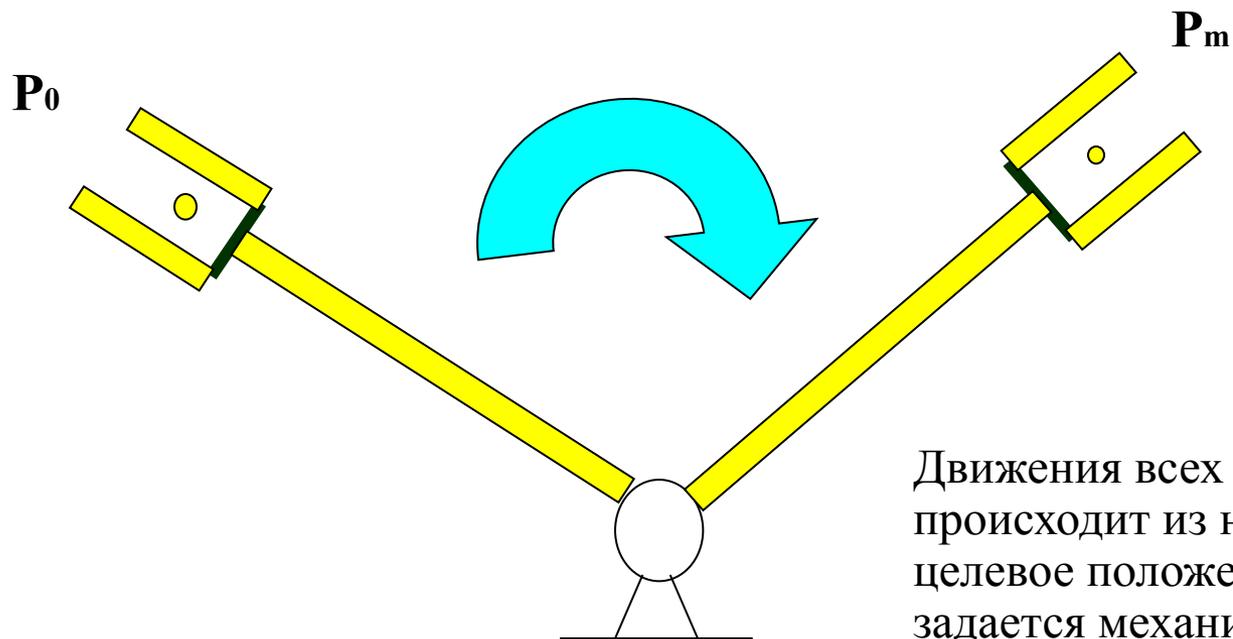
(Институт станков и прессов IWU, Кемниц, Германия)



