



## Определение передаточных отношений для шестизвенного механизма

### Задача:

- найти аналитические функции положения точек звеньев механизма;
- определить кинематические передаточные отношения линейные и угловые.

### Исходные данные:

$l_{OA} = 0.09$  - длина кривошипа, м;

$l_{II} = 0.015$  - длина перебега, м;

$l_g = 0.17$  - длина детали, м;

$l_{BS4} = 1.219$  - положение центра масс шагуна, м

$l_{DB} = 0.975$  - длина части коромысла DB, м;

$l_{BC} = 2.438$  - длина шатуна, м;

$l_{OD} = 0.877$  - расстояние между точками O и D по горизонтали;

$l_{\text{выл}} = 0.015$  - вылет резца, м

$l_{\text{резц}} = 0.005$  - длина резца, м

$\theta = 30$ град - угол перекрытия;

### Определение кинематических характеристик механизма

Из расчетной схемы видно, что начало отсчета обобщенной координаты соответствует 0 радиан в правой системе координат Oxy. Тогда:

Начало отсчета обобщенной координаты:  $\varphi_0 = 180d \square g + \left( 120d \square g - \frac{\theta}{2} \right)$

Направление вращения - по часовой стрелке:  $\omega = -1$

Обобщенная координата:  $\varphi_1(\varphi) = \varphi_0 + \omega \cdot \varphi$

Положение для силового анализа:  $\varphi_{\square} = 180$ град

Абсолютное положение механизма  
в положении для силового анализа:  $\varphi_1(\varphi_{\square}) = 105 \cdot \text{град}$

