

Исходные данные:

Рабочий ход транспортера (шаг) $S = 0,8 \text{ м}$

Средняя скорость рабочего хода $V_{ск} = 0,35 \text{ м/с}$

Коэффициент изменения средней скорости $k = 1,6$

Геометрический параметр $\lambda = d/l = 0,70$

Угол поворота кривошипа $\varphi = 25^\circ$

Формула для определения числа степеней свободы

$$W = 3n - 2p_s,$$

где число подвижных звеньев

$$n = 5,$$

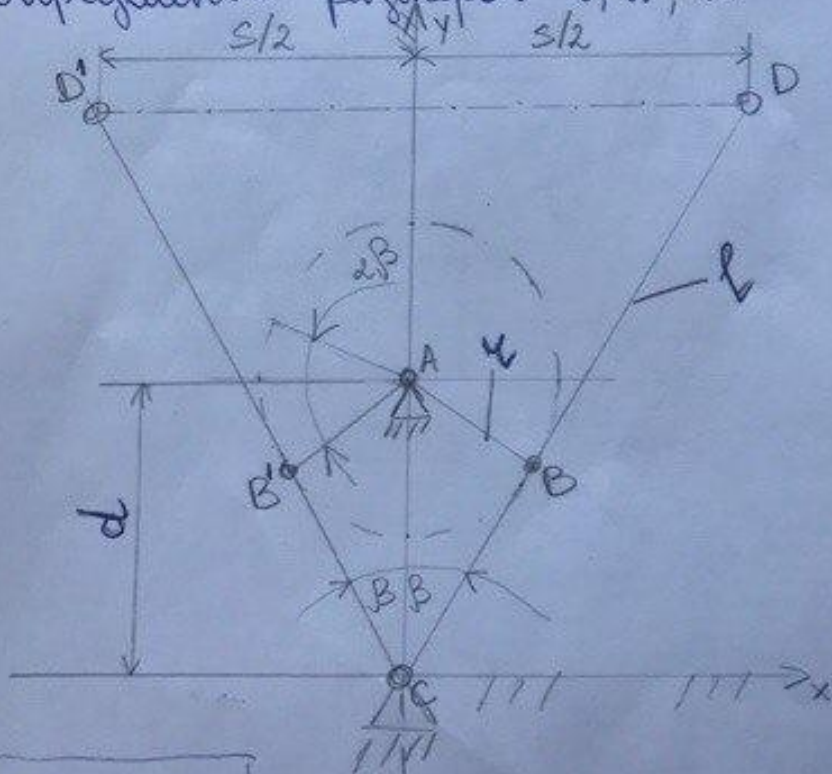
число кинематических пар пятого класса

$$p_s = 7,$$

$$\text{тогда } W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 15 - 14 = 1$$

т.е. данный кулисно-ползунковый механизм имеет одну степень свободы, а значит имеет одно ведущее звено - кривошип 1.

Определение размеров l, d, γ .



$$k = \frac{V_{cp \cdot x}}{V_{cp \cdot p \cdot x}} = \frac{90^\circ + \beta}{90^\circ - \beta}$$

$$\beta = 90^\circ \frac{k-1}{k+1} = 90^\circ \frac{1,6-1}{1,6+1} \approx 20,8$$

$$l = CD = \frac{S/2}{\sin \beta} = \frac{0,8/2}{\sin 20,8} = 1,13$$

$$d = AC = \lambda \cdot l = 0,79$$

$$\gamma = AB = d \cdot \sin \beta = 0,28$$

$$AB \perp CD$$

$$AB' \perp CD'$$

Определение числа оборотов кривошипа.

$$V_{sk} = \frac{l \cdot G \cdot \omega_1 \left(\frac{1+k}{k} \right)}{\pi} \Rightarrow \omega_1 = \frac{\pi \cdot V_{sk} \cdot k}{l \cdot G (1+k)},$$

где $G = \frac{\mu}{\sigma} = \frac{0,28}{0,79} = 0,35$
 ω_1 - угловая скорость кривошипа

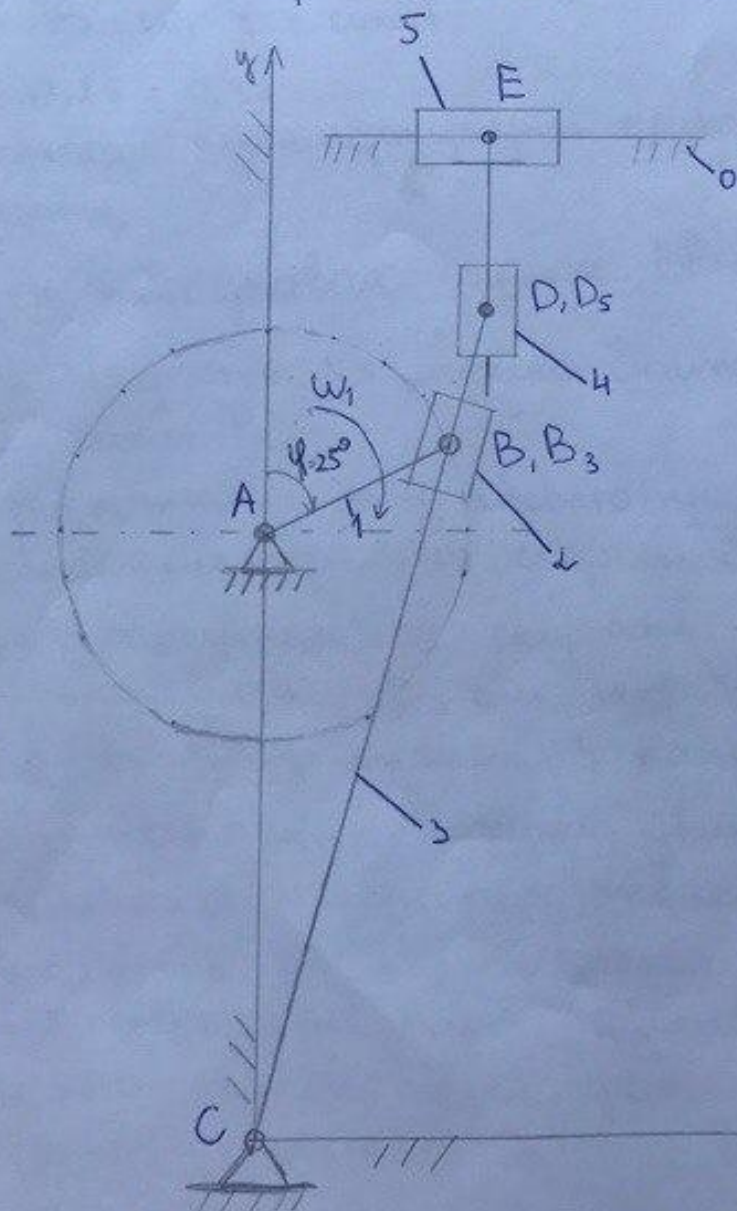
$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot 0,35 \cdot 1,6}{1,13 \cdot 0,35 (1+1,6)} = 1,71 \text{ ч/с}$$

Число оборотов кривошипа

$$n_1 = \frac{30 \omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 1,71}{\pi} = 16,33 \text{ [чрт]}$$

Кинематический анализ.