Цикловое управление

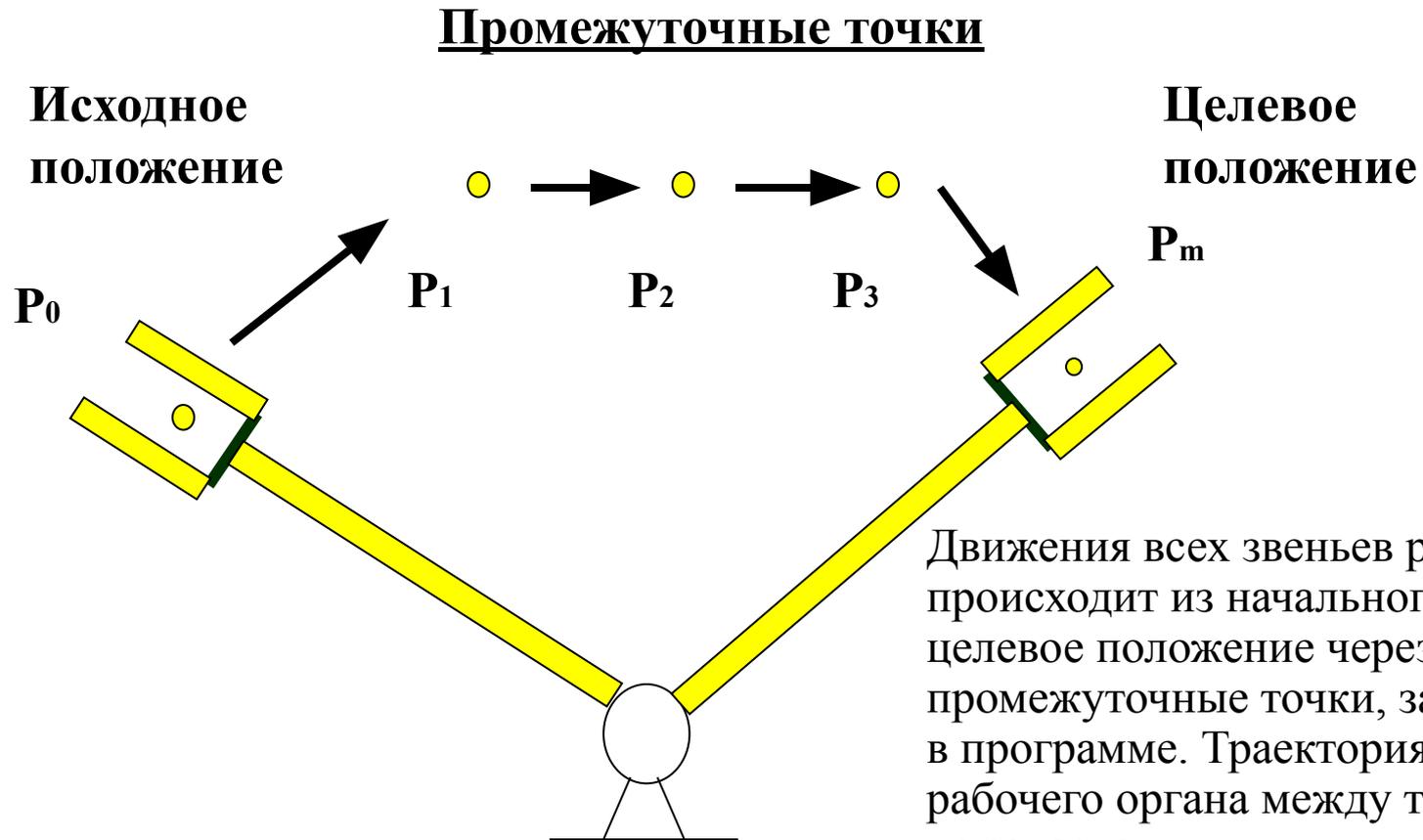
Исходное положение

Целевое положение



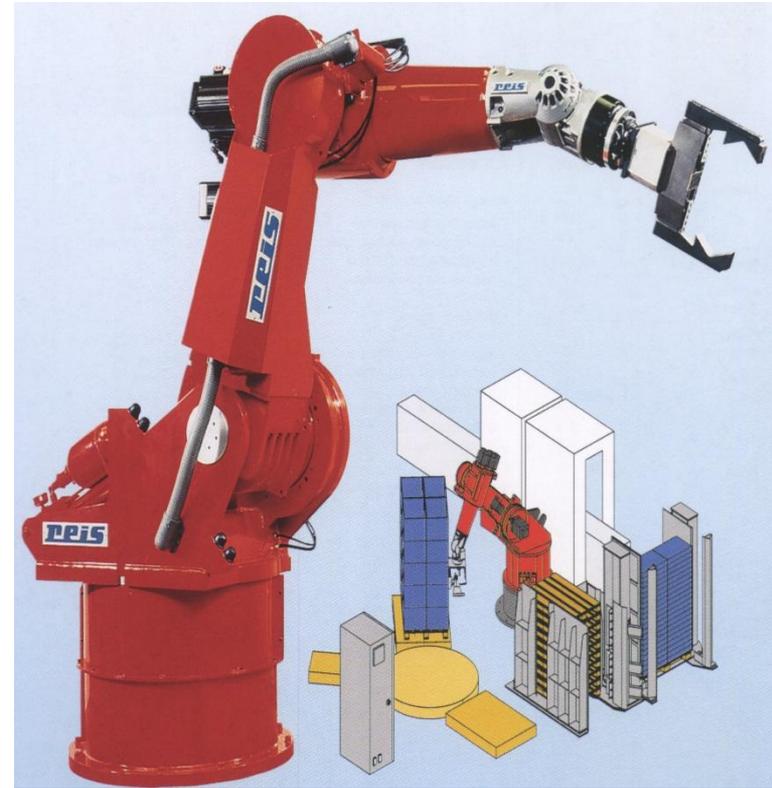
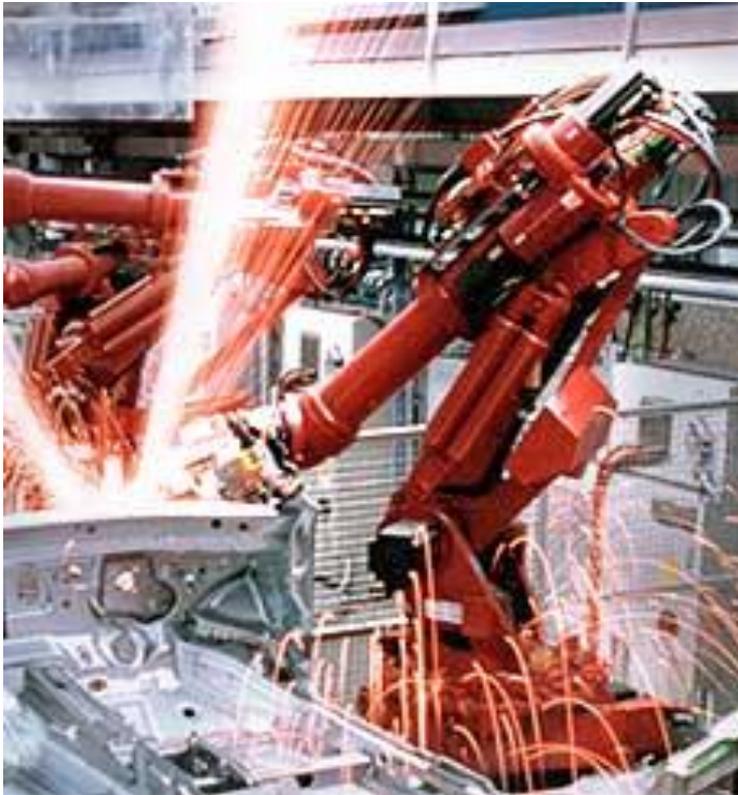
Движения всех звеньев робота происходит из начального в целевое положение, которое задается механическими упорами или электрическими конечными выключателями

Позиционное управление



Позиционное управление:

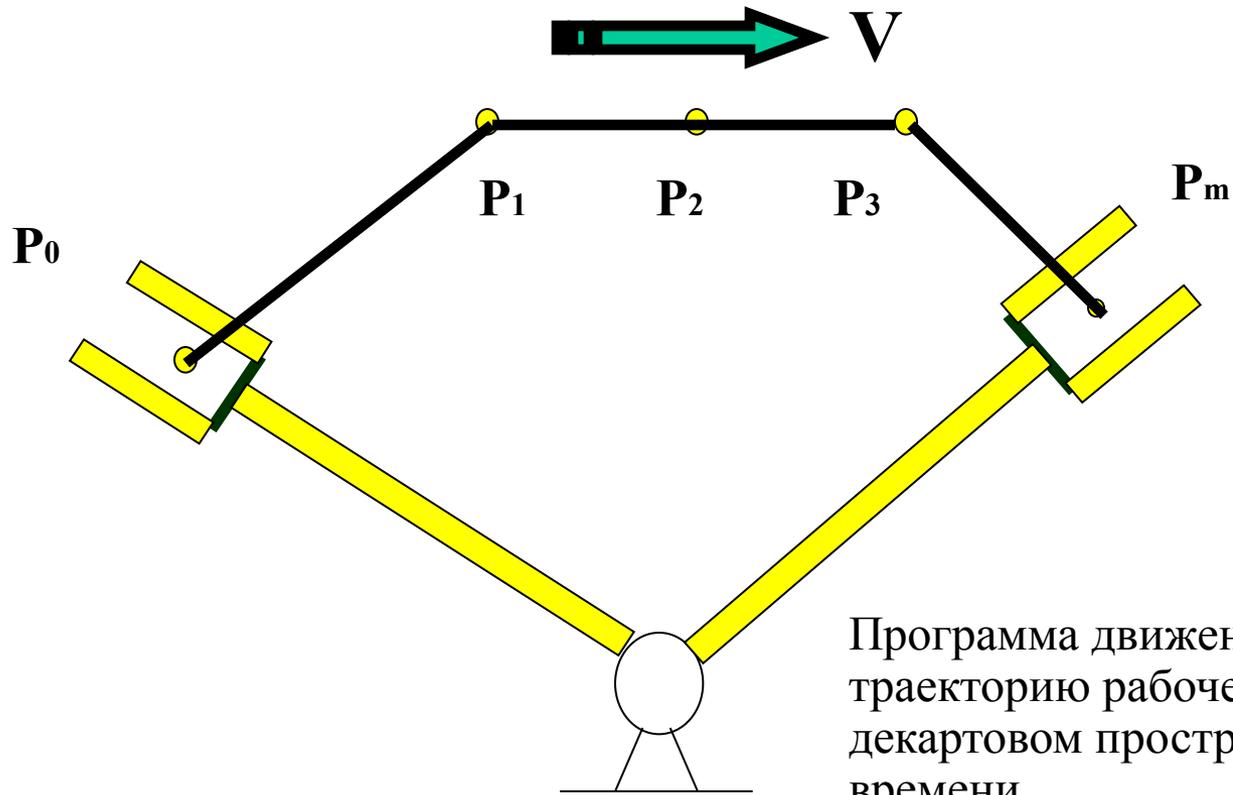
роботизированная точечная сварка (COMAU Robot)
загрузка технологического оборудования (REIS Robot)



