

Задание на выполнение курсовой работы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФГБОУ ВПО УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технической механики и оборудования целлюлозно-бумажных
производств
Дисциплина «Теоретическая механика»

КУРСОВАЯ РАБОТА

**«СТАТИКА, КИНЕМАТИКА И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

Направление – 190100.62

«Наземные транспортно-технологические комплексы»

Профиль – «Автомобиле - и тракторостроение»

Квалификация - бакалавр

Количество зачётных единиц (Трудоёмкость, час) – 5(180)

Выполнил: студент гр.

Проверил: доц. каф. ТМ и ОЦБП
Раевская Л.Т.

Екатеринбург 2015 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФГБОУ ВПО УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Направление

Кафедра технической механики и
оборудования целлюлозно-бумажных
производств

190100

«Наземные транспортно-
технологические комплексы»

Дисциплина
Теоретическая механика

ЗАДАНИЕ

На курсовую работу «**СТАТИКА, КИНЕМАТИКА И ДИНАМИЧЕСКИЙ
АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**»

Студенту гр. _____

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Расчет нагрузок и реакций опор реакции опор составной конструкции.
Проверка расчета, уравнение для моментов и силовой многоугольник.

Задание 1. Вариант _____

2. Расчет реакций опор подъемного механизма конструкции с учетом сил сцепления. Вычисление величины необходимой для равновесия силы P .

Задание 2. Вариант _____

3. Расчет координат центра тяжести стержневой системы.

Задание 3. Вариант _____

4. Определение всех кинематических характеристик материальной точки, движение которой задано в координатной форме.

Задание 4. Вариант _____

5. Получить уравнения движения груза. Найти все линейные и угловые кинематические характеристики звеньев передаточного механизма.

Задание 5. Вариант _____

6. Провести кинематический анализ кривошипно-шатунного и многозвенного механизмов. Вычислить скорости отдельных точек звеньев по плану скоростей и с помощью мгновенного центра скоростей.

Задание 6. Вариант _____

7. Определение динамических характеристик плоского механизма. Исследовать движение системы несколькими методами, с целью приобретения навыка расчета задач динамики.

Задание 7. Вариант _____

Образец задания для теоретической части курсовой работы

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Вариант 1.

1. Статика.

Аксиомы статики.

Теорема о трех непараллельных силах, лежащих в плоскости.

Условия равновесия системы сходящихся сил

Типы опор, связей и реакций связей.

Принцип освобожденности от связей.

2. Кинематика.

Способы задания движения.

Скорость точки.

Ускорение точки.

План скоростей.

Мгновенный центр скоростей (МЦС). Примеры определения МЦС.

Ускорение точек плоской фигуры.

3. Динамика.

Возможные перемещения системы. Число стержней свободы.

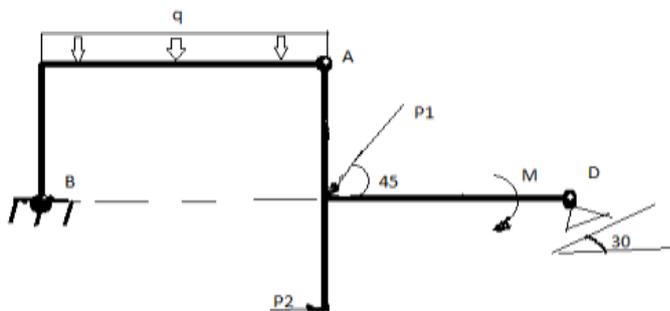
Принцип возможных перемещений.

Общее уравнение динамики.

Пример выполнения расчетной части курсовой работы

4. Расчетная часть

Задача 1



Дано:

$$P1=10$$

$$P2=15$$

$$M=18$$

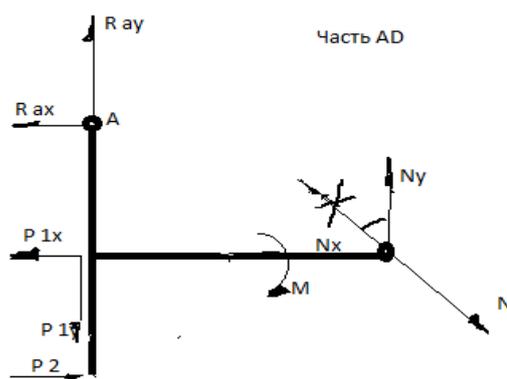
$$q=2.3$$

Найти:

$$R_{Ax}, R_{Ay}, N,$$

$$R_{Bx}, R_{By}, M_3$$

Рассмотрим часть AD



$$P1x = P1 \cdot \cos 45 = 7 \text{ кН}$$

$$P1y = P1 \cdot \sin 45 = 7 \text{ кН}$$

$$N_x = N \cdot \sin 30 = 0.5N$$

$$N_y = N \cdot \cos 30 = 0.86N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = -2 \cdot P1x + 4 \cdot P2 - M - 2 \cdot N_x + 3 \cdot N_y = 0$$

$$-7 \cdot 2 + 15 \cdot 4 - 18 - 2 \cdot 0.5N + 2.58N = 0$$

$$15.8N = -28$$

$$N = -17.7$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_x = -R_{Ax} - P1x + P2 + N \cdot \sin 30 = 0$$

$$-R_{Ax} = P1x - P2 - N \cdot \sin 30$$

$$-R_{Ax} = 7 - 15 - 8.25$$

$$-R_{Ax} = -16.25$$

$$\sum F_y = 0$$

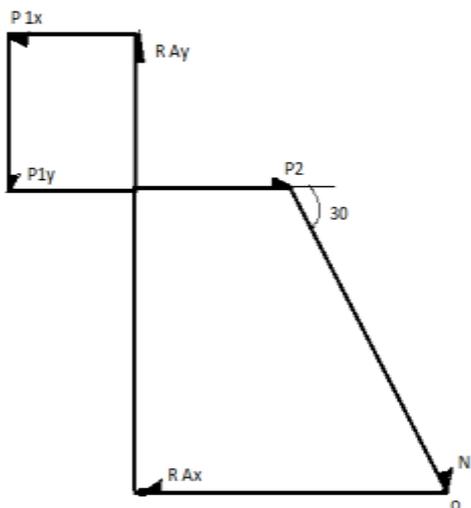
$$\sum F_y = R_{Ay} - P - N \cdot \cos 30$$

$$R_{Ay} = P + N \cdot \cos 30$$

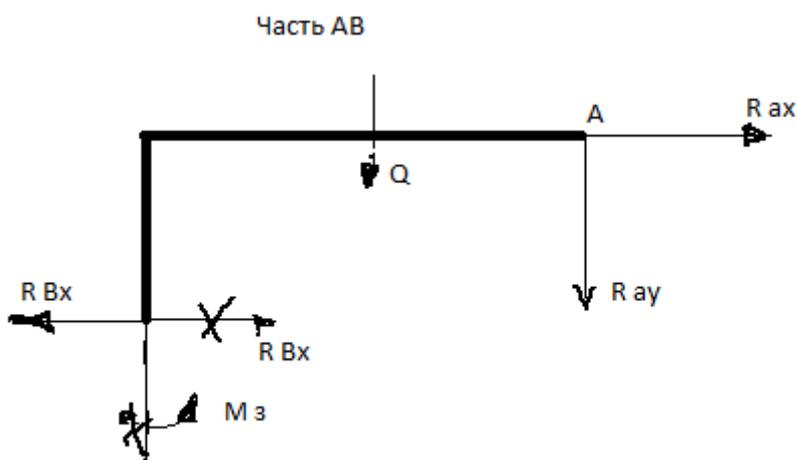
$$R_{Ay} = 7 + 15.2$$

$$R_{Ay} = 22.2$$

Проверка



Рассмотрим часть АВ



$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{Ax} + R_{Bx} = 0$$

$$16.25 + R_{Bx} = 0$$

$$R_{Bx} = -16.25$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-R_{Ay} - Q - R_{By} = 0$$

$$-22.2 - 9.2 - R_{By} = 0$$

$$R_{By} = 31.4$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_A = 2 \cdot Q - 2 \cdot R_{Bx} + R_{By} \cdot 4 - M_3$$