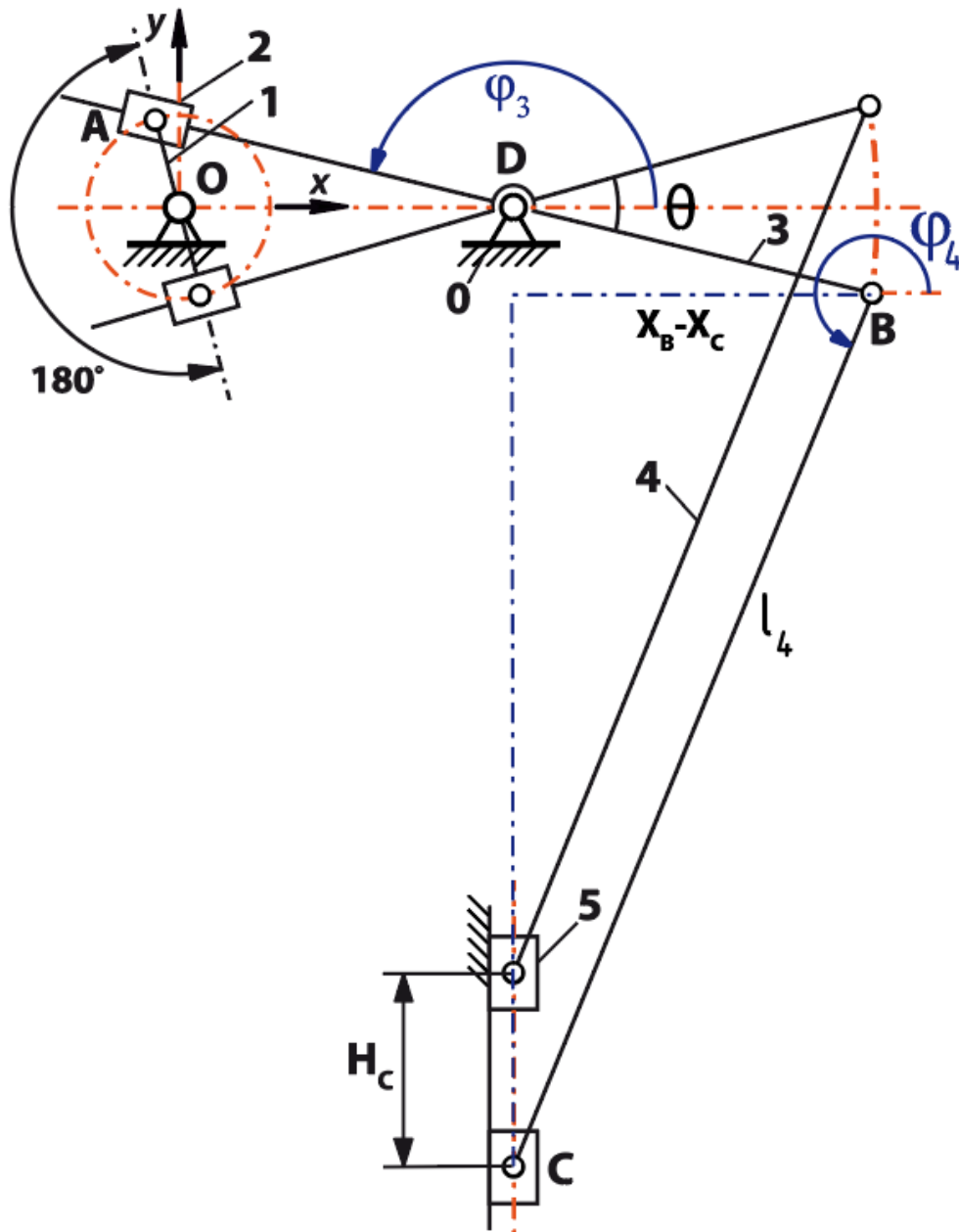


Рис. 1. Шестизвенный механизм

**Функции положения:**

**Положение точки O**

Точка O лежит в начале координат и не зависит от обобщенной координаты:

$$x_O = 0 \quad y_O = 0$$

**Положение точки A**

Точка A совершает движение по окружности радиусом равным длине кривошипа вокруг точки O, уравнение окружности в декартовой системе координат с центром в точке O:

$$x_A(\varphi) = x_O + l_{OA} \cdot \cos(\varphi_1(\varphi)) \quad y_A(\varphi) = y_O + l_{OA} \cdot \sin(\varphi_1(\varphi))$$

**Положение точки D**

Точка D неподвижная, координаты:

$$x_D = x_O + l_{OD} = 0.877 \quad y_D = y_O = 0$$

### Положение точки В

Точка В движется по дуге окружности относительно точки D. Для нахождения координат точки В введем дополнительный вектор DA и определим его длину в зависимости от обобщенной координаты:

$$h_3(\varphi) = \sqrt{(\varphi_A(\varphi) - \varphi_D)^2 + (\varphi_A(\varphi) - \varphi_D)^2}$$

Определим угол  $\varphi_3(\varphi)$  между горизонталью и введенным вектором:

$$\cos\varphi_3(\varphi) = \frac{\varphi_A(\varphi) - \varphi_D}{h_3(\varphi)} \quad \sin\varphi_3(\varphi) = \frac{\varphi_A(\varphi) - \varphi_D}{h_3(\varphi)}$$

$$\varphi_3(\varphi) = \arctan\left(\frac{\sin\varphi_3(\varphi)}{\cos\varphi_3(\varphi)}\right) + 2\pi$$

Тогда координаты точки В:

$$\varphi_B(\varphi) = \varphi_D + l_{DB} \cdot \cos(\varphi_3(\varphi) + \pi)$$

$$\varphi_B(\varphi) = \varphi_D + l_{DB} \cdot \sin(\varphi_3(\varphi) + \pi)$$

### Положение точки С

Точка С движется по вертикальной направляющей, которая проходит через точку D, поэтому:

$$\varphi_C = \varphi_D = 0.877$$

Составим прямоугольный треугольник с катетом  $\varphi_B(\varphi) - \varphi_C$  и гипотенузой равной длине шатуна, тогда:

$$\varphi_4(\varphi) = \pi + \arcsin\left(\frac{\varphi_B(\varphi) - \varphi_C}{l_{BC}}\right)$$

