

Курсовая работа по теоретической механике

Тема: Динамика кулисного механизма

Студентка: Обоскалова В.Д.

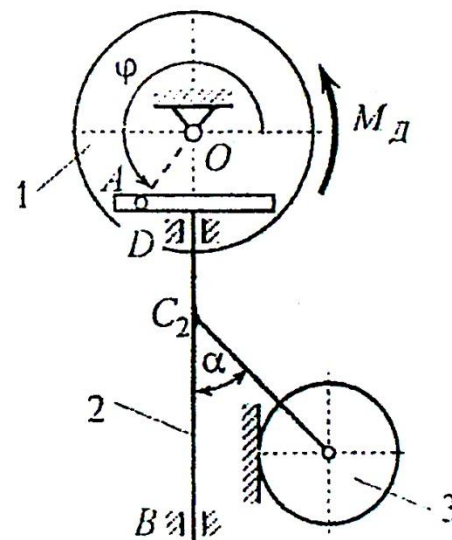
Группа: М-220301

Вариант: 2203016

Преподаватель: Штерензон В.А.

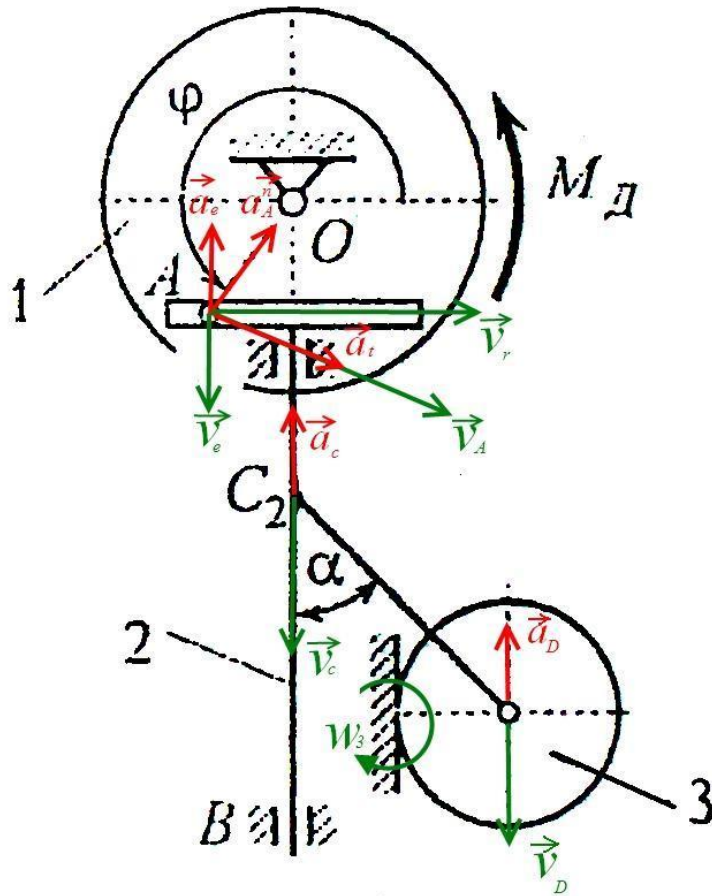
Расчетная схема и исходные данные

- Кулисный механизм, состоящий из маховика 1, кулисы 2 и катка 3, расположен в горизонтальной плоскости и приводится в движение из состояния покоя вращающим моментом, создаваемым электродвигателем. Исходные данные представлены в таблице ниже.



$R_1, \text{ м}$	$OA, \text{ м}$	$m_1, \text{ кг}$	$m_2, \text{ кг}$	$m_3, \text{ кг}$	$M_d, \text{ Н·м}$	$\rho_3, \text{ м}$	$R_3, \text{ м}$	$\varphi^*, \text{ рад}$
0,36	0,24	57	17	16	11	0,18	0,36	$5\pi/4$

Кинематический анализ механизма



$$v_A = OA \cdot \omega_{OA}$$

$$v_{c2} = v_e = OA \cdot \omega_{OA} \cdot \cos \varphi$$

$$v_D = v_{c2} = OA \cdot \omega_{OA} \cdot \cos \varphi$$

$$\omega_3 = \frac{v_D}{R_3} = \frac{OA \cdot \omega_{OA} \cdot \cos \varphi}{R_3}$$

$$\omega_{OA};$$

$$v_A = OA \cdot \omega_{OA}$$

$$\begin{matrix} \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow \\ a_A = a_e + a_r \end{matrix}$$

$$a_e = v_e = (v_A \cdot \cos \varphi) = (OA \cdot \omega_{OA} \cdot \cos \varphi) = (OA \cdot \varepsilon_{OA} \cdot \cos \varphi + OA \cdot \omega_{OA}^2 \cdot (-\sin \varphi))$$

