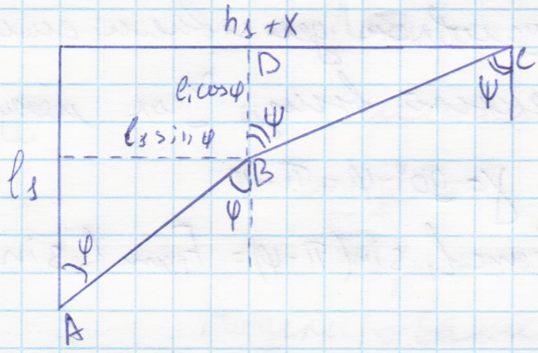


$CD = h_1 + x - l_1\sin\varphi$

$BD = l_1 - l_1\cos\varphi$

$BC = \sqrt{BD^2 + CD^2} = \sqrt{(l_1 - l_1\cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1\sin\varphi)^2}$

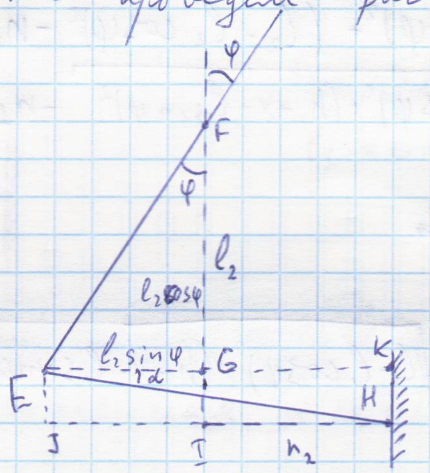
$\sin\psi = \dfrac{CD}{BC}$; $\cos\psi = \dfrac{BD}{BC}$

$$\sin\angle ABC = \sin(\pi - \psi + \varphi) = \sin(\psi - \varphi) = \sin\psi\cos\varphi - \sin\varphi\cos\psi =$$

$$= \frac{(h_1 + x - l_1\sin\varphi)\cos\varphi}{\sqrt{(l_1 - l_1\cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1\sin\varphi)^2}} - \frac{(l_1 - l_1\cos\varphi)\sin\varphi}{\sqrt{(l_1 - l_1\cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1\sin\varphi)^2}}$$

Момент силы равен $M_1 = F_{упр\,1} \cdot l_1 \sin\angle ABC$

Аналогично проведем расчет для M_2



$FG = l_2\cos\varphi$; $EG = l_2\sin\varphi$; $IH = h_2$; $IF = l_2$

$IG = l_2 - l_2\cos\varphi$

$JH = h_2 + l_2\sin\varphi$

$EJ = IG = l_2 - l_2\cos\varphi$

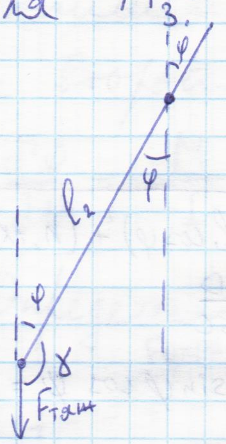
$EH = \sqrt{HJ^2 + EJ^2} = \sqrt{(h_2 + l_2\sin\varphi)^2 + (l_2 - l_2\cos\varphi)^2}$

$$\sin\angle FEH = \sin(\alpha + \pi - \varphi) = \sin(\varphi - \alpha) = \sin\varphi\cos\alpha - \sin\alpha\cos\varphi =$$

$$= \frac{(h_2 + l_1\sin\varphi)\sin\varphi}{\sqrt{(h_2 + l_2\sin\varphi)^2 + (l_2 - l_2\cos\varphi)^2}} - \frac{(l_2 - l_2\cos\varphi)\cos\varphi}{\sqrt{(h^2 + l^2\sin\varphi)^2 + (l_2 - l_2\cos\varphi)^2}}$$