$$2 \cdot 9.2 - 16.25 \cdot 2 + 31.4 \cdot 4 - M_3 = 0$$

$$18.4 - 32.5 + 125.6 - M_3 = 0$$

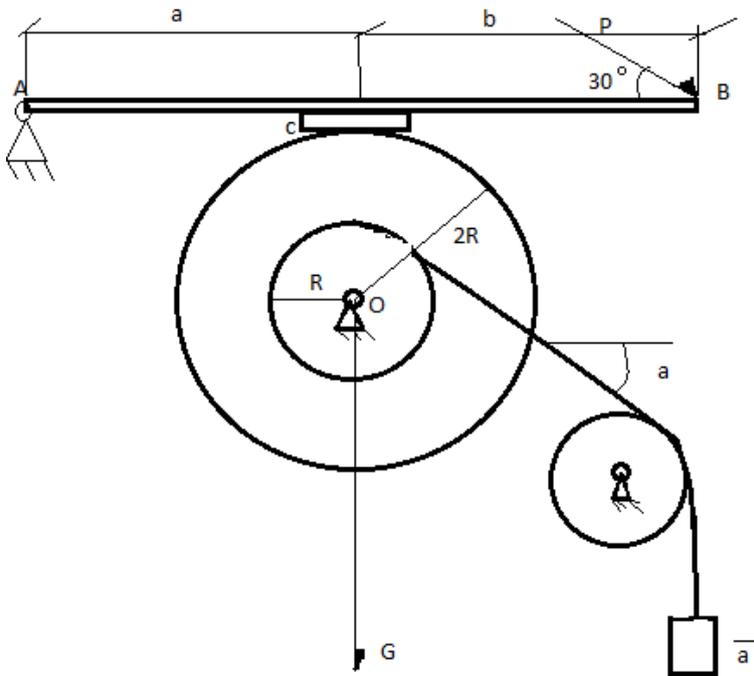
$$M_3 = -111.5$$

Проверка

$$\Sigma M_B = Q \cdot 2 + R_{Ay} \cdot 4 - R_{Ax} \cdot 2 - M_3 = 0$$

$$125.6 - 111.5 + 18.4 - 32.5 = 0$$

Задача 2



Дано:

$G=1.5$

$Q=16$

$a=0.2$

$b=0.3$

$c=0.04$

$\alpha=45$

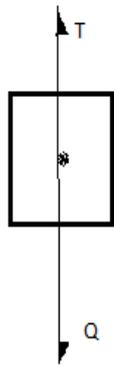
$f=0.30$

Найти:

$T, T_1, F_{\text{тр}}, N,$

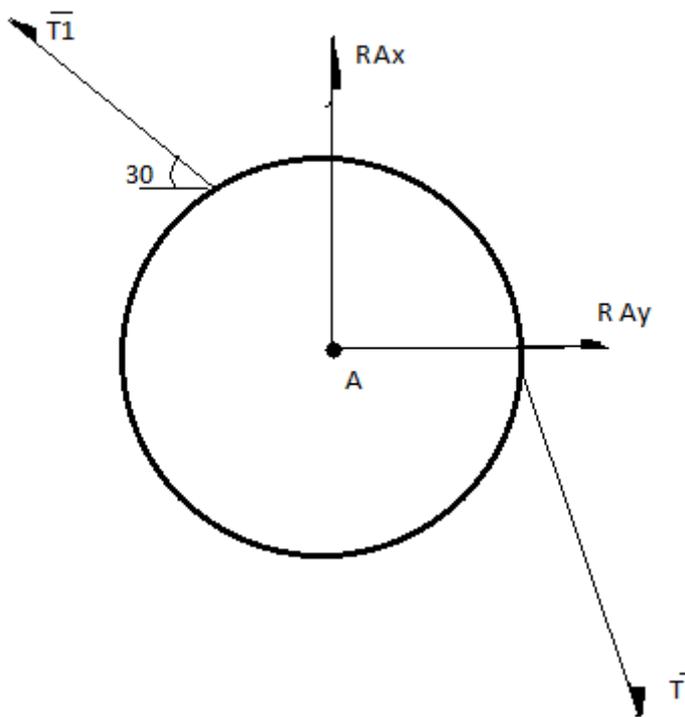
R

Рассмотрим груз



$T=Q=16 \text{ кН}$

Рассмотрим блок



$$\Sigma M=0$$

$$\Sigma M= - T*r1+T1*r1=0$$

$$T1=T=16\text{KH}$$

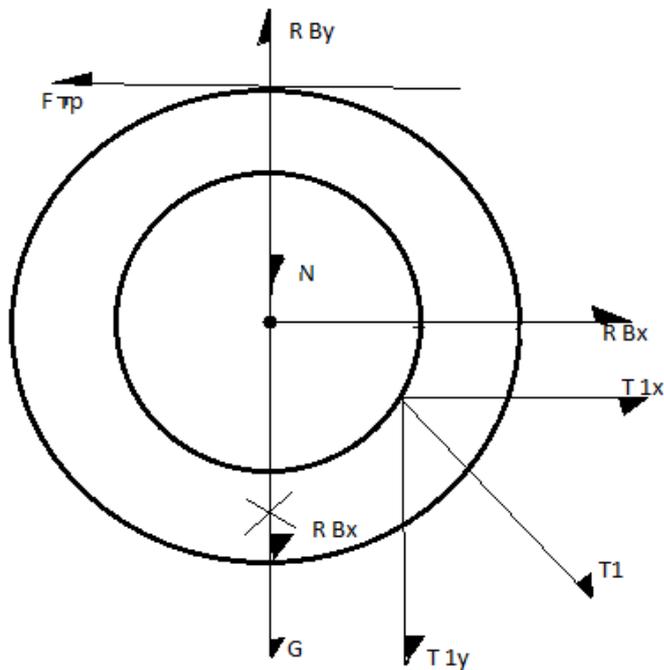
$$\Sigma Fix=Rax+T*cos 30^\circ$$

$$Rax=13.76$$

$$\Sigma Fiy=Ray-T*sin 30=0$$

$$Ray=8$$

Рассмотрим барабан



$$\Sigma Mo= -T1*R+Fmp*2R=0$$

$$-T1+2 Fmp=16$$

$$Fmp=8$$

$$N=8/0,3=26,7$$

$$\Sigma Fix=Rex+ T1x*cos45-Fmp=0$$

$$Rex+ T1*cos45-Fmp=0$$

$$Rex=16*0.7-8$$

$$Rex=3.2$$

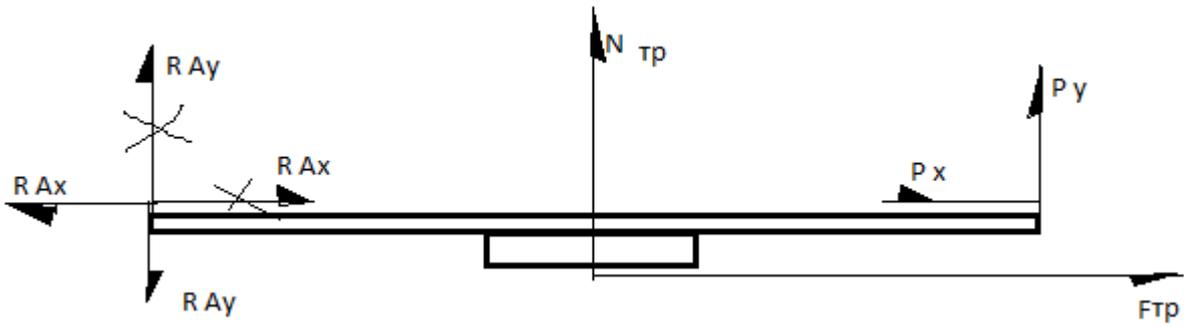
$$\Sigma Fiy= -G- Rey-N-T1y*sin45=$$

$$-1.5- Rey-26.7-16*0.7$$

$$- Rey=1.5+26.7+11.2$$

$$Rey=39.4$$

Рассмотрим тормозную колодку



$$\Sigma M_A = 0$$

$$N_{mp} * a - P * \sin 30^\circ (a+b) + F_{mp} * c = 0$$

$$26,7 * 0,2 - 0,5 * 0,5 * P + 8 * 0,04 = 0$$

$$5,34 - 0,25p + 0,32 = 0$$

$$P = 22,6$$

$$\Sigma F_{ix} = 0$$

$$R + P \cos 30^\circ + F_{mp} = 0$$

$$R_{Ax} = -22,6 * 0,86 - 8$$

$$R_{Ax} = -27,5$$

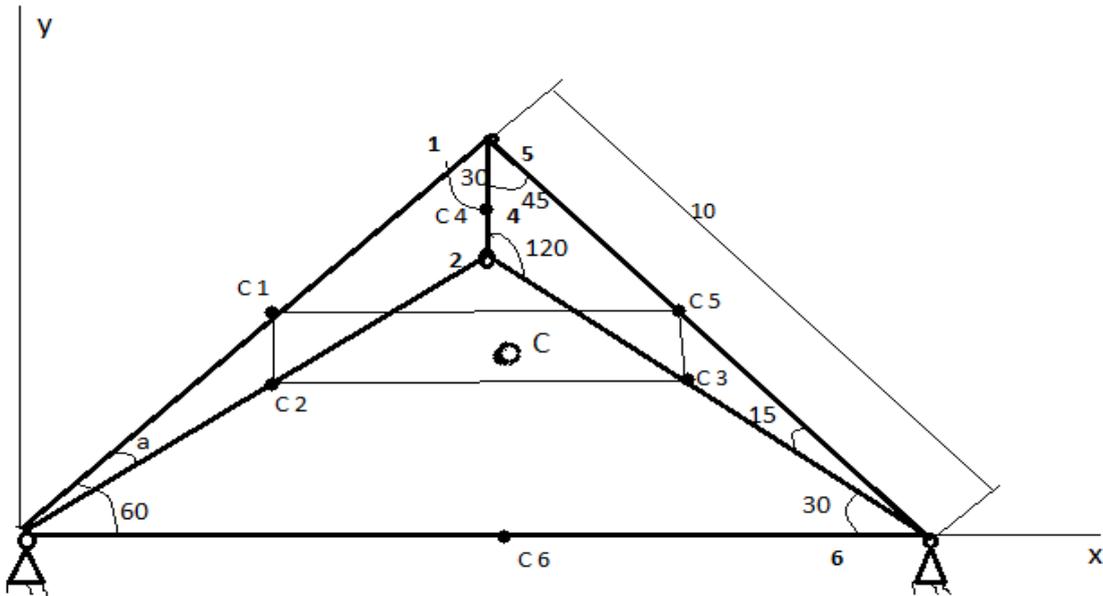
$$\Sigma F_{iy} = 0$$