Контурное управление

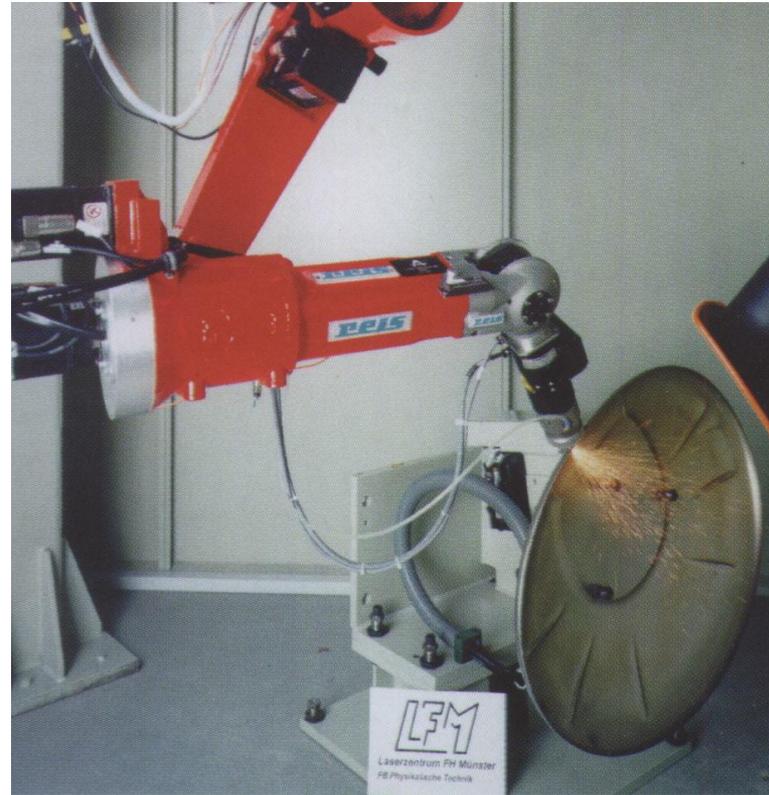
$P_0P_1P_2P_3P_m$ - программная траектория

$V(t)$ – контурная скорость

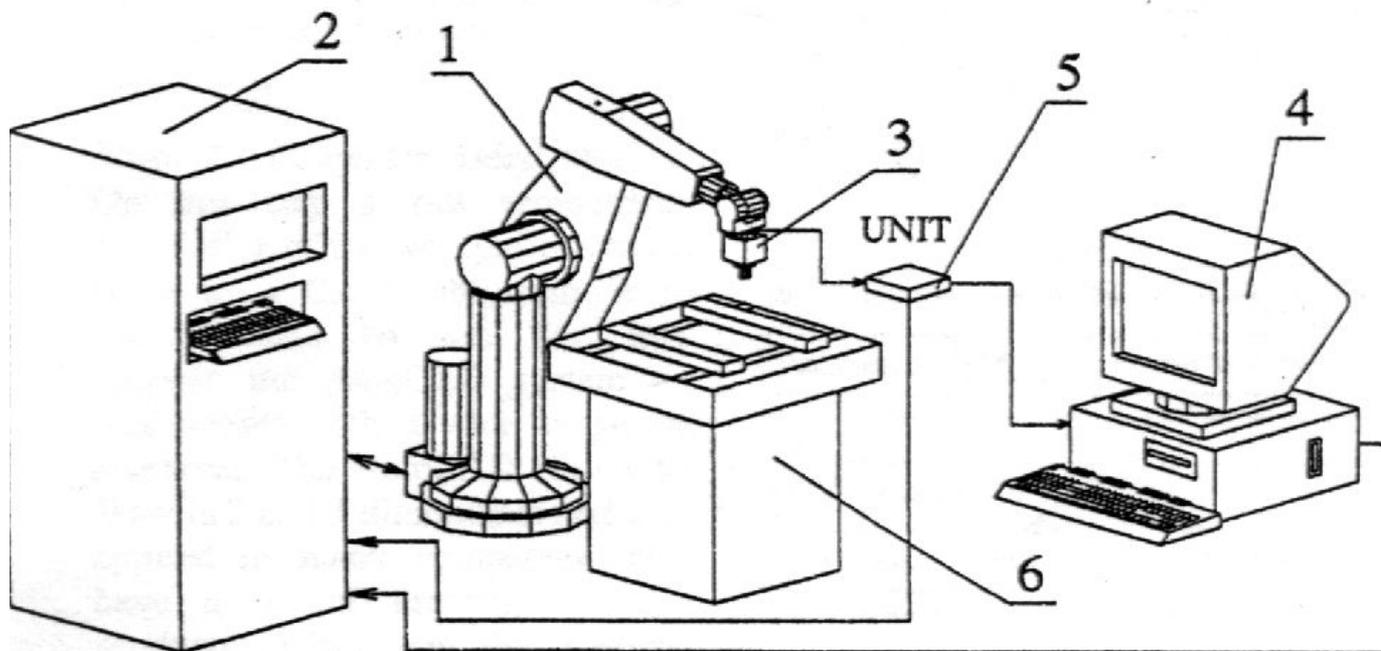


Программа движения задает траекторию рабочего органа в декартовом пространстве и во времени

Контурное управление :
роботизированная окраска (FANUC Robot)
лазерная резка (REIS Robot)