Тогда координата точки С:

$$\varphi_C(\varphi) = \varphi_B(\varphi) + l_{BC} \cdot \sin(\varphi_4(\varphi))$$

### Положение точки S<sub>4</sub>

$$\varphi_{S4}(\varphi) = \varphi_B(\varphi) + l_{BS4} \cdot \sin(\varphi_4(\varphi)) \quad \varphi_{S4}(\varphi) = \varphi_B(\varphi) + l_{BS4} \cdot \cos(\varphi_4(\varphi))$$

Вылете резца:

$$\varphi_{S5}(\varphi) = \varphi_C(\varphi) \quad \varphi_{S5}(\varphi) = \varphi_C - l_{\text{ВЫЛ}}$$

Положение кромки резца:

$$\varphi_{f5}(\varphi) = \varphi_C(\varphi) \quad \varphi_{f5}(\varphi) = \varphi_C - l_{\text{резц}}$$

### Проверка схемы механизма

$$\varphi_1 = (0 \quad \varphi_A(\varphi) \quad \varphi_D \quad \varphi_B(\varphi) \quad \varphi_{S4}(\varphi) \quad \varphi_C \quad \varphi_{S5}(\varphi) \quad \varphi_{f5}(\varphi))^T$$

$$\varphi_1 = (0 \quad \varphi_A(\varphi) \quad \varphi_D \quad \varphi_B(\varphi) \quad \varphi_{S4}(\varphi) \quad \varphi_C(\varphi) \quad \varphi_{S5}(\varphi) \quad \varphi_{f5}(\varphi))^T$$

$$\varphi = 0,1d \square g. 360d \square g$$



**Кинематические передаточные функции скорости (аналоги скоростей):**

**Линейные**

$$V_{qA}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_A(\varphi) \quad V_{qA}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_A(\varphi) \quad V_{qA}(\varphi) = \sqrt{V_{qA}(\varphi)^2 + V_{qA}(\varphi)^2}$$

$$V_{qB}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_B(\varphi) \quad V_{qB}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_B(\varphi) \quad V_{qB}(\varphi) = \sqrt{V_{qB}(\varphi)^2 + V_{qB}(\varphi)^2}$$

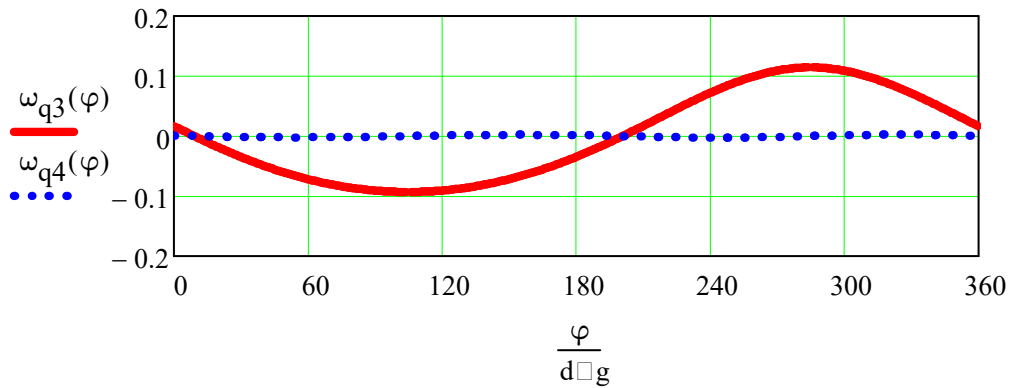
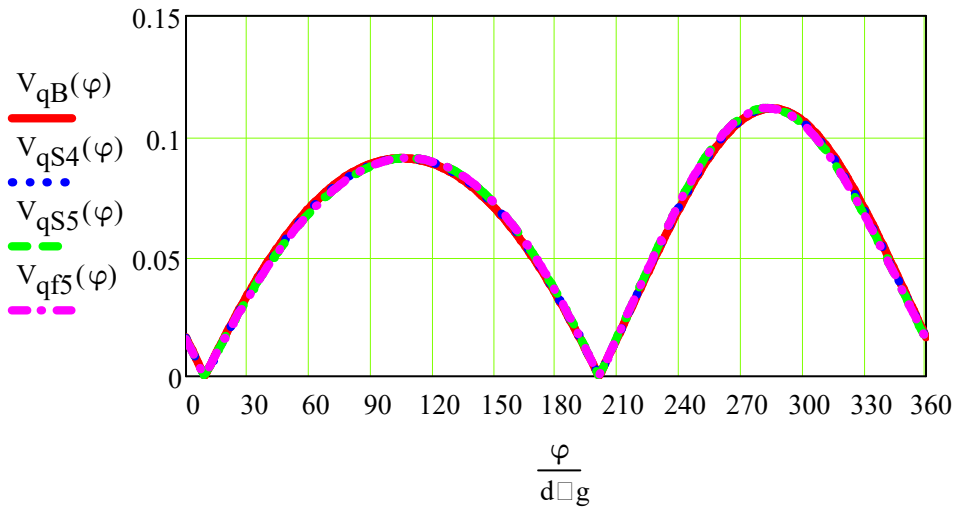
$$V_{qS4}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_{S4}(\varphi) \quad V_{qS4}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_{S4}(\varphi) \quad V_{qS4}(\varphi) = \sqrt{V_{qS4}(\varphi)^2 + V_{qS4}(\varphi)^2}$$

