

Лекция №19

Профилирование кулачков. Кинематика кулачковых механизмов.

Основные вопросы:

1. Аналитический способ определения центрового профиля кулачка.
2. Определение координат конструктивного профиля кулачка.
3. Кинематика кулачковых механизмов

Аналитический способ определения центрового профиля кулачка

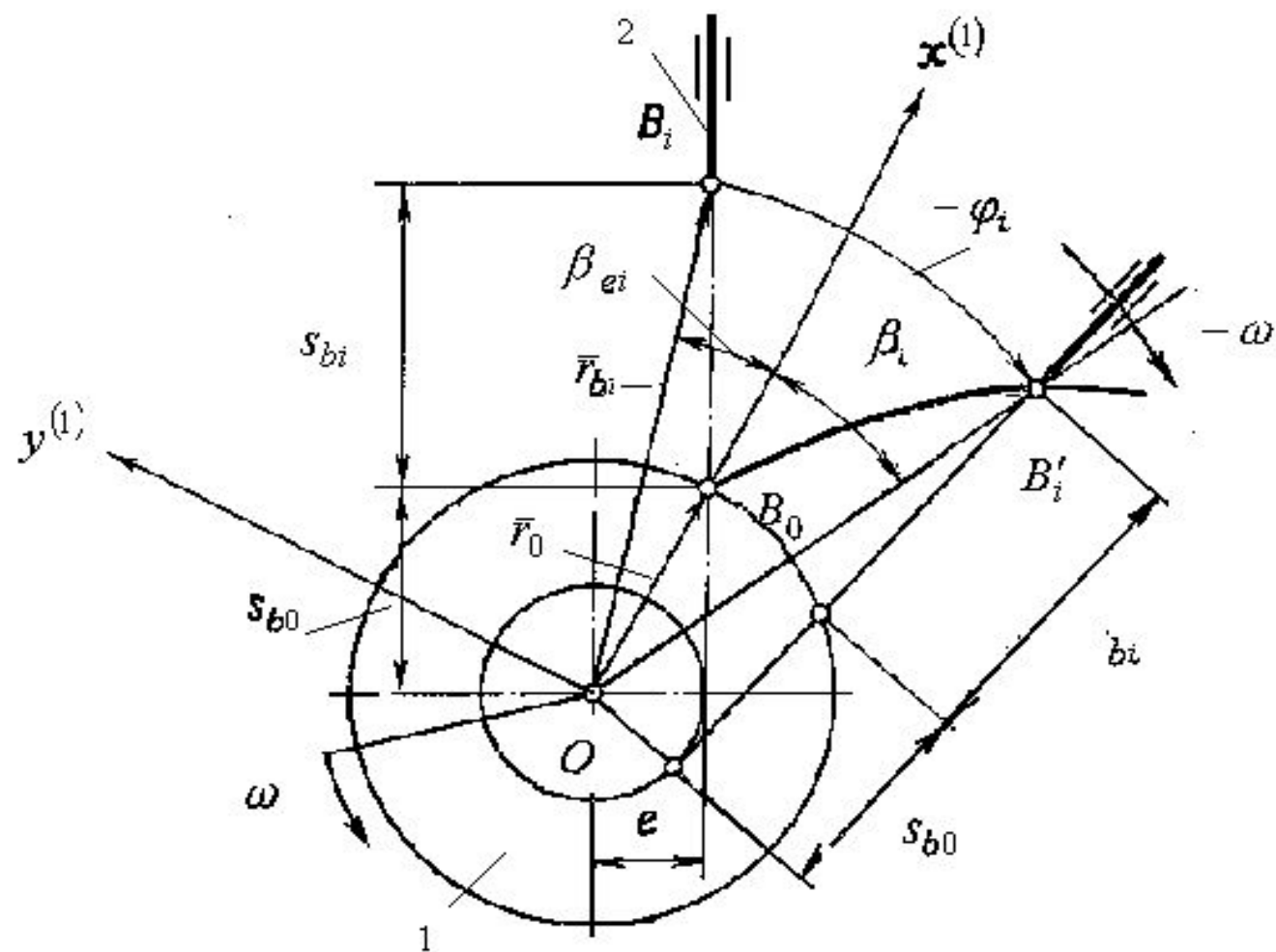
Задача - построение профиля кулачка (центрового, конструктивного) обеспечивающего заданное движение ведомого звена (толкателя).