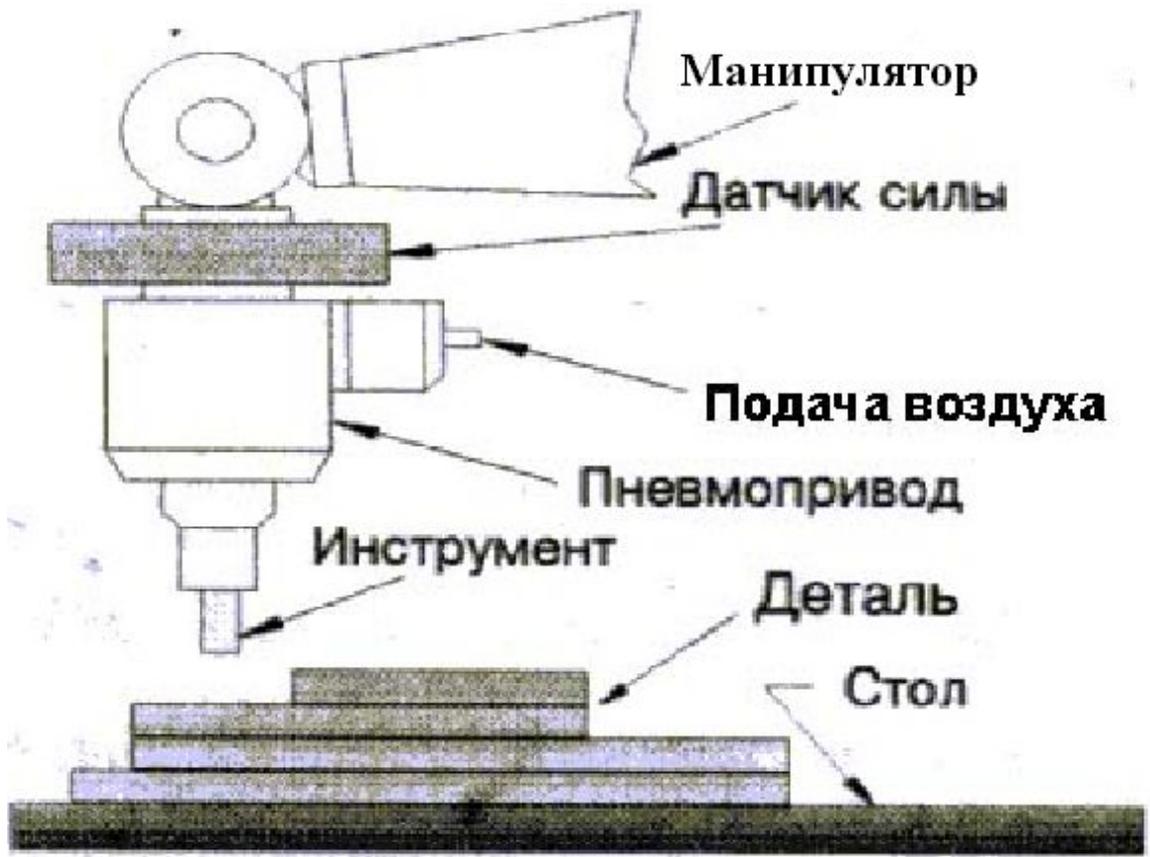
Адаптивное управление: Робототехнологический комплекс (МГТУ Станкин - Будапештский ТУ)



1 – манипулятор PUMA-560, 2 – устройство управления Сфера-36,
3 – рабочий орган, 4 – компьютер верхнего уровня управления, 5
– информационное устройство, 6 – стол с заготовкой

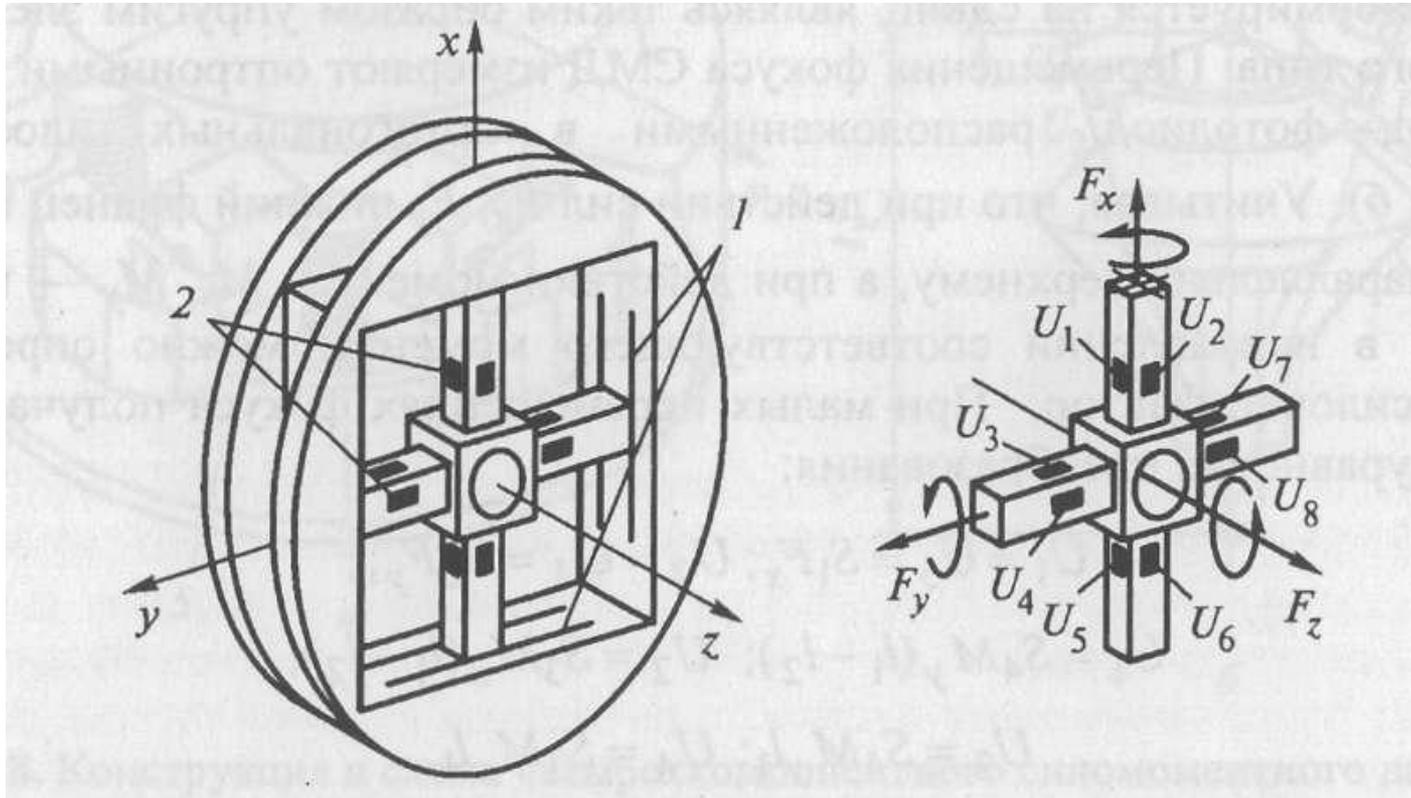
Адаптивное управление

(на основе информации о возмущающем воздействии)