$$a_r = v_r = (v_A \cdot \sin \varphi) = (OA \cdot \omega_{OA} \cdot \sin \varphi) = (OA \cdot \varepsilon_{OA} \cdot \sin \varphi + OA \cdot \omega_{OA}^2 \cdot \cos \varphi)$$

$$v_e = v_A \cdot \cos \varphi = OA \cdot \omega_{OA} \cdot \cos \varphi$$

$$v_{c2} = v_e = OA \cdot \omega_{OA} \cdot \cos \varphi$$

$$v_D = v_{c2} = OA \cdot \omega_{OA} \cdot \cos \varphi$$

$$a_{c2} = v_{c2} = OA(\varepsilon_{OA} \cdot \cos \varphi - \omega_{OA}^2 \cdot \sin \varphi)$$

$$a_D = v_D = OA(\varepsilon_{OA} \cdot \cos \varphi - \omega_{OA}^2 \cdot \sin \varphi)$$

$$\omega_3 = \frac{v_D}{R_3} = \frac{OA \cdot \omega_{OA} \cdot \cos \varphi}{R_3}$$

$$\varepsilon_3 = \omega_3 = \frac{OA}{R_3}(\varepsilon_{OA} \cdot \cos \varphi - \omega_{OA}^2)$$

Определение угловой скорости и углового ускорения маховика

Кинетическая энергия системы:

$$T - T_0 = \sum A_S^e + \sum A_S^i; \quad T_0 = 0; \quad A_S^i = 0;$$

Кинетическую энергию механизма находим как сумму кинетических энергий его звеньев:

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

Кинетическая энергия вращающегося маховика: $T_1 = \frac{I_1 \omega_1^2}{2}$

$I_1 = \frac{m_1 R_1^2}{2}$ – момент инерции маховика относительно оси вращения.

Кинетическая энергия поступательно движущейся кулисы:

$$T_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_2}{2} (\dot{\varphi} OA \cos \varphi)^2$$

Кинетическая энергия катка, совершающего плоское движение:

$$T_3 = \frac{m_3 v_D^2}{2} + \frac{I_{DZ} \omega_3^2}{2} = \frac{m_3}{2} (\rho_3 OA \cos \varphi)^2 + \frac{I_3}{2} \left(\frac{1}{R_3} \rho_3 OA \cos \varphi \right)^2$$

$$I_3 = m_3 \rho_3^2 \quad - \text{момент инерции маховика относительно оси вращения.}$$

Суммируя, получаем:

$$T = \frac{I_{np}(\varphi) \dot{\varphi}^2}{2}, \quad \text{где}$$

$$I_{np} = \frac{m_1 R_1^2}{2} + (m_2 + m_3) \frac{(R_3^2 + \rho_3^2)}{R_3^2} (OA \cos \varphi)^2 \quad \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_{np} = \frac{57 \cdot 0,36^2}{2} + (17 + 16) \frac{(0,18^2 + 0,18^2)}{0,18^2} \cdot (0,24 \cos(5\pi / 4))^2 = 16,14 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}$$

– приведенный к ведущему звену момент инерции.

$$\sum A_S^e = M_{\text{д}} \varphi; \quad M_{\text{д}} = \text{const}$$

$$\frac{1}{2} I_{np}(\varphi) \cdot \left(\ddot{\varphi} \right)^2 = M_{\text{д}} \cdot \varphi$$

$$\ddot{\varphi} = 5,62 \text{ рад} / \text{с}^2$$

Определение углового ускорения:

$$\frac{1}{2} I_{np}(\varphi) \cdot \left(\ddot{\varphi} \right)^2 = M_{\text{д}} \cdot \varphi \quad \left| \frac{d}{dt} \right.$$

$$\frac{1}{2} \cdot \left[\frac{dI_{np}}{dt} \cdot \left(\ddot{\varphi} \right)^2 + I_{np}(\varphi) \cdot 2 \cdot \ddot{\varphi} \cdot \ddot{\varphi} \right] = M \cdot \ddot{\varphi}$$

$$\frac{dI_{np}}{dt} = -(m_2 + m_3 \cdot \frac{R_3^2 + \rho_3^2}{R_3^2}) \cdot l^2 \cdot \omega \cdot \sin(2\varphi) = -15,86 \quad \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}$$