Заданы:

общая схема механизма с основными размерами его элементов;

функция движения ведомого звена (толкателя).

Расчетная схема



Координаты текущей точки B_i :

на центровом профиле (в развернутом положении точка B'_i) в полярной системе координат – r_{bi} , β_i ;

в декартовой подвижной системе координат, связанной с кулачком – $x_{B_i}^{(1)}, y_{B_i}^{(1)}$.

Из расчетной схемы

$$r_{bi} = \sqrt{(s_{bi} + s_{b0})^2 + e^2}$$

Ход толкателя s_{bi} – функция угла поворота кулачка φ_i .

$$s_{b0} = \sqrt{r_0^2 + e^2}$$

т.е. радиус-вектор текущей точки центрального профиля B_i – функция фазового угла $r_{bi} = r_{bi}(\varphi)$.

Полярный угол β_i точки B_i

$$\beta_i = -\varphi_i + \beta_{ei}$$

Углы β_{ei} – корректирующие (вспомогательные) углы.

Для каждого положения толкателя из $\triangle B_i O B_0$ по теореме косинусов

$$\beta_{ei} = \arccos \frac{r_{bi}^2 + r_0^2 - s_{bi}^2}{2r_{bi}r_0}, \text{ т.е. } \beta_{ei} = \beta_{ei}(\varphi)$$

Уравнения центрального профиля

$$x^{(1)} = r_{bi} \cos \beta_i$$

$$y^{(1)} = r_{bi} \sin \beta_i$$

Определение координат конструктивного профиля кулачка

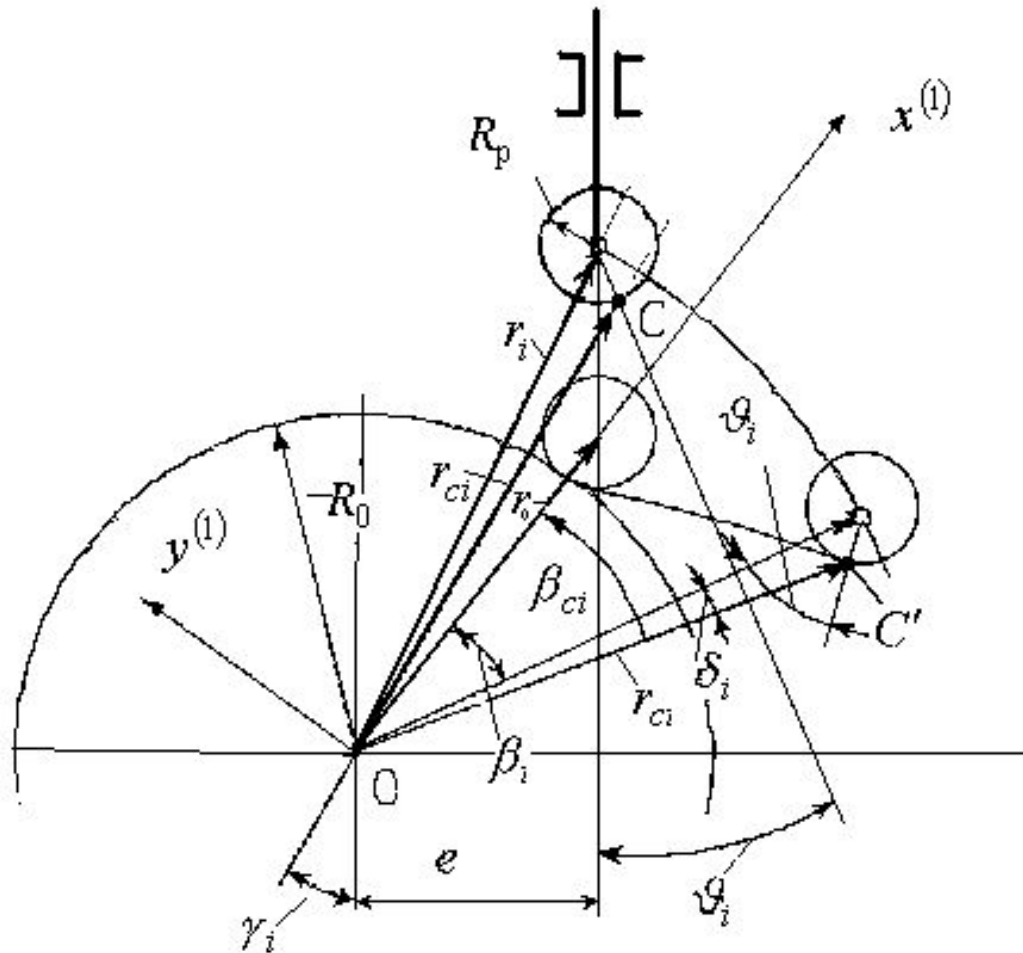
Конструктивный или действительный профиль кулачка – профиль, по которому обкатывается ролик толкателя или которого касается острие щупа толкателя в кулачковом механизме с безроликовым толкателем.