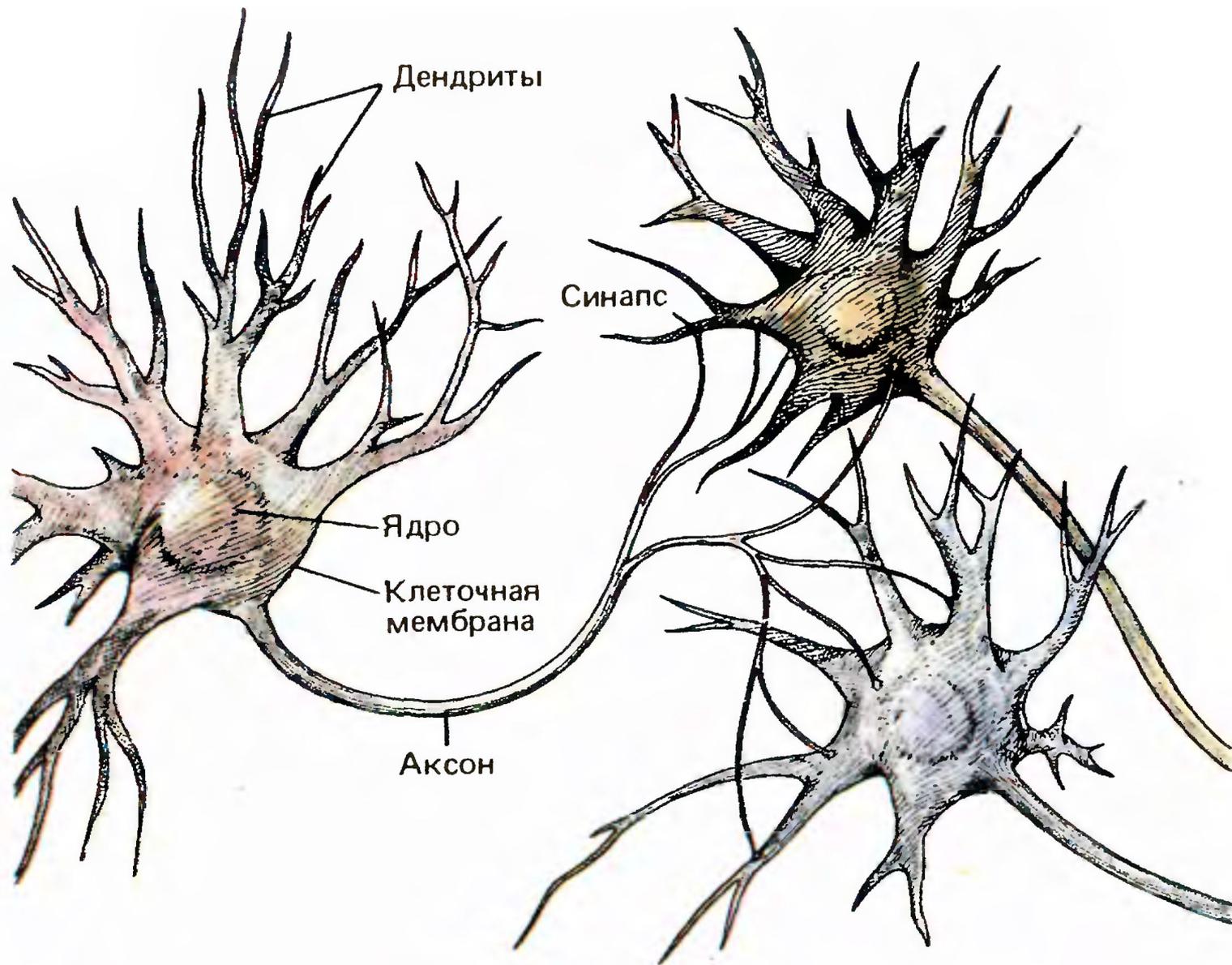
Рабочий орган технологического робота

Конструкция силомоментного датчика

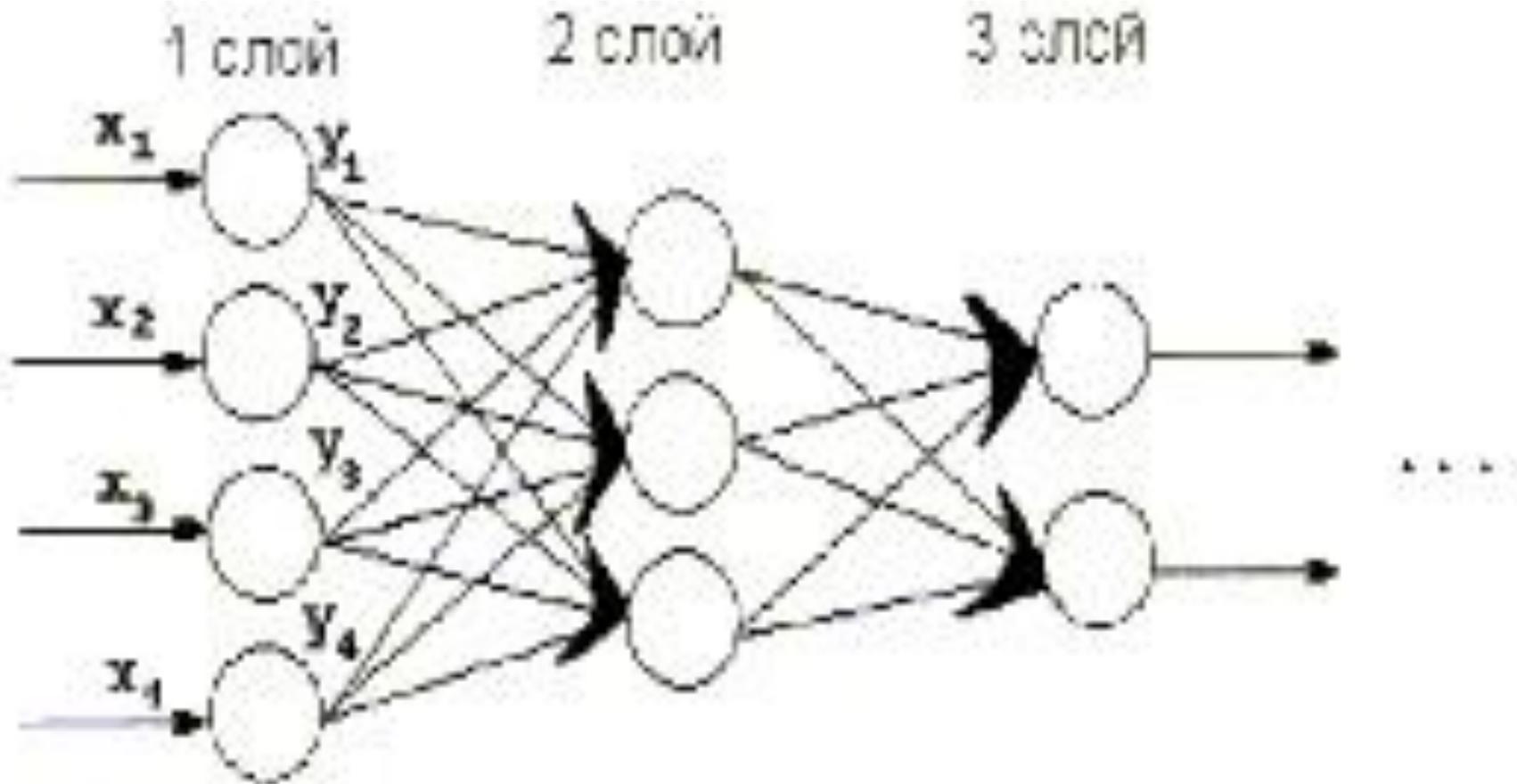


С.А.Воротников Информационные устройства робототехнических систем, Изд-во МГТУ им. Баумана, 2005

Основные части нервной клетки (нейрона)