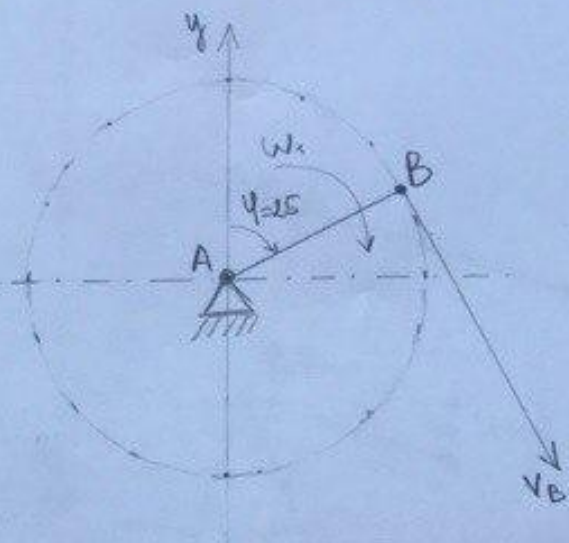
Определение скорости и ускорения 5-го звена (штанги) кулисного механизма методом планов, при заданном угле поворота кривошипа $\varphi = 25^\circ$. $M = 10 \text{ м/мм}$



- 1 - кривошип
- 2 - ползун
- 3 - кулиса
- 4 - ползун
- 5 - штанга
- 0 - стойка

а) составление плана скоростей.

а1. Кривошип AB



Учитывая, что кривошип AB совершает вращательное движение относительно неподвижной оси, проходящей через точку A, линейная скорость точки B будет

$$v_B = \omega_1 \cdot AB = \omega_1 \cdot r = \text{const}$$

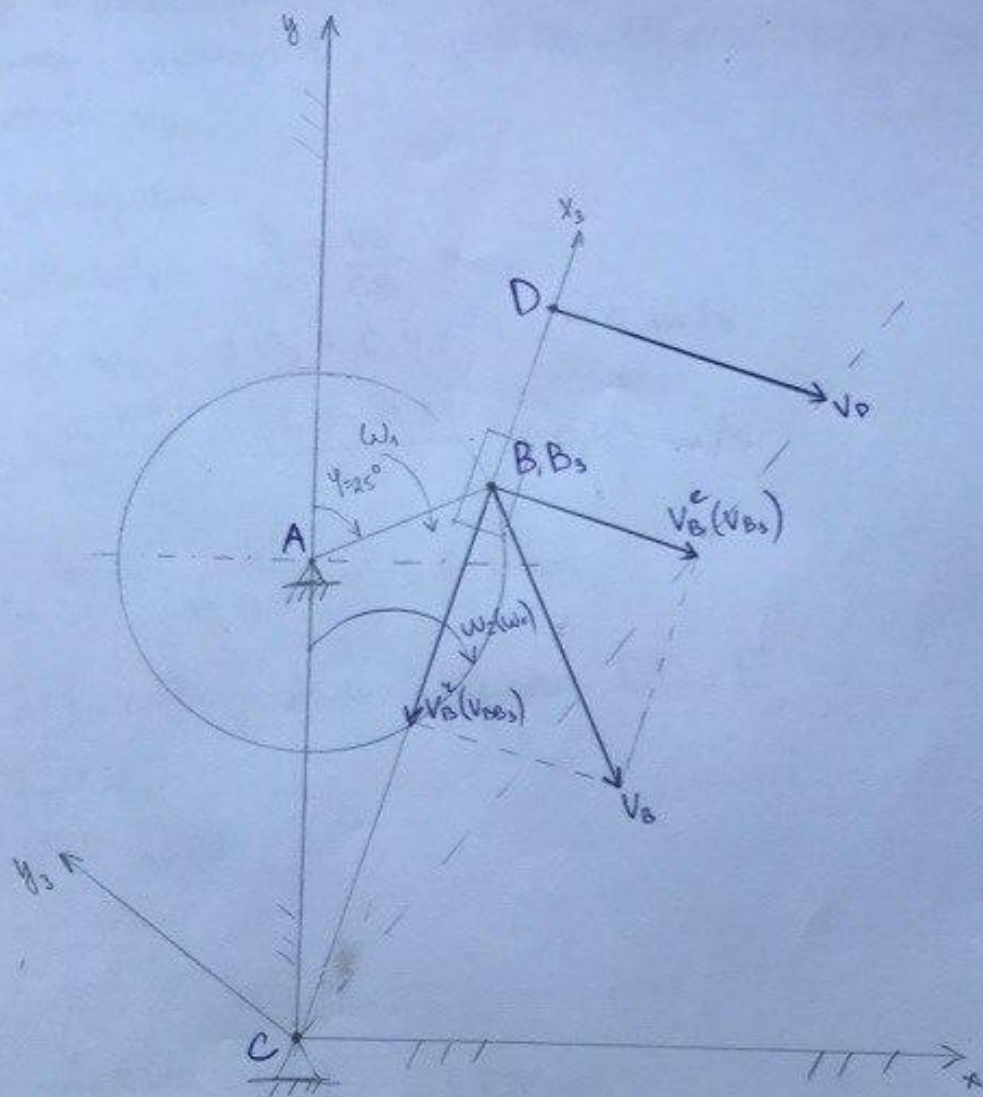
$$v_B = 1,71 \cdot 0,28 = 0,48$$

и направлена перпендикулярно кривошипу AB в сторону его вращения.

а2. 2-х поводковая группа BB₃C

Найденная скорость v_B можно считать абсолютной скоростью точки B.