Задача: определение координат точек конструктивного (действительного) профиля кулачка при известном центровом профиле.

Известны: радиус ролика R_p и радиус основной окружности действительного профиля кулачка R_0

$$R_0 = r_0 - R_p$$

Расчетная схема для определения координат точек конструктивного профиля кулачка



Координаты текущей точки С на конструктивном профиле (в развернутом на угол $-\varphi_i$ положении точка C'_i) в полярной системе координат – r_{ci}, β_{ci} ; в декартовой подвижной системе координат, связанной с кулачком – $x_{B_i}^{(1)}, y_{B_i}^{(1)}$

ϑ_i – угол давления.

Из $\triangle OB_iC$ – радиус-вектор (первая полярная координата) конструктивного профиля

$$r_{ci} = \sqrt{r_i^2 + R_p^2 - 2r_i R_p \cos(\gamma_i + \vartheta_i)}$$

Из $\triangle AB_iO$ $\gamma_i = \arctg \frac{e}{s_0 + s_{bi}}$, т.е. $\gamma_i = \gamma_i(\varphi)$

Полярная координата конструктивного
профиля β_{ci}

$$\beta_{ci} = \beta_i + \delta_i$$

Из $\triangle OB'_iC'$

$$\delta_i = \arccos \frac{r_i^2 + R_p^2 - r_{ci}^2}{2r_i R_p}, \text{ т.е. } \delta_i = \delta_i(\varphi)$$

Кинематика кулачковых механизмов

Цель кинематического исследования кулачкового механизма – определение функции положения $s(\varphi)$ первой и второй передаточных функций.

Графический метод – построение кривой $s(\varphi)$ и ее двойное графическое дифференцирование.

Способы построения функции $s(\varphi)$:

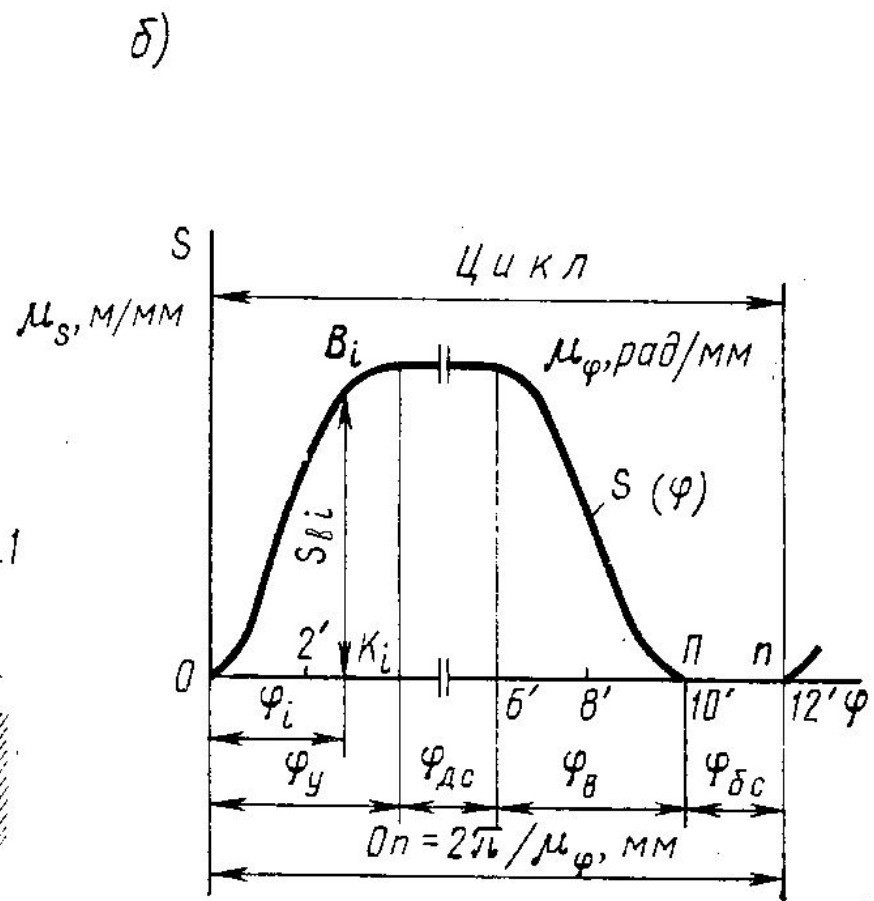
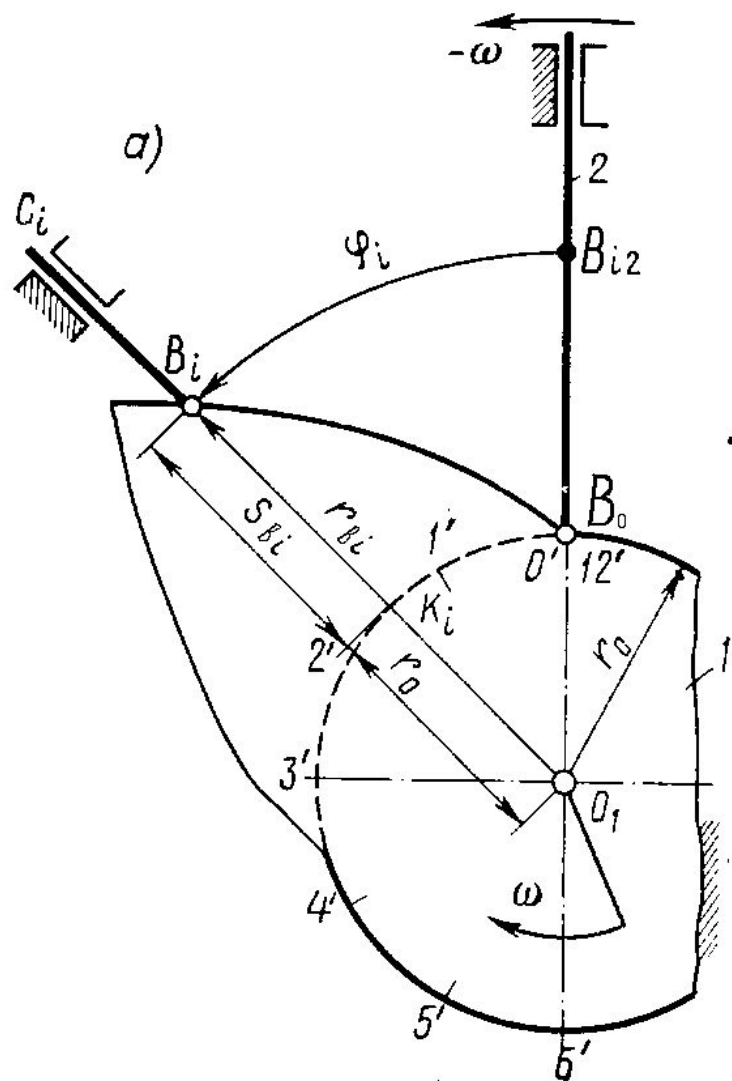
метод засечек (профиль кулачка вычерчивается в нескольких следующих друг за другом положениях механизма);

метод обращенного движения.

Метод обращенного движения:

Исследуемому механизму вместе со стойкой мысленно сообщают вращательное движение вокруг оси вращения кулачка с угловой скоростью $-\omega_1$. В результате кулачок останавливается, а неподвижная направляющая вместе с толкателем начинает вращаться в противоположную сторону. Толкатель при этом совершает два движения, одно из которых (относительно стойки) остается таким же, как и при вращающемся кулачке. Профиль кулачка при этом является геометрическим местом отдельных положений за цикл острия толкателя (точки контакта ролика толкателя с поверхностью кулачка).

Графическое построение функции положения $s = s(\varphi)$



Требования ко второй передаточной функции

$$s''(\varphi) = \frac{d^2 s}{d\varphi^2}$$

В конце фазы удаления $\varphi_2 = \varphi_y$ $s = s_{\max}$ $v_2 = 0$,

т.е.