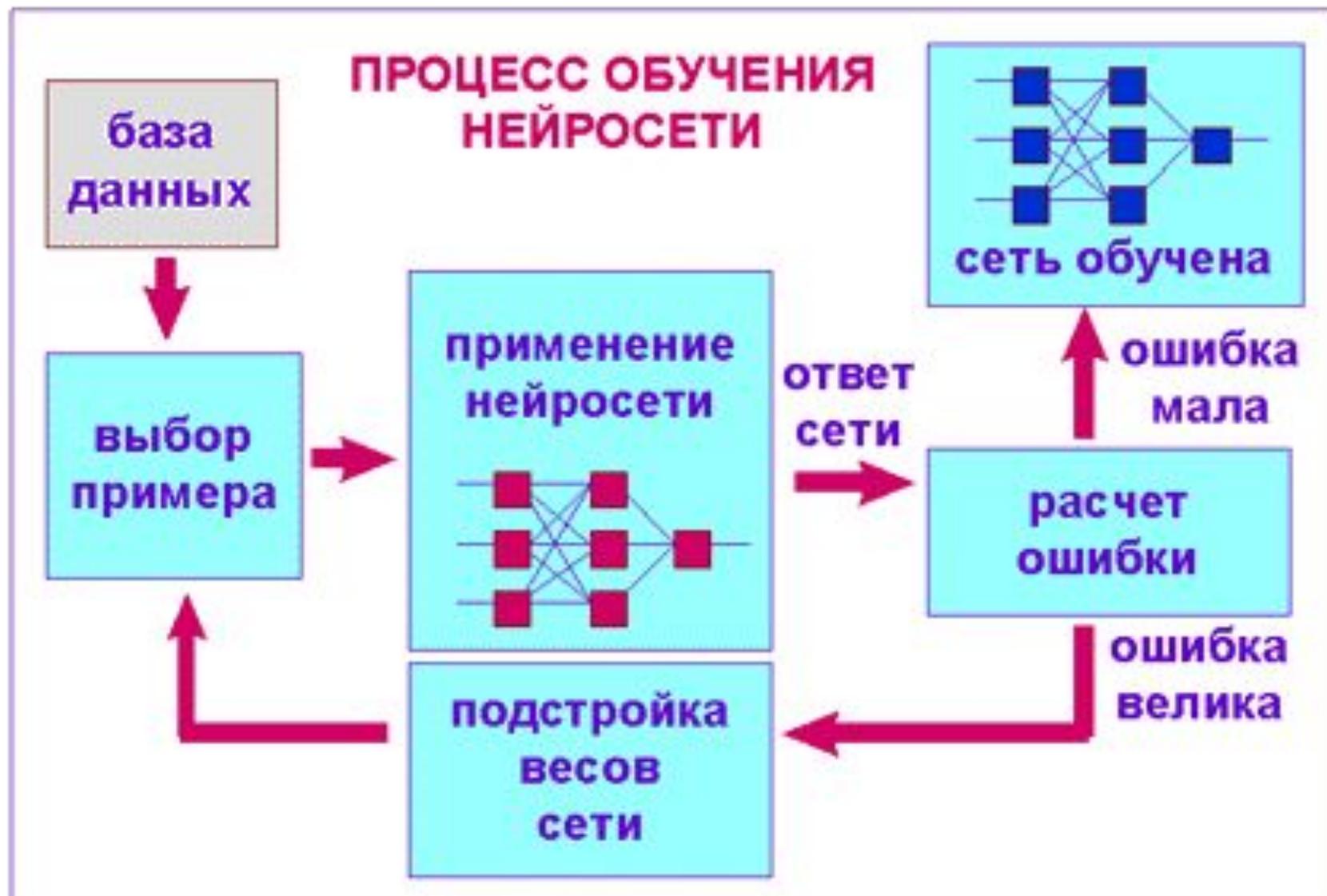


Структура нейронной сети

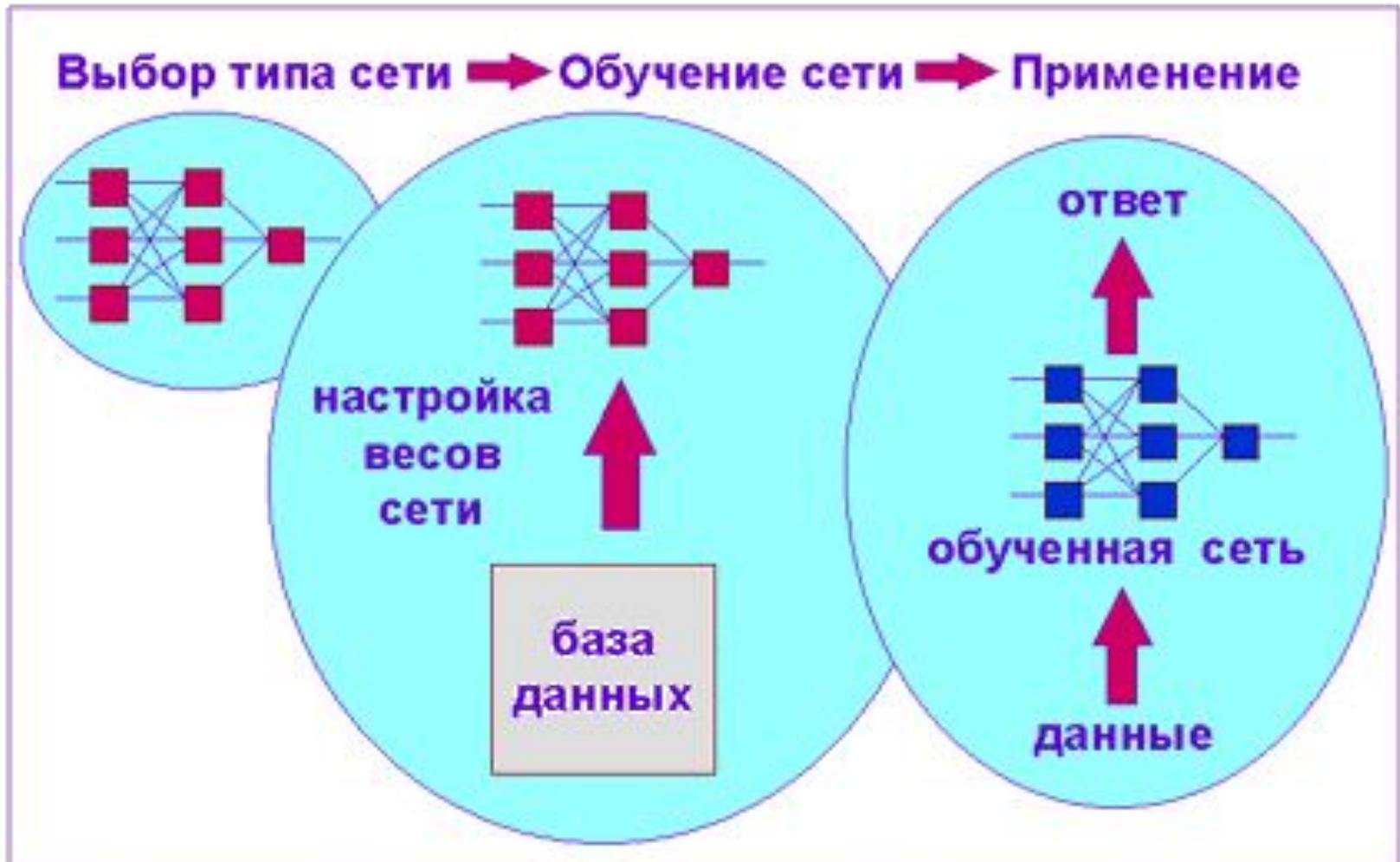


Трехслойная нейронная сеть

Обучение нейронной сети



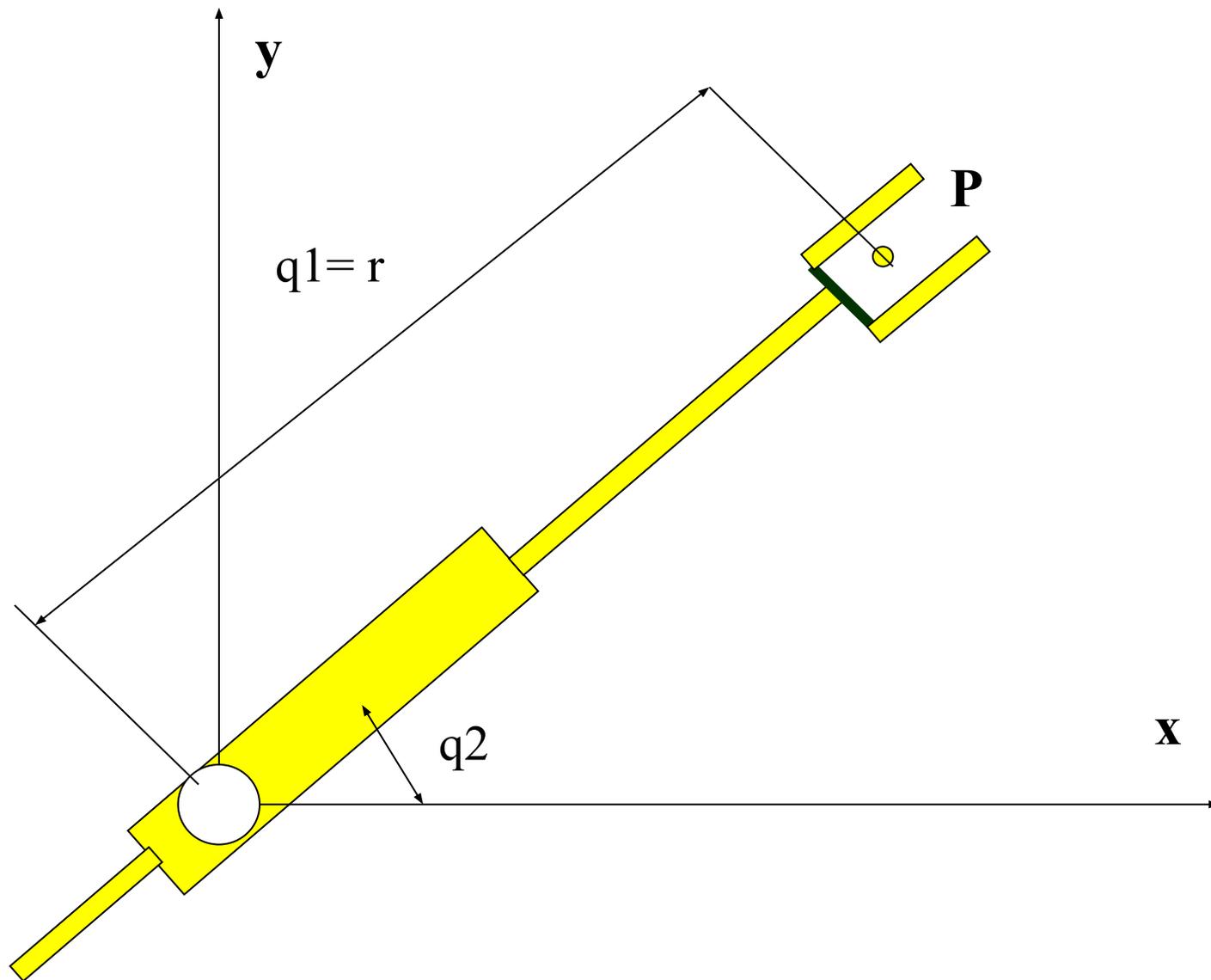
Применение нейронной сети



Кинематические задачи в робототехнике и мехатронике

- *Прямая задача о положении многозвенного механизма*
- *Обратная задача о положении*
- *Прямая задача о скорости*
- *Обратная задача о скорости*
- *Прямая задача об усилиях*
- *Обратная задача об усилиях*