$$\ddot{\varphi} = 6,78 \text{ рад} / \text{с}^2$$

Определение сил - использование принципа Даламбера

- Определение реакций внешних и внутренних связей в положении φ^*

Записывая условие уравновешенности плоской системы внешних сил,

$$\sum F_{kx} = 0; \quad N_2 = 0,$$

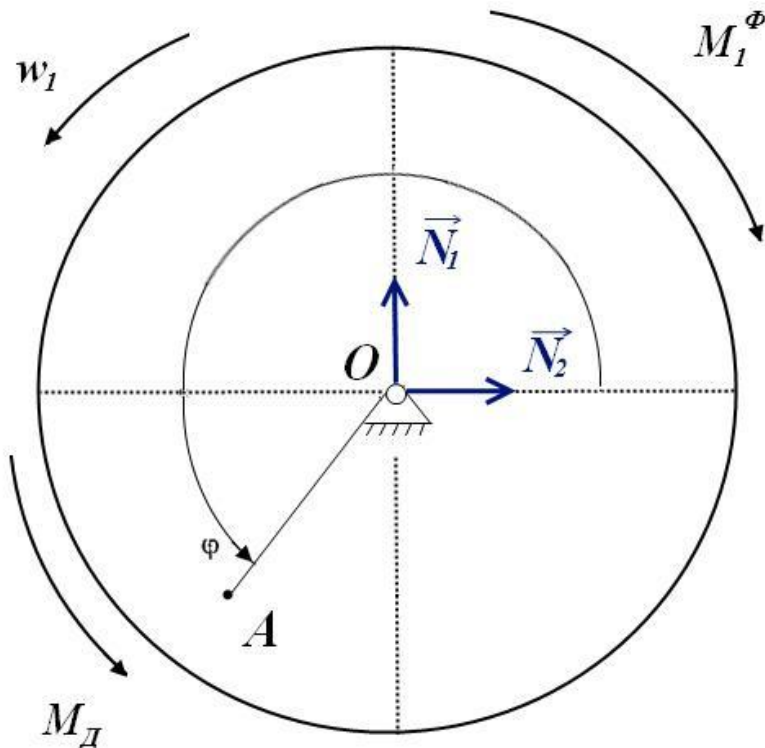
$$\sum F_{ky} = 0; \quad N_1 + N_A = 0,$$

$$\sum m_O(\vec{F}_k) = 0; \quad M_D - M_1^\varphi - N_A \cdot OA \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

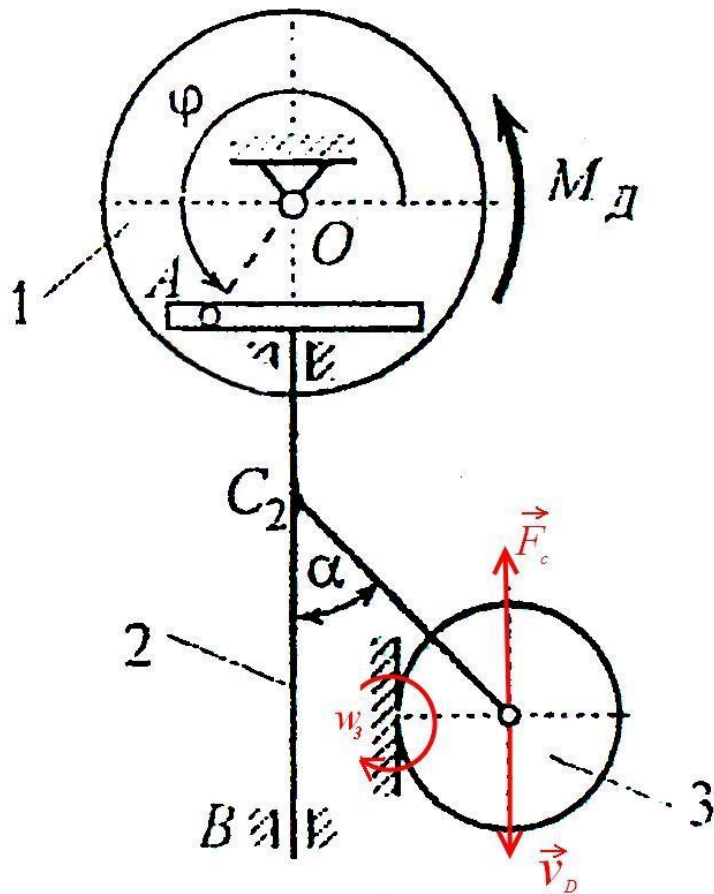
находим

$$N_A = 235,456 H$$

$$N_1 = -N_A = -235,456 H$$



- Определение силы уравнивающей кулисный механизм - использование принципа возможных перемещений



$$\sum \vec{F}_S \cdot \delta \vec{r}_S = 0$$

$$M_D \delta \varphi_{OA} - F \delta S_D = 0$$

$$\delta S_D = l \cdot \delta \varphi_{OA} \cdot \cos \varphi$$

$$F = 383,07 \text{ H}$$

Любая сила, имеющая такую проекцию на ось уравнивает действие вращательного момента.