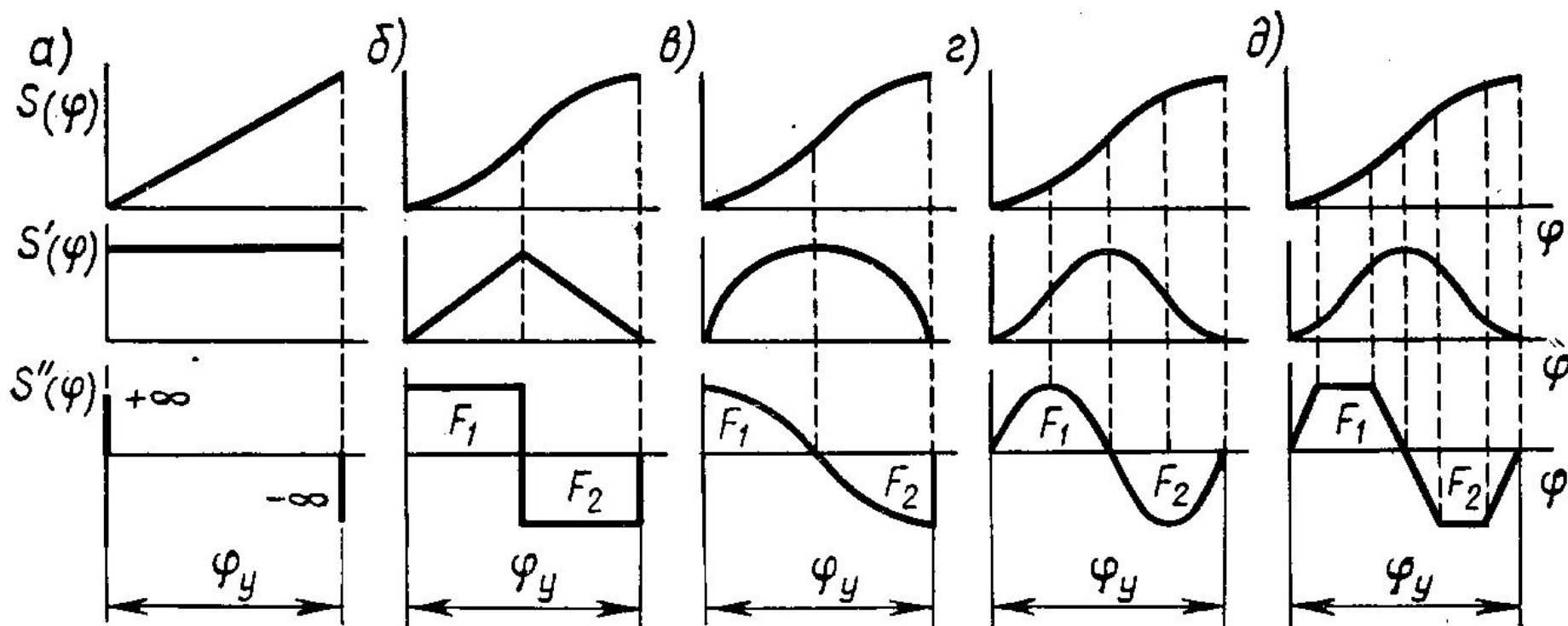
$$v_2 = \frac{ds}{d\varphi} \omega = \omega \int_0^{\varphi_y} (d^2 s / d\varphi^2) d\varphi = 0$$