Теперь разложим эту абсолютную скорость v_B по правилу параллелограмма скоростей на две компоненты: $v_B^r (v_{BB_3})$ — относительная скорость движения точки B относительно точки B₃ или скорость скольжения ползуна 2 по пазу кулисы 3 направлена вдоль нее, $v_B^e (v_{B_3})$ — переносная скорость движения точки B, равная линейной скорости точки B₃ кулисы 3, совпадающая в данный момент с точкой B и направлена перпендикулярно кулисе 3, что вызывает вращательно-качающееся движение кулисы 3 относительно точки C.



$$\vec{V}_B = \vec{V}_B^c + \vec{V}_B^e$$

$$\perp AB \parallel CB \perp CB$$

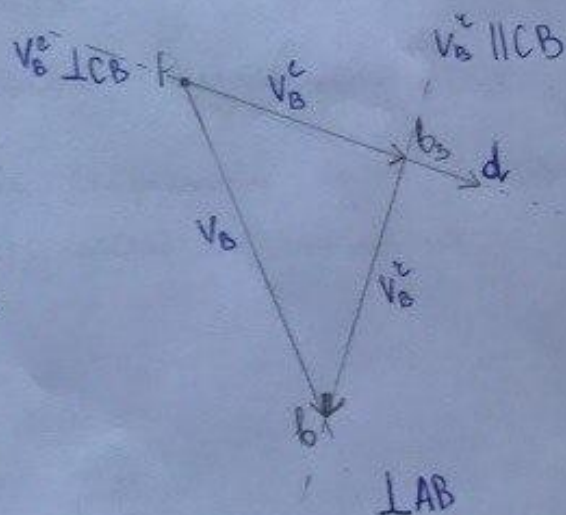
Выбираем масштаб $\mu = \frac{1}{10} = 0,01 \frac{\text{m/s}}{\text{mm}}$

$$\rho_B = \frac{V_B}{\mu} = \frac{0,48}{0,01} = 48 \text{ mm}$$

Замеряем и вычисляем

$$V_B^c = \rho_{B_3} \cdot \mu_v = 36 \cdot 0,01 = 0,36 \text{ m/s}$$

$$V_B^e = \rho_{B_3} \cdot \mu_v = 32 \cdot 0,01 = 0,32 \text{ m/s}$$



Или переносную скорость $V_B^e (V_{B_3})$ находим на плане скоростей точку d , представляющая собой конец вектора V_D .

СВ замерим

$$V_B^e = CB \cdot \omega_3 = \omega_3 = \frac{V_B^e}{CB} \quad *$$

$$V_D = CD \cdot \omega_3 = 1,13 \cdot 0,43 = 0,36 \text{ m/s}$$

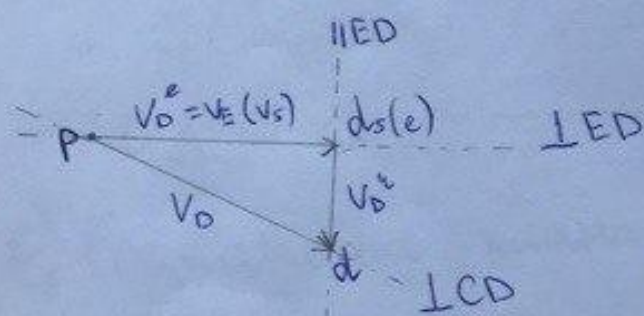
$$\omega_3 = \frac{CD \cdot V_B^e}{CB} = \frac{11,3 \cdot 0,32}{8,5} = 0,43 \text{ m/s}$$

$$V_D = \frac{V_D}{\mu_v} = \frac{0,36}{0,01} = 36 \text{ mm}$$

а3. 2-х подвижная группа DD, E

$$\vec{V}_D = \vec{V}_D^r + \vec{V}_D^e$$

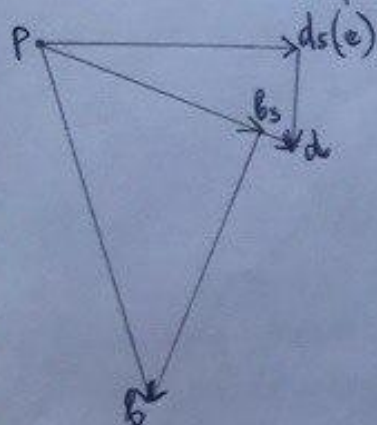
$$\perp CD \parallel ED \perp ED$$



$$V_D^e = V_E = \mu_v \cdot p d_s = 0,01 \cdot 33 = 0,33 \text{ m/s}$$

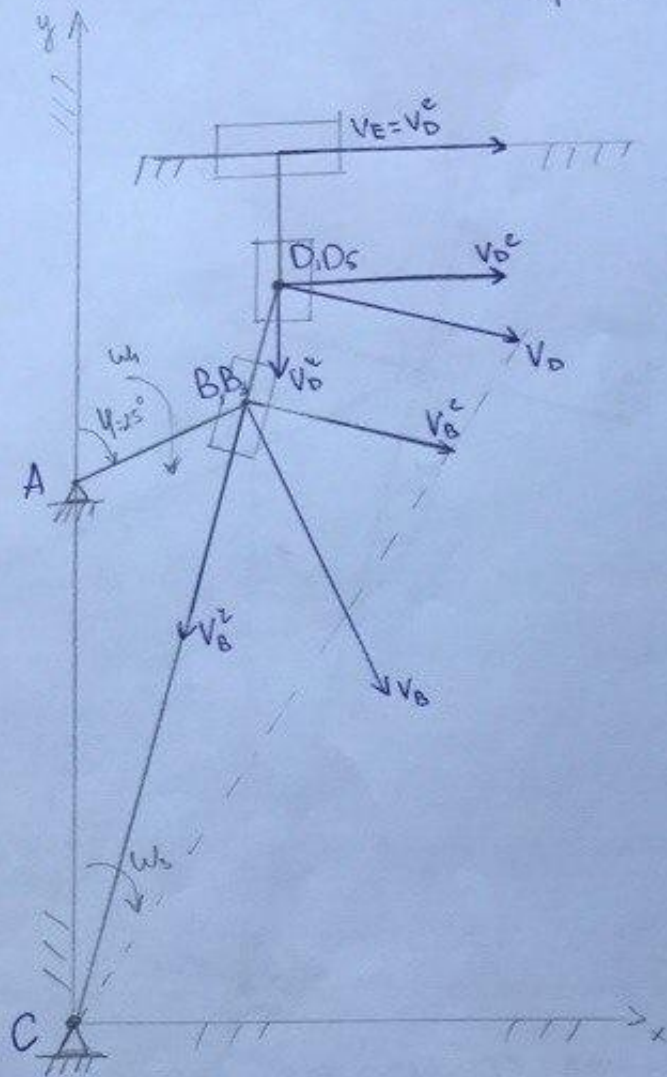
$$V_D^r = \mu_v \cdot d d_s = 0,01 \cdot 14 = 0,14 \text{ m/s}$$

а4. План скоростей для всего кулисного механизма.

