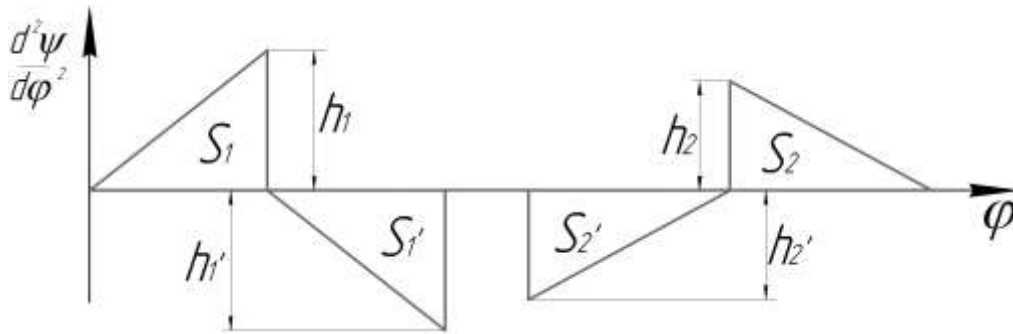


4. Синтез кулачкового механизма

Исходные данные: $q_V = 111^\circ$, $q_D = 60^\circ$, $q_B = 121^\circ$, $\psi_{\max} = 30^\circ$, $L_{\text{кор}} = 0,21 \text{ м}$.

График аналога ускорений:



4.1. Построение кинематических диаграмм движения

Диаграмму аналога ускорений строим следующим образом: фазовые углы переводим в радианы и выбираем масштабный коэффициент по оси абсцисс, затем по заданному закону движения толкателя строим диаграмму аналога ускорений.

$$\varphi_V = \frac{\pi}{180} \cdot q_V = 0,01744 \cdot 111 = 1,9314 \text{ рад},$$

$$\varphi_D = \frac{\pi}{180} \cdot q_D = 0,01744 \cdot 60 = 1,0464 \text{ рад},$$

$$\varphi_B = \frac{\pi}{180} \cdot q_B = 0,01744 \cdot 121 = 2,1102 \text{ рад},$$

$$\psi_{\max} = 0,01744 \cdot 30 = 0,5232 \text{ рад}.$$

Определяем масштабный коэффициент по оси абсцисс:

$$\mu_\varphi = \frac{\varphi_V}{L_V} = \frac{1,9314}{111} = 0,01744 \text{ рад/мм},$$

где L_V - длина фазы удаления толкателя (произвольная величина, мм).

Находим длины отрезков остальных фазовых углов по оси абсцисс:

$$L_D = \frac{\varphi_D}{\mu_\varphi} = 60 \text{ мм}$$

$$L_B = \frac{\varphi_B}{\mu_\varphi} = 121 \text{ мм}$$

Построим верхнюю часть диаграммы аналога ускорений на угле удаления. Для этого зададимся максимальной ординатой $h_1 = 100 \text{ мм}$ и построим график. Для построения нижней части диаграммы аналога ускорений рассчитаем величину h'_1 из условия равенства площадей $S_1 = S'_1$.

$$h'_1 = h_1 = 100 \text{ мм}$$

Для построения верхней и нижней частей диаграммы на угле возврата определяем величины h_2 и h'_2 по выражениям $\frac{h_1}{h_2} = \frac{q_B^2}{q_Y^2}$ и $\frac{h'_1}{h'_2} = \frac{q_B^2}{q_Y^2}$ откуда:

$$h_2 = h_1 \frac{q_Y^2}{q_B^2} = 100 \frac{111^2}{121^2} = 84 \text{ мм}$$

$$h'_2 = h'_1 \frac{q_Y^2}{q_B^2} = 84 \text{ мм}$$

Диаграмму аналога скоростей строим путем графического интегрирования диаграммы аналога ускорений. Диаграмму функции перемещений строим путем графического интегрирования методом хорд диаграммы аналогов скоростей.

После построения диаграмм определяем их масштабные коэффициенты по следующим формулам:

$$\mu_\psi = \frac{\psi_{\max}}{y_{\max}} = \frac{0,5232}{96,3} = 0,005435 \text{ рад/мм},$$

где ψ_{\max} – максимальный угол отклонения толкателя (рад.)

y_{\max} – максимальная ордината на диаграмме перемещений (мм).

$$\mu_{\frac{d\psi}{d\varphi}} = \frac{\mu_\psi}{\mu_\varphi \cdot H_2} = \frac{0,005435}{0,01744 \cdot 40} = 0,00779 \text{ рад/мм},$$

где H_2 – полюсное расстояние на диаграмме аналога скоростей

$$\mu_{\frac{d^2\psi}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_{\frac{d\psi}{d\varphi}}}{\mu_\varphi \cdot H_1} = \frac{0,00779}{0,01744 \cdot 40} = 0,01117 \text{ рад/мм},$$

где H_1 – полюсное расстояние на диаграмме аналога ускорений

Из построенных диаграмм определяем значения угловых перемещений и аналога угловых скоростей центра ролика толкателя.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | | 25 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$\psi_i = h_i \cdot \mu_{\psi} \cdot \frac{180}{\pi}, \text{ град};$$

$$\psi_i = h_i \cdot \mu_{\psi}, \text{ рад};$$

$$\frac{d\psi_i}{d\varphi} = h'_i \cdot \mu_{\frac{d\psi}{d\varphi}}, \text{ рад.}$$