при $\omega \neq 0$ $\int_0^{\varphi_y} (d^2 s / d\varphi^2) d\varphi = 0$

В фазе удаления (и возврата) необходимо

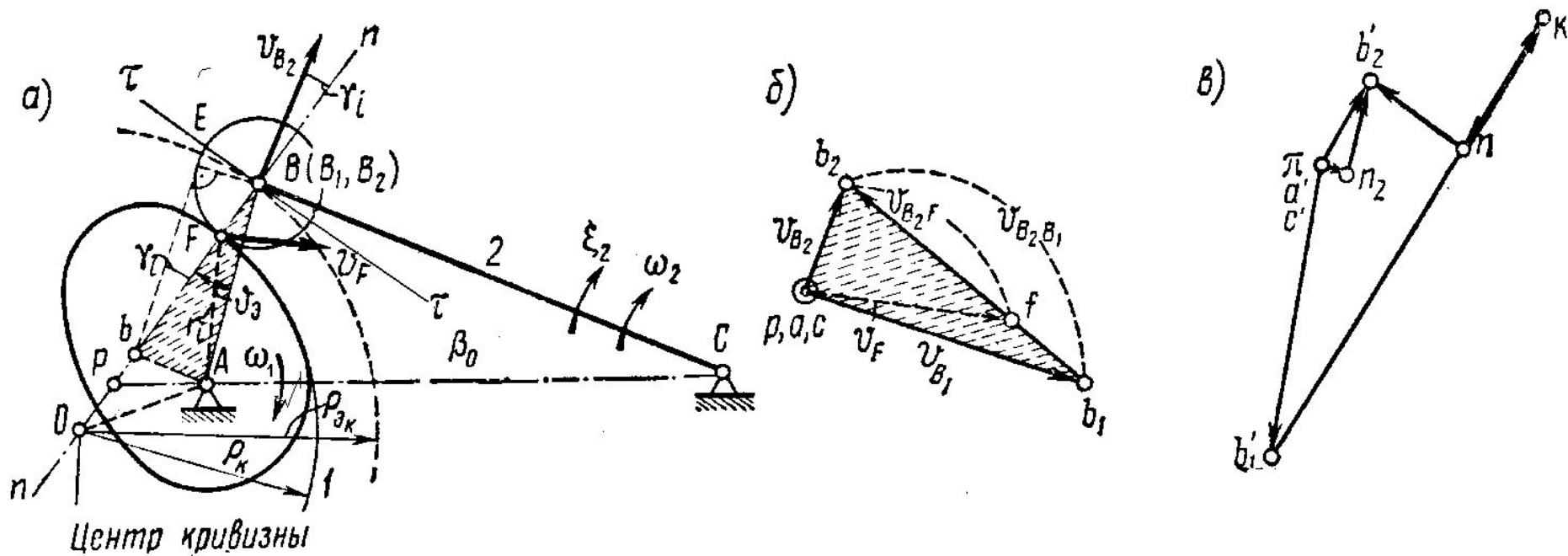
$$|F_1| = |F_2|$$

Законы движения толкателя в фазе удаления



Графо-аналитический метод кинематического анализа

Кулачковый механизм с роликовым качающимся толкателем



Векторные уравнения определяющие связь между скоростями звеньев

$$\overline{v}_{B_2} = \overline{v}_F + \overline{v}_{B_2F} \quad \text{или} \quad \overline{v}_{B_2} = \overline{v}_{B_1} + \overline{v}_{B_2B_1}$$

Векторное уравнение, дающее связь между ускорениями

$$\overline{a}_{B_2}^n + \overline{a}_{B_2}^t = \overline{a}_{B_1}^n + \overline{a}_{B_2B_1}^K + \overline{a}_{B_2B_1}^n + \overline{a}_{B_2B_1}^t$$

$$a_{B_2}^n = \frac{v_{B_2}^2}{l_{BC}} \quad - \text{ нормальное ускорение толкателя}$$

$$a_{B_2B_1}^n = \frac{v_{B_2B_1}^2}{\rho_K} \quad - \text{ нормальное ускорение в относительном движении}$$

$$a_{B_2B_1}^K = 2\omega_1 v_{B_2B_1} \quad - \text{ модуль ускорения Кориолиса}$$

Угловая скорость ролика

$$\omega_p = \omega_2 = \frac{v_{B_2F}}{R_p}$$

ΔOAb – повернутый план скоростей, построенный в масштабе $\mu_v = \mu_L \omega_1$

Величины скоростей:

$$v_F = AF \omega_1 \mu_L g n; \quad v_{B_1} = AB \omega_1 \mu_L; \quad v_{B_2} = AB \omega_1 \mu_L;$$

$$v_{B_2F} = Fb \omega_1 \mu_L; \quad v_{B_2B_1} = Bb \omega_1 \mu_L.$$

где $Fb = Bb - FB; \quad FB = R_p;$

$$Bb = bE / \cos \gamma_i = AC \sin(\beta_0 + \beta_i) / \cos \gamma_i.$$

Тогда
$$v_{B_2F} = Fb \omega_1 \mu_L = \omega_1 \left[\frac{\sin(\beta_0 + \beta_i)}{\cos \gamma_i} L - R_p \right];$$

$$\omega_p = \omega_1 \left[\frac{L}{R_p} \frac{\sin(\beta_0 + \beta_i)}{\cos \gamma_i} - 1 \right]$$

а) б) в)

Геометрическое место осей вращения кулачка

$$\omega_p = \omega_1 \left[\frac{r_0 + s + R_p}{R_p \cos \gamma_i} - 1 \right]$$