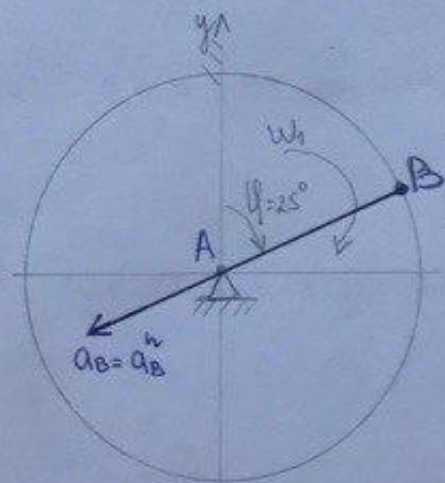


Общий план скоростей для всего кулисно-ползункового механизма.

Распределение ω скоростных характеристик для всего кривошипно-ползунного механизма.



б) Составление плана ускорений.
в1. Кривошип АВ.



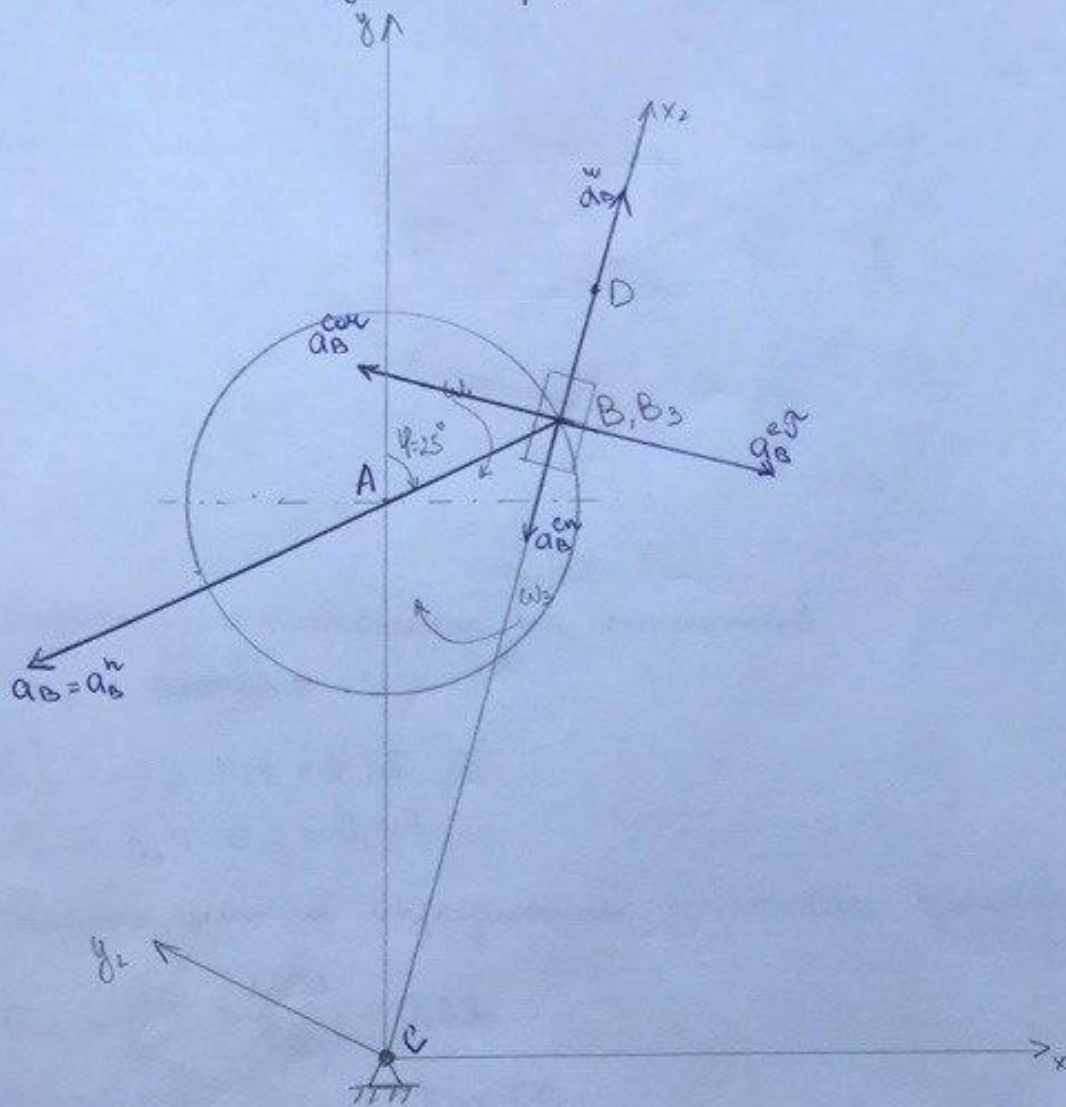
$$\vec{a}_B = \vec{a}_B + \vec{a}_B^x, \text{ wgr}$$

\vec{a}_0 - нормальное ускорение

 \vec{a}_B - касательное ускорение

Поскольку кривошип АВ вращается с постоянной угловой скоростью $\omega_1 = \text{const}$, то касательное ускорение $\ddot{a}_B^t = 0$, но $a_B = \ddot{a}_B^n = \omega_1^2 \cdot AB \Rightarrow a_B = 1,71^2 \cdot 0,28 = 0,82 \text{ м/с}^2$ и направлено к оси вращения. (6)

62. 2-х шаровая группа BB_3C



$$\vec{a}_B = \vec{a}_B^e + \vec{a}_B^t + \vec{a}_B^{cor} = \vec{a}_B^{ex} + \vec{a}_B^{en} + \vec{a}_B^t + \vec{a}_B^{cor}$$

$$\vec{a}_B^{cor} = \frac{l \omega^2}{\omega_3} \cdot \frac{V_B^t}{V_B} = 2 \cdot 0,43 \cdot 0,36 = 0,3$$