$M_2 = F_{упр\,2} \cdot l_2 \sin\angle FEH$

Для M_3: Момент силы M_3 обусловлен действием силы тяжести, направленной вниз. Угол между ней и плечом равен $\gamma = 90° - \varphi = \pi - \varphi$.



$$M_3 = F_{тяж} \cdot l_2 \cdot \sin\gamma = F_{тяж}\, l_2 \sin(\pi-\varphi) = F_{тяж}\, l_2 \sin\varphi.$$

7. Определим величины сил:

$$F_{тяж} = m g$$

$$F_{упр1} = k_1 \Delta_1 = k_1 \cdot \left(\sqrt{(l_1 - l_1\cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1\sin\varphi)^2} - h_1\right)$$

$$F_{упр2} = k_2 \Delta_2 = k_2 \cdot \left(\sqrt{(h_2 + l_2\sin\varphi)^2 + (l_2 - l_2\cos\varphi)^2} - h_2\right)$$

$$F_1 = F_{упр1}\sin\varphi = k_1\left(\sqrt{(l_1 - l_1\cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1\sin\varphi)^2} - h_1\right) \times \frac{h_1 + x - l_1\sin\varphi}{\sqrt{(l_1 - l_1\cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1\sin\varphi)^2}}$$

и моментов сил:

$$M_1 = F_{упр1} \cdot \sin\angle ABC \cdot l_1 = l_1 k_1\left(\sqrt{(l_1 - l_1\cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1\sin\varphi)^2} - h_1\right) \times \frac{(h_1 + x)\cos\varphi - l_1\sin\varphi}{\sqrt{(l_1 - l_1\cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1\sin\varphi)^2}}$$

$$M_2 = F_{упр2} \cdot \sin\angle FEH \cdot l_2 = l_2 k_2\left(\sqrt{(h_2 + l_2\sin\varphi)^2 + (l_2 - l_2\cos\varphi)^2} - h_2\right) \times \frac{h_2 + l_2 - l_2\cos\varphi}{\sqrt{(h_2 + l_2\sin\varphi)^2 + (l_2 - l_2\cos\varphi)^2}}$$

$$M_3 = m g\, l_2 \sin\varphi$$

8. Запишем дифференциальные уравнения:

$$\begin{cases} \dfrac{d^2x}{dt^2} = \dfrac{F_1}{m_1} \\ \dfrac{d^2\varphi}{dt^2} = \dfrac{M_1 + M_2 + M_3}{I} \end{cases}$$

Преобразуем систему к системе 1 ОДУ и подставим величины:

$$
\begin{cases}
\dfrac{dx}{dt} = v \\[2mm]
\dfrac{dv}{dt} = \dfrac{k_1}{m_1} \cdot \left(\sqrt{(l_1 - l_1 \cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1 \sin\varphi)^2} - h_1 \right) \cdot \dfrac{h_1 + x - l_1 \sin\varphi}{\sqrt{(l_1 - l_1 \cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1 \sin\varphi)^2}} \\[2mm]
\dfrac{d\varphi}{dt} = \omega \\[2mm]
\dfrac{d\omega}{dt} = \dfrac{m g l_2 \sin\varphi}{I} + \dfrac{l_2 k_2}{I} \left(\sqrt{(h_2 + l_2 \sin\varphi)^2 + (l_2 - l_2 \cos\varphi)^2} - h^2 \right) \times \\
\quad \times \dfrac{h_2 + l_2 - l_2 \cos\varphi}{\sqrt{(h_2 + l_2 \sin\varphi)^2 + (l_2 - l_2 \cos\varphi)^2}} + \dfrac{l_1 k_1}{I} \left(\sqrt{(l_1 - l_1 \cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1 \sin\varphi)^2} - \right. \\
\quad \left. - h_1 \right) \cdot \dfrac{(h_1 + x) \cos\varphi - l_1 \sin\varphi}{\sqrt{(l_1 - l_1 \cos\varphi)^2 + (h_1 + x - l_1 \sin\varphi)^2}}
\end{cases}
$$