$$V_{qS5}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_{S5}(\varphi) \quad V_{qS5}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_{S5}(\varphi) \quad V_{qS5}(\varphi) = \sqrt{V_{qS5}(\varphi)^2 + V_{qS5}(\varphi)^2}$$

$$V_{qf5}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_{f5}(\varphi) \quad V_{qf5}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \square_{f5}(\varphi) \quad V_{qf5}(\varphi) = \sqrt{V_{qf5}(\varphi)^2 + V_{qf5}(\varphi)^2}$$

## Угловые

$$\omega_{q3}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \varphi_3(\varphi) \quad \omega_{q4}(\varphi) = \frac{d}{d\varphi} \varphi_4(\varphi)$$



## Кинематические передаточные функции ускорения (аналоги ускорений):

$$\square_{qA\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_A(\varphi) \quad \square_{qA\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_A(\varphi)$$

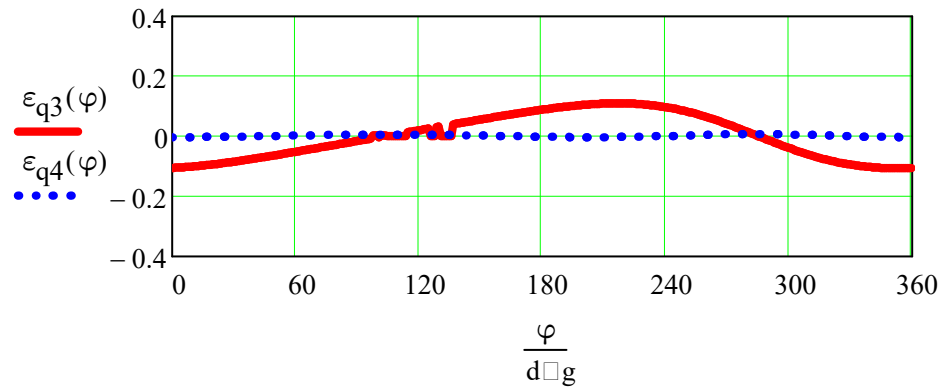
$$\square_{qB\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_B(\varphi) \quad \square_{qB\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_B(\varphi) \quad \square_{qB}(\varphi) = \sqrt{\square_{qB\square}(\varphi)^2 + \square_{qB\square}(\varphi)^2}$$

$$\square_{qS4\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_{S4}(\varphi) \quad \square_{qS4\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_{S4}(\varphi) \quad \square_{qS4}(\varphi) = \sqrt{\square_{qS4\square}(\varphi)^2 + \square_{qS4\square}(\varphi)^2}$$