Поворачиваем V_B^t по ходу вращения кулисы на 90°

$$\vec{a}_B^e = \vec{a}_B^{ex} + \vec{a}_B^{en}$$

$$\vec{a}_B^{en} = \omega_c^2 \cdot BC = 0,43^2 \cdot 0,94 = 1,73 \cdot 0,173$$

$$\vec{a}_B^{ex} = a_c \cdot BC$$

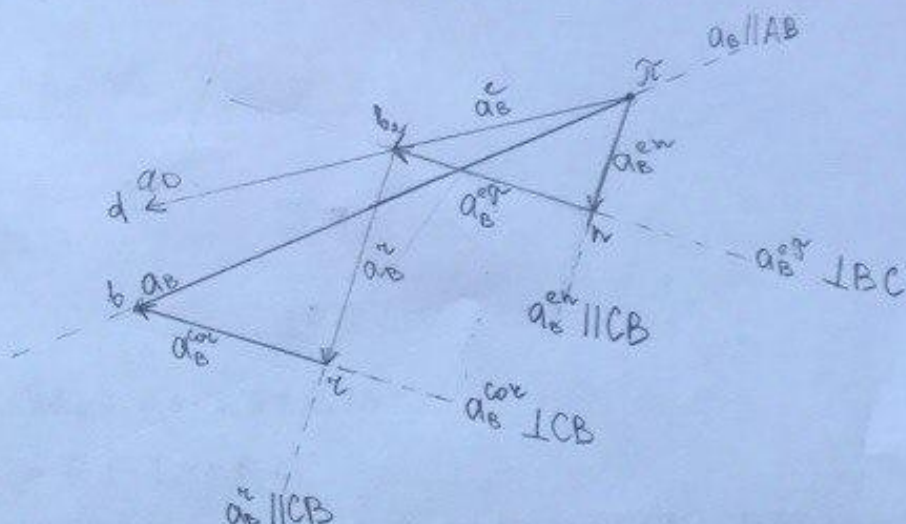
где $a_c(a_3)$ угловое ускорение кулисы

$$\vec{a}_B = \vec{a}_B^{ex} + \vec{a}_B^{en} + \vec{a}_B^t + \vec{a}_B^{cor}$$

\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow
 $\parallel AB \parallel AB$ $\perp CB$ $\parallel CB$ $\parallel CB$ $\perp CB$

Графическим решением ω_3 определим неизвестные по модулю ускорения a_B^{ex} и a_B^{en} , и их истинные направления.

$$\sqrt{a} = \frac{1}{10} = 0,1 \frac{\text{m/s}}{\text{mm}}$$



Замерим и укажем на масштаб

$$a_B^e = 3,1 \cdot 0,1 = 0,31$$

$$a_B^n = 3,5 \cdot 0,1 = 0,35$$

$$a_B^e = 3,7 \cdot 0,1 = 0,37$$

Теперь можем определить значения углового ускорения a_e кривой 3.

$$a_e = \frac{a_B^e}{BC} = \frac{0,31}{0,94} = 0,33$$

$$\frac{\pi b_2}{CB} = \frac{\pi d}{CD} \Rightarrow \pi d = \frac{\pi b_2 \cdot CD}{CB}$$

$$a_D = \mu_a \cdot 7,5 = 0,1 \cdot 7,5 = 0,75$$

$$a_{s3} = \frac{a_{b3}}{2} = \frac{\mu_a \cdot \pi b_2}{2} = \frac{0,1 \cdot 0,37}{2} = 0,19 \text{ центр тяжести кривой 3}$$

вз. 2-х поводковая группа DD5E

$$\vec{a}_D = \vec{a}_D^e + \vec{a}_D^n + \vec{a}_D^{cor}$$

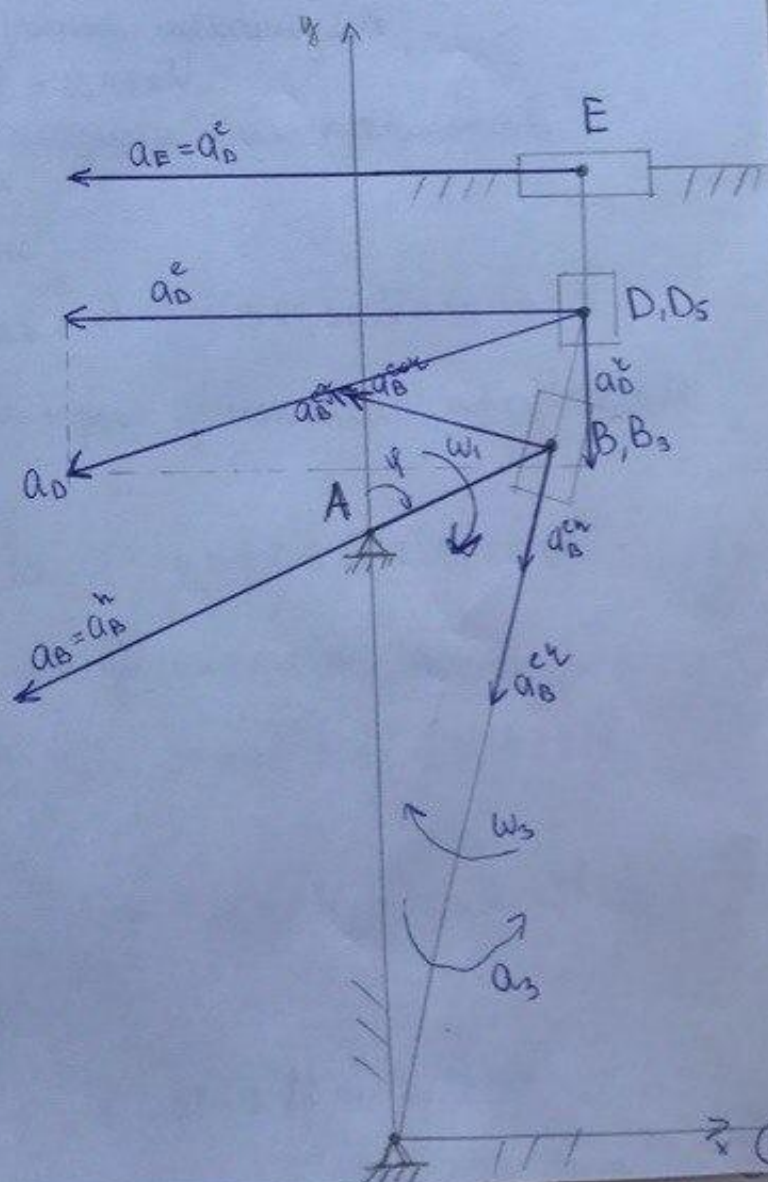
угловая скорость $\omega_s = 0$

$$\vec{a}_B^{cor} = 2\vec{\omega}_s \cdot \vec{v}_D = 2 \cdot 0 \cdot v_D^R = 0 \text{ и тогда}$$

$$\vec{a}_D = \vec{a}_D^e + \vec{a}_D^n$$

+ ? ?
+ $\parallel ED$ $\perp ED$

Графическим решением определим неизвестные по модулю ускорения a_D^n и $a_E = a_D^e$



Символьный анализ механизма.