Таблица 4.1 кинематические характеристики кулачкового механизма

| положение | h , мм | ψ_i , град. | ψ_i , рад | h' , мм | $\frac{d\psi}{d\varphi}$, рад |
|-----------|----------|------------------|----------------|-----------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0,3 | 0,005 | 4,3 | 0,034 |
| 2 | 4,5 | 1,4 | 0,024 | 17,3 | 0,135 |
| 3 | 14,3 | 4,5 | 0,078 | 39 | 0,304 |
| 4 | 33 | 10,3 | 0,179 | 69,5 | 0,542 |
| 5 | 56,5 | 17,6 | 0,307 | 65 | 0,506 |
| 6 | 76,7 | 23,9 | 0,417 | 52 | 0,405 |
| 7 | 91 | 28,3 | 0,495 | 30,5 | 0,238 |
| 8 | 96,3 | 30 | 0,523 | 0 | 0 |
| 9 | 96,3 | 30 | 0,523 | 0 | 0 |
| 10 | 91 | 28,3 | 0,495 | 28 | 0,218 |
| 11 | 76,7 | 23,9 | 0,417 | 47,5 | 0,37 |
| 12 | 56,5 | 17,6 | 0,307 | 59,5 | 0,464 |
| 13 | 33 | 10,3 | 0,179 | 63,5 | 0,495 |
| 14 | 14,3 | 4,5 | 0,078 | 35,7 | 0,278 |
| 15 | 4,5 | 1,4 | 0,024 | 16 | 0,125 |
| 16 | 1 | 0,3 | 0,005 | 4 | 0,031 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

4.2. Динамический синтез кулачка

Производим в масштабе $\mu_L = \frac{L_{кор}}{CB_0} = \frac{0,21}{140} = 0,0015 \frac{м}{мм}$ разметку положений толкателя.

Определим линейное перемещение и аналог линейных скоростей для динамического синтеза кулачка:

$$S_B = \psi_i \cdot L_{кор},$$

$$\frac{dS_B}{d\varphi} = \frac{d\psi}{d\varphi} \cdot L_{кор}.$$

Под углами ψ_i к начальному положению толкателя C_0B_0 из точки C_0 проводим лучи. Из точек 0, 1, 2, ..., вдоль толкателя откладываем отрезки $\frac{dS_B}{d\varphi} i$.

Концы отрезков $\frac{dS_B}{d\varphi} i$ соединяем плавной кривой и проводим лучи под углом $\gamma_{min} = 45^\circ$ к направлению толкателя. За центр вращения кулачка принимаем т.О, лежащую в заштрихованной области.

Таблица 4.2- характеристики кулачкового механизма с учетом масштаба.

| | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| положение | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| S_B , мм | 0 | 0,8 | 3,4 | 10,9 | 25,1 | 43 | 58,4 | 69,2 | 73,3 |
| $\frac{dS_B}{d\varphi}$, мм | 0 | 4,7 | 19 | 42,5 | 75,8 | 71 | 56,7 | 33,3 | 0 |
| положение | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| S_B , мм | 73,3 | 69,2 | 58,4 | 43 | 25,1 | 10,9 | 3,4 | 0,8 | 0 |
| $\frac{dS_B}{d\varphi}$, мм | 0 | 30,5 | 51,8 | 64,9 | 69,3 | 39 | 17,5 | 4,4 | 0 |

Определяем величину минимального радиуса кулачка:

$$R_{min} = OB_0 \cdot \mu_L = 60 \cdot 0,0015 = 0,09 \text{ м}$$

Определяем минимальный радиус ролика толкателя:

$$r_0 = 0,3R_{min} = 0,3 \cdot 0,09 = 0,027 \text{ м}$$

4.3. Профилирование кулачка

Профилирование кулачка производим в масштабе $\mu_L = 0,0015 \frac{м}{мм}$.

Размещаем положение осей вращения кулачка O и толкателя C_0 . Из точки O проводим окружность радиусом R_{\min} , а из точки C_0 делаем на этой окружности засечку радиусом, равным длине толкателя L_{BC} . Полученная точка B_0 есть начальное (нижнее) положение центра ролика. Соединив эту точку с точкой C_0 , получим прямую C_0B_0 , которая является начальным положением толкателя.

Измеряем по чертежу угол ψ_0 между начальным положением толкателя C_0B_0 и положение линии центров OC_0 . С центром в точке O проводим окружность радиусом OC_0 и от прямой OC_0 в направлении, противоположном вращению кулачка, откладываем все углы φ_i ($\varphi_y, \varphi_d, \varphi_b$ и промежуточные). Под этими углами из точки O проводим лучи. Точки пересечения этих лучей с окружностью радиусом OC_0 (C_1, C_2, C_3, \dots) являются относительными положениями линий центров. Вычисляем для каждого положения толкателя углы между толкателем и линией центров: $\psi_i' = \psi_0 + \psi_i$, и под этими углами к соответствующим относительным положениям линии центров OC_1, OC_2, OC_3, \dots из точек C_1, C_2, C_3, \dots проводим лучи, на которых делаем засечки радиусом, равным длине толкателя L_{BC} . Получаем точки B_1, B_2, B_3, \dots , которые являются относительными положениями центра ролика. Соединяя полученные точки плавной кривой, получим центровый профиль кулачка.

Строим действительный профиль кулачка. Для этого внутри центрового профиля радиусом ролика r_0 проводим ряд дуг, центры которых располагаем на центровом профиле кулачка. Проводим к этим дугам огибающую кривую (эквидистантную кривую), которая является действительным профилем кулачка.