$$\square_{qS5\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_{S5}(\varphi) \quad \square_{qS5\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_{S5}(\varphi) \quad \square_{qS5}(\varphi) = \sqrt{\square_{qS5\square}(\varphi)^2 + \square_{qS5\square}(\varphi)^2}$$

$$\square_{qf5\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_{f5}(\varphi) \quad \square_{qf5\square}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \square_{f5}(\varphi) \quad \square_{qf5}(\varphi) = \sqrt{\square_{qf5\square}(\varphi)^2 + \square_{qf5\square}(\varphi)^2}$$

$$\varepsilon_{q3}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \varphi_3(\varphi) \quad \varepsilon_{q4}(\varphi) = \frac{d^2}{d\varphi^2} \varphi_4(\varphi)$$



**Значения в 12 точках**

$$\psi = 0,30d \square g. 360d \square g$$

$$V_{qA \square}(\psi) = V_{qA \square}(\psi) = V_{qA}(\psi) = V_{qB \square}(\psi) = V_{qB \square}(\psi) = V_{qB}(\psi) =$$

-0.0233	-0.0869	0.09	0.016	-0.002	0.016
0.0233	-0.0869	0.09	-0.034	0.003	0.034
0.0636	-0.0636	0.09	-0.07	0.005	0.07
0.0869	-0.0233	0.09	-0.088	0.002	0.088
0.0869	0.0233	0.09	-0.088	-0.002	0.088
0.0636	0.0636	0.09	-0.07	-0.005	0.07
0.0233	0.0869	0.09	-0.034	-0.003	0.034
-0.0233	0.0869	0.09	0.016	0.002	0.016
-0.0636	0.0636	0.09	0.07	0.005	0.07
-0.0869	0.0233	0.09	0.106	0.003	0.106
-0.0869	-0.0233	0.09	0.106	-0.003	0.106
-0.0636	-0.0636	0.09	0.07	-0.005	0.07
-0.0233	-0.0869	0.09	0.016	-0.002	0.016

$$V_{qS4 \square}(\psi) = V_{qS4 \square}(\psi) = V_{qS4}(\psi) = V_{qS5 \square}(\psi) = V_{qS5 \square}(\psi) = V_{qS5}(\psi) =$$

0.0159	-0.0008	0.0159	0.016	0	0.016
-0.0331	0.0016	0.0332	-0.032	0	0.032
-0.0689	0.0024	0.069	-0.068	0	0.068
-0.088	0.0011	0.088	-0.087	0	0.087
-0.0889	-0.0011	0.0889	-0.089	0	0.089
-0.071	-0.0024	0.071	-0.072	0	0.072
-0.0346	-0.0016	0.0346	-0.035	0	0.035
0.0166	0.0008	0.0166	0.017	0	0.017
0.0709	0.0027	0.0709	0.072	0	0.072
0.107	0.0016	0.107	0.108	0	0.108
0.1056	-0.0016	0.1056	0.105	0	0.105
0.0685	-0.0027	0.0685	0.067	0	0.067
0.0159	-0.0008	0.0159	0.016	0	0.016

$$V_{qf5}(\psi) = \quad V_{qf5}(\psi) = \quad V_{qf5}(\psi) = \quad \omega_{q3}(\psi) = \quad \omega_{q4}(\psi) =$$

0.0155
-0.0324
-0.0679
-0.0875
-0.0894
-0.072
-0.0353
0.017
0.072
0.1077
0.1049
0.0673
0.0155

0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0

0.0155
0.0324
0.0679
0.0875
0.0894
0.072
0.0353
0.017
0.072
0.1077
0.1049
0.0673
0.0155

0.017
-0.035
-0.072
-0.091
-0.091
-0.072
-0.035
0.017
0.072
0.109
0.109
0.072
0.017

0.001
-0.001
-0.002
-0.001
0.001
0.002
0.001
-0.001
-0.002
-0.001
0.001
0.002
0.001