Исходные данные.

Число предметов (заготовок), перемещаемых за один ход $e = 8$ шт.

Масса одного предмета

$$m_e = 70 \text{ kg}$$

Линейная плотность ленты

$$m'_v = 35 \text{ kg/m}$$

Приведенный коэффициент трения при движении предметов по направляющим $f_a = 0,12$

Приведенный коэффициент трения ленты по направляющим $f_v = 0,09$

Лента и кулиса имеют равномерное распределение масс. Массы ползунов 2 и 4, а также кривошипа 1 невелики, поэтому ими можно пренебречь.

Силы действующие на звенья механизма.

а) $F_{ie} = a_E \cdot e \cdot m_e = 408,8 \text{ N} = 0,41 \text{ kN}$
где a_E ($a_E = \pi e \cdot M_a$) Сила инерции от предметов.

б) Сила инерции ленты:

$$F_{iv} = a_E \cdot m_v = a_E \cdot m'_v \cdot S \cdot (2e + 3) = 388,36 \text{ N} = 0,39 \text{ kN}$$

в) Сила трения предметов при движении предметов по направляющим:

$$F_{he} = e \cdot F_{ge} \cdot f_a = e \cdot m_e \cdot g \cdot f_a = 658,6 \text{ N} = 0,66 \text{ kN}$$

г) Сила трения ленты при движении по направляющим:

$$F_{hv} = F_{gv} \cdot f_v = m'_v \cdot S \cdot (2e + 3) \cdot g \cdot f_v = 469,2 \text{ N} = 0,47 \text{ kN}$$

д) Сила веса ленты:

$$F_{gv} = m_v g = m'_v \cdot S \cdot (2e + 3) \cdot g = 5213,6 \text{ N} = 5,2 \text{ kN}$$

е) Сила веса 3-го звена:

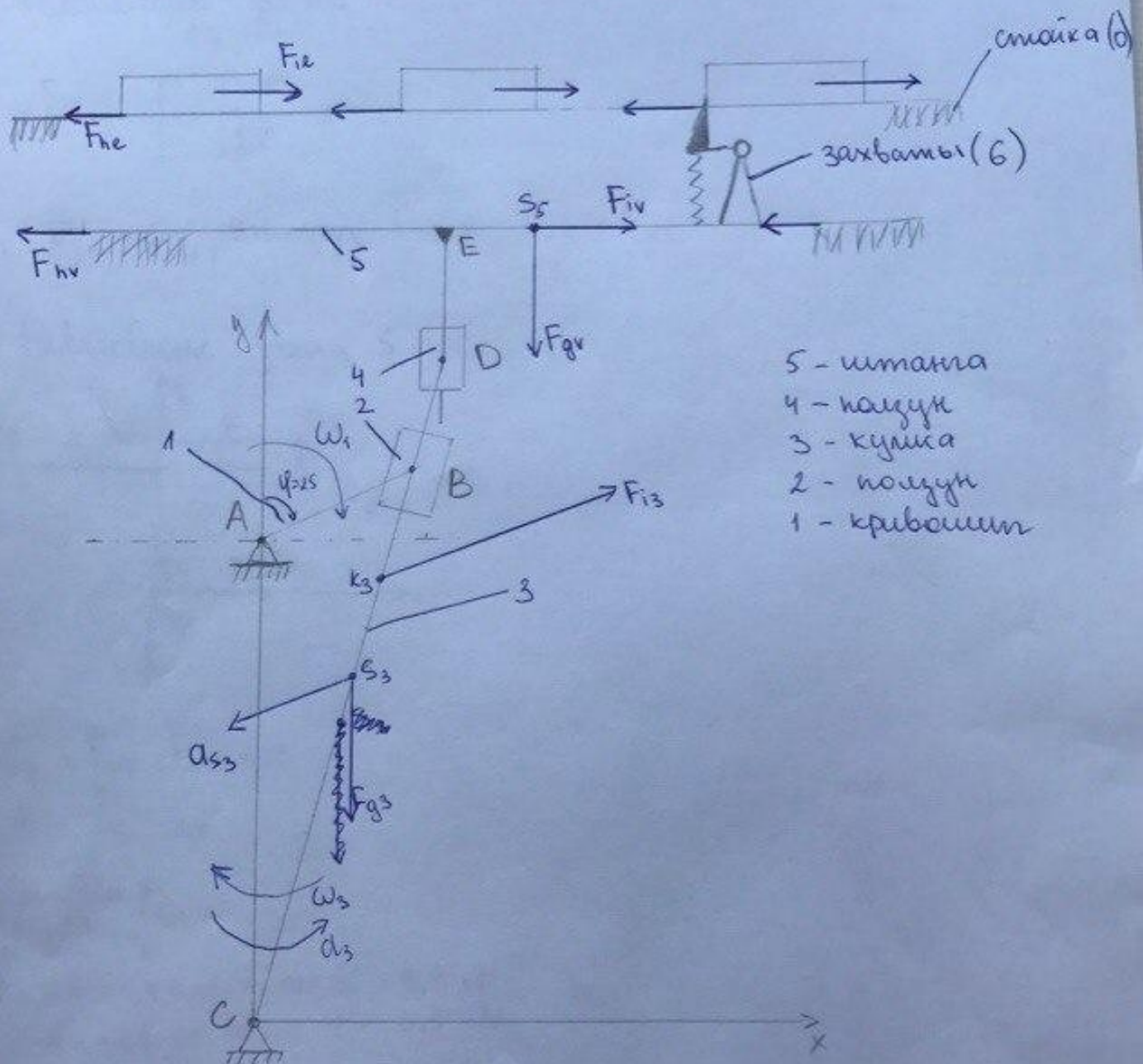
$$F_{g3} = m_3 \cdot g = m'_v \cdot l_3 \cdot g = 3875,9 \text{ N} = 3,9 \text{ kN}$$