Пример



Прямая задача о положении многосвязного механизма

Постановка задачи:

Определить вектор положения концевой точки (рабочего органа) в декартовой системе координат по заданным обобщенным координатам многосвязного механизма

$$\overset{\boxtimes}{X} = f(\overset{\boxtimes}{q})$$

$$X = [xyz\alpha_x\alpha_y\alpha_z]^T$$

$$\overset{\boxtimes}{q} = [q_1q_2\cdots q_n]^T$$

Пример

$$x = r \cdot \cos(q2) = q1 \cdot \cos(q2)$$

$$y = r \cdot \sin(q2) = q1 \cdot \sin(q2)$$

Обратная задача о положении многосвязного механизма

Постановка задачи:

*Определить обобщенные координаты
многосвязного механизма по заданному
вектору положения концевой точки (рабочего
органа)*

$$\underline{q} = f^{-1}(\underline{X})$$

$$\text{if } q_i \min \leq q_i \leq q_i \max,$$

$$i = 1, \dots, n$$

Пример

$$x = r \cdot \cos(q2) = q1 \cdot \cos(q2)$$

$$y = r \cdot \sin(q2) = q1 \cdot \sin(q2)$$

$$q2 = \text{arctg}(y / x)$$

$$q1 = r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

if $(x, y) \in \text{Раб.зоне}$

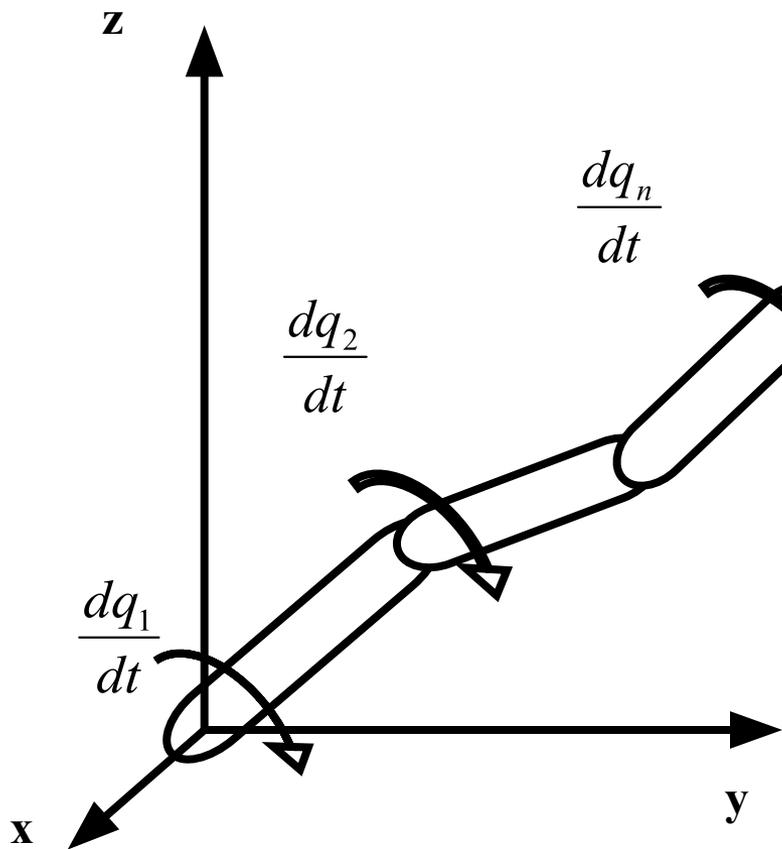
Прямая задача о скорости многосвязного механизма

Постановка задачи:

Определить вектор скорости концевой точки (рабочего органа) по заданным обобщенным скоростям многосвязного механизма

$$\vec{V} = J \cdot \frac{dq}{dt}$$

Прямая задача о скорости многосвязного механизма



$$\overset{\boxtimes}{V} = \frac{d\overset{\boxtimes}{X}}{dt} = [V_x V_y V_z \Omega_x \Omega_y \Omega_z]^T$$

$$\frac{d\overset{\boxtimes}{q}}{dt} = \left[\frac{dq_1}{dt}, \frac{dq_2}{dt}, \dots, \frac{dq_n}{dt} \right]$$

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{\partial x}{\partial q_1} \cdot \frac{dq_1}{dt} + \frac{\partial x}{\partial q_2} \cdot \frac{dq_2}{dt} \\ \frac{dy}{dt} = \frac{\partial y}{\partial q_1} \cdot \frac{dq_1}{dt} + \frac{\partial y}{\partial q_2} \cdot \frac{dq_2}{dt} \end{cases}$$

$$\frac{dX}{dt} = J \cdot \frac{dq}{dt} \quad J = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial q_1} & \frac{\partial x}{\partial q_2} \\ \frac{\partial y}{\partial q_1} & \frac{\partial y}{\partial q_2} \end{bmatrix}$$

Пример

$$\frac{dx}{dt} = (\cos q_2) \cdot \frac{dq_1}{dt} + (-q_1 \cdot \sin q_2) \cdot \frac{dq_2}{dt}$$

$$\frac{dy}{dt} = (\sin q_2) \cdot \frac{dq_1}{dt} + (q_1 \cdot \cos q_2) \cdot \frac{dq_2}{dt}$$

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial q_1} & \frac{\partial x}{\partial q_2} \\ \frac{\partial y}{\partial q_1} & \frac{\partial y}{\partial q_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos q_2 & -q_1 \cdot \sin q_2 \\ \sin q_2 & q_1 \cdot \cos q_2 \end{bmatrix}$$

Обратная задача о скорости многосвязного механизма

Постановка задачи:

Определить обобщенные скорости
многосвязного механизма по заданному
вектору скорости концевой точки
(рабочего органа).

$$\frac{d\dot{q}}{dt} = J^{-1} \cdot \dot{V}$$

$$\frac{d\overset{\boxminus}{q}}{dt} = J^{-1} \cdot \overset{\boxtimes}{V}$$

$$J = \begin{bmatrix} \cos q_2 & -q_1 \cdot \sin q_2 \\ \sin q_2 & q_1 \cdot \cos q_2 \end{bmatrix}$$

$$J^{-1} = \begin{bmatrix} \cos q_2 & \sin q_2 \\ -\sin q_2 / q_1 & \cos q_2 / q_1 \end{bmatrix}$$