Уравнение движения ведущего звена

- Методы получения дифференциального уравнения:

$$a) \frac{dT}{dt} = \sum N_s^e + \sum N_s^i$$

$$I_{np} = 16,14 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$б) dT = \sum dA_s^e + \sum dA_s^i$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 90,7$$

$$в) \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_\varphi - \text{уравнение Лагранжа второго рода}$$

$$\frac{dI_{np}}{dt} = 15,86 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}$$

$$T = \frac{1}{2} \cdot I_{np}(\varphi) \cdot (\dot{\varphi})^2; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = I_{np}(\varphi);$$

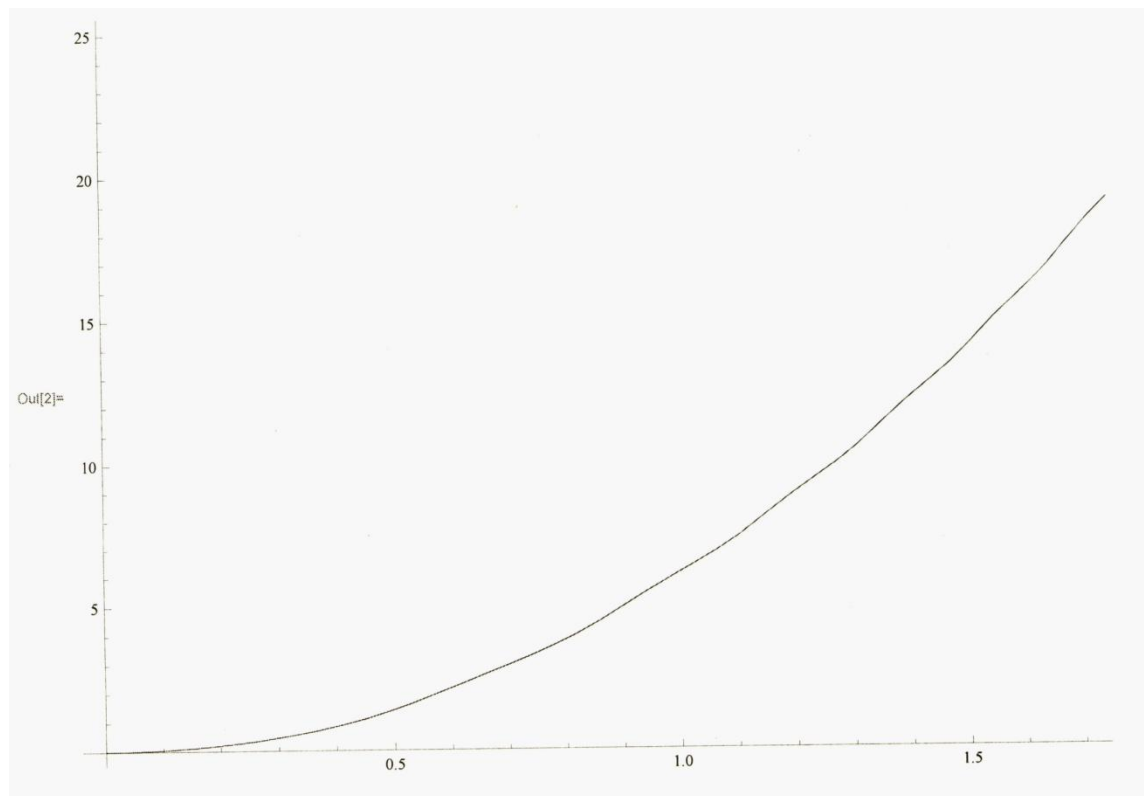
$$\frac{dT}{dt} = 865,46$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = \frac{dI_{np}(\varphi)}{dt} \cdot (\dot{\varphi})^2 + I_{np}(\varphi) \cdot \ddot{\varphi}; \quad \frac{\partial T}{\partial \varphi} = \frac{1}{2} \frac{\partial I_{np}(\varphi)}{\partial \varphi} \cdot \dot{\varphi};$$

$$г) I_{np}(\varphi) \cdot \ddot{\varphi} + \frac{1}{2} \frac{\partial I_{np}(\varphi)}{\partial \varphi} \cdot (\dot{\varphi})^2 = M_D - \text{уравнение движения машины}$$

- Все вышеприведенные уравнения сводятся к уравнению:

$$(3,694 + 2,822 \cdot \cos^2 \varphi) \cdot \varphi - 1,411 \cdot \sin 2\varphi \cdot (\varphi)^2 = 65$$



- **Полученные результаты:**

$\omega_1, \text{рад}/\text{с}$	$\varepsilon_1, \text{рад}/\text{с}^2$	N_1, H	N_2, H	N_A, H	F_{yp}, H
5,62	6,78	235,456	0	235,456	383,07

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!