ис) Сила инерции 3-го звена.

$$F_{i3} = m_3 \cdot a_{s3} = m'_v \cdot l_3 \cdot a_{s3} = 751,5 = 0,75 \text{ kN}$$

Приращение центра качения K_3

$$l_{CK3} = \frac{2}{3} l_{CD} = \frac{2}{3} \cdot 11,3 = 7,5$$

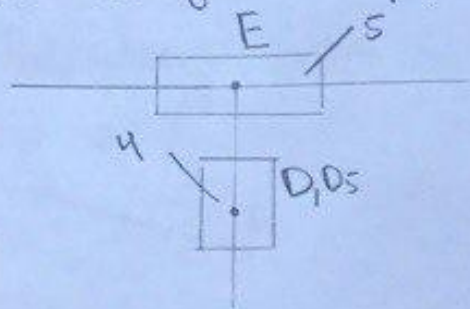


Определение ~~по~~ сил реакций в кинематических парах.

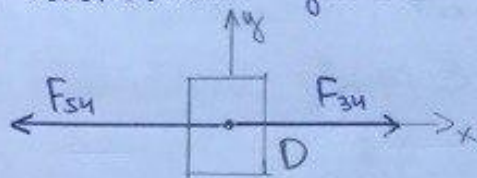
$$F_s = (\pm F_{ie} \pm F_{iv} \pm F_{he} \pm F_{hv}) = 0,41 + 0,39 + 0,66 + 0,47 = 1,93 \text{ kN}$$

$$M_F = 0,001 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

a) 2-x nobogkobaх ipyma DD₅E

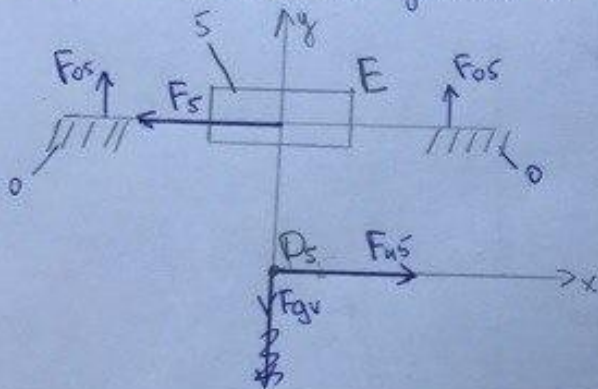


a1) Pabnoбecue збeнa 4



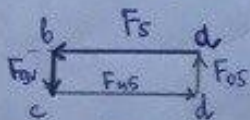
$$\bar{F}_{54} + \bar{F}_{34} = 0; \text{ omкyгa } \bar{F}_{34} = -\bar{F}_{54} = \bar{F}_{45}$$

a2) Pabnoбecue збeнa 5



$$\bar{F}_5 + \bar{F}_{qv} + \bar{F}_{45} + \bar{F}_{05} = 0$$

$\begin{matrix} + & + & ? & ? \\ \uparrow & \uparrow & \uparrow y & \uparrow x \end{matrix}$



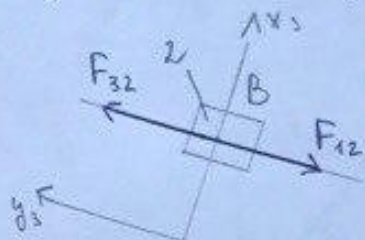
$$F_{45} = \mu_F \cdot cd = 1,9 \cdot 0,001 = 1925 \text{ N} = 1,9 \text{ kN}$$

$$F_{05} = \mu_F \cdot da = 0,5 \cdot 0,001 = 500 \text{ N} = 0,5 \text{ kN}$$

$$F_{34} = F_{45} = \mu_F \cdot cd = 1925 \text{ N} = 1,9 \text{ kN}$$

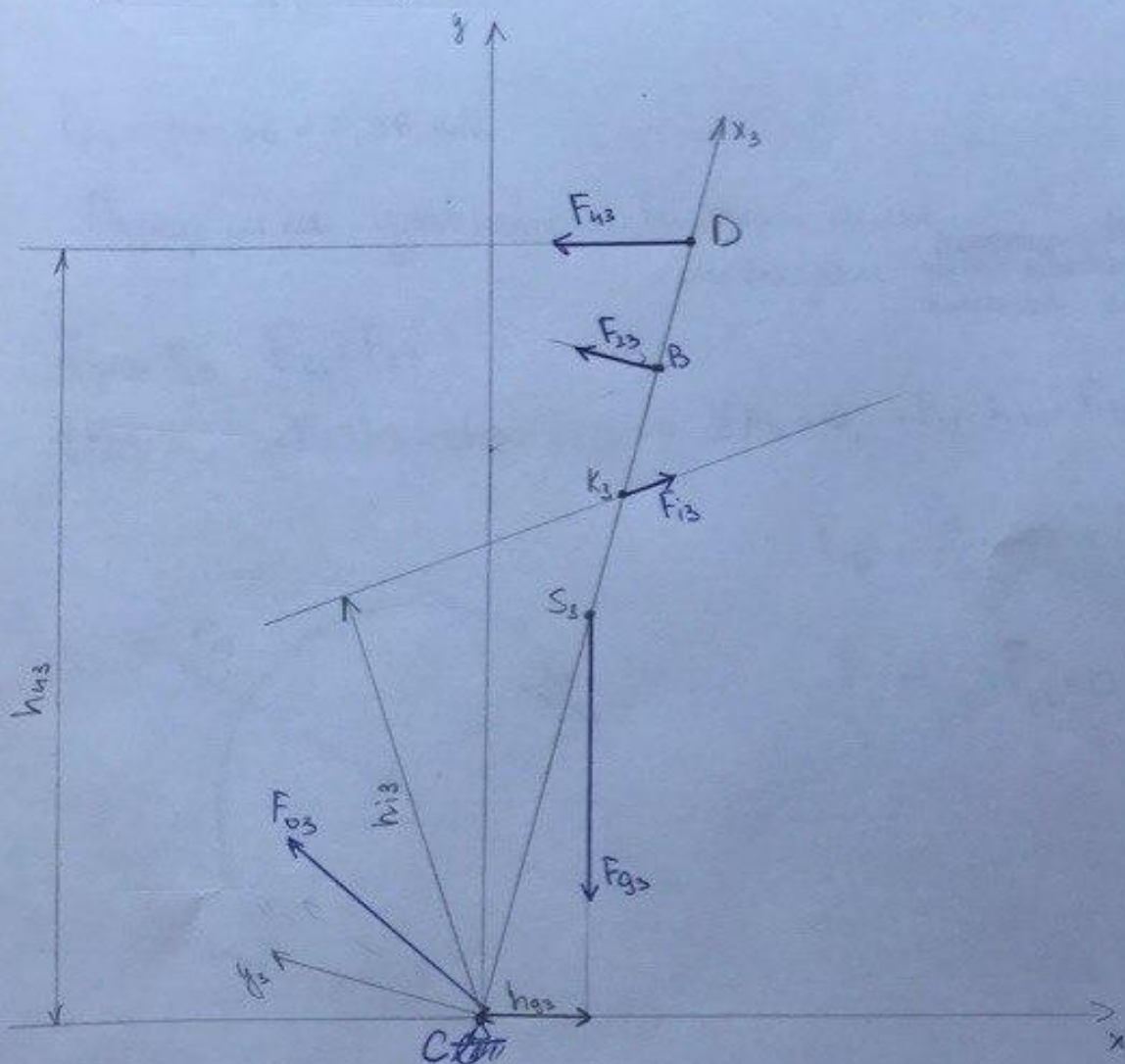
б) 2-х нитиговая пружина BB_3C

б) Равновесие звена 2.



$$\sum \bar{F} = 0; \bar{F}_{12} + \bar{F}_{32} = 0; \bar{F}_{12} = -\bar{F}_{32} = \bar{F}_{23}$$

б2) Равновесие звена 3.



$$\sum M_C = 0; \text{ m.e}$$

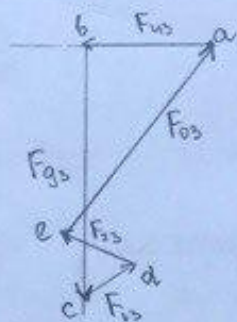
$$M_C(\bar{F}_{g3}) + M_C(\bar{F}_{23}) + M_C(\bar{F}_{13}) + M_C(\bar{F}_{43}) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -F_{g3} \cdot h_{g3} - F_{23} \cdot l_{BC} - F_{13} \cdot h_{13} + F_{43} \cdot h_{43} = 0$$

$$F_{23} = \frac{F_{g3} \cdot h_{g3} + F_{13} \cdot h_{13} - F_{43} \cdot h_{43}}{l_{BC}} = \frac{39 \cdot 15 + 7 \cdot 62 - 19 \cdot 109}{95} = -11,1 \text{ mm}$$

$$\bar{F}_2 = \bar{F}_{23}$$

$$\bar{F}_{43} + \bar{F}_{13} + \bar{F}_{23} + \bar{F}_{93} + \bar{F}_{03} = 0$$



$$F_{03} = \mu_F \cdot 36 = 0,36 \text{ kN}$$

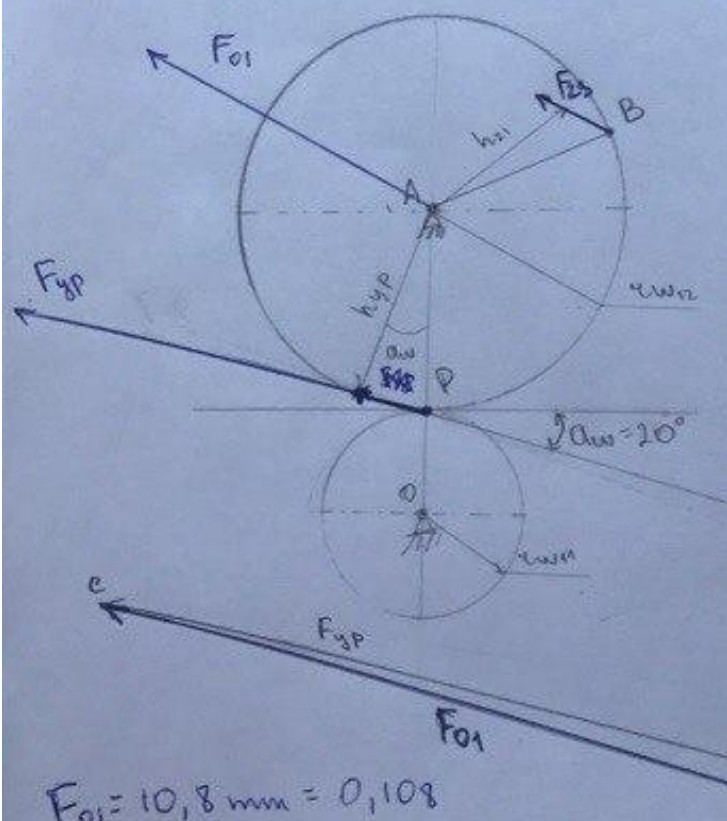
Определение уравнивающей силы ~~методом~~ ^{методом} ~~Мановского~~ ^{Мановского} ~~методом~~ ^{методом} ~~Манов~~ ^{Манов} ~~сил~~ ^{сил} ~~сил~~ ^{сил}

$$F_{21} = F_{23}$$

$\sum M_A = 0; -E_{21} \cdot h_{21} + F_{yp} \cdot h_{yp} = 0$

$$F_{yp} = \frac{F_{z1} \cdot h_{z1}}{h_{yp}} = \frac{11 \cdot 24}{27} = 9,8$$

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{yp} + \vec{F}_{g1} = 0$$



$$F_{01} = 10,8 \text{ mm} = 0,108$$

Подбор электродвигателя.

$$P_1 = (F_{21} \cdot h_{21}) \cdot \omega_1$$

$$P_1 = (110 \cdot 24 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,71 \approx 4,51 \text{ W}$$

$$P_M = \frac{P_1}{\eta_{\text{од}}} ,$$

$\eta_{\text{од}} = \eta_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{рл}}$ - общий коэффициент полезного действия привода

$\eta_{\text{пр}} = 0,93$ - коэффициент полезного действия простой ступени.

$\eta_{\text{рл}} = 0,90$ - коэффициент полезного действия планетарного редуктора.

$$P_M = \frac{P_1}{\eta_{\text{од}}} = \frac{P_1}{\eta_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{рл}}} = \frac{4,51}{0,93 \cdot 0,90} \approx 5,4 \text{ W} \approx 0,0054 \text{ kW}$$