$$R_{Ay} + N_{mp} - P \sin 30^\circ = 0$$

$$R_{Ay} = -26,7 + 22,6 * 0,5$$

$$R_{Ay} = -15,4$$

Задача 3



Решение:

Длины стержней :

$$L_1 = L_5 * \frac{\sin 45}{\sin 60} = 10 * 0.817 = 8.17$$

$$L_6 = L_5 * \frac{\sin 75}{\sin 60} = 10 * 1.15 = 11.15$$

$$L_3 = L_5 * \frac{\sin 45}{\sin 120} = 10 * 0.82 = 8.16$$

$$L_4 = L_5 * \frac{\sin 15}{\sin 120} = 10 * 0.29 = 2.9$$

$$L_2 = \sqrt{L_1^2 + L_4^2 - 2 * L_1 * L_4 * \cos 30} = \sqrt{8.16^2 + 2.98^2 - 2 * 8.16 * 2.9 * 0.86} = 5.72$$

Координаты центров тяжести звеньев:

$$\sin \alpha = \frac{L_4}{L_2} * \sin 30^\circ = \frac{2.98}{5.7} * 0.5 = 0.26 = 15^\circ$$

$$X_{c2} = X_{c1} = \frac{L_1}{2} * \cos 60^\circ = 2.034$$

$$X_{c5} = X_{c3} = L_6 - \frac{L_3}{2} * \cos 30^\circ = 7.6$$

$$X_{c4} = L_1 * \cos 60^\circ = 4.08$$

$$X_{c6} = \frac{L_6}{2} = 5.58$$

$$Y_{c5} = Y_{c1} = \frac{L_1}{2} * \sin 60^\circ =$$

$$Y_{c3} = X_{c3} = \frac{L_2}{2} * \sin(60^\circ)$$

$$Y_{c4} = L_1 * \sin 60^\circ - \frac{L_4}{2} =$$

$$Y_{c6} = 0$$

Координаты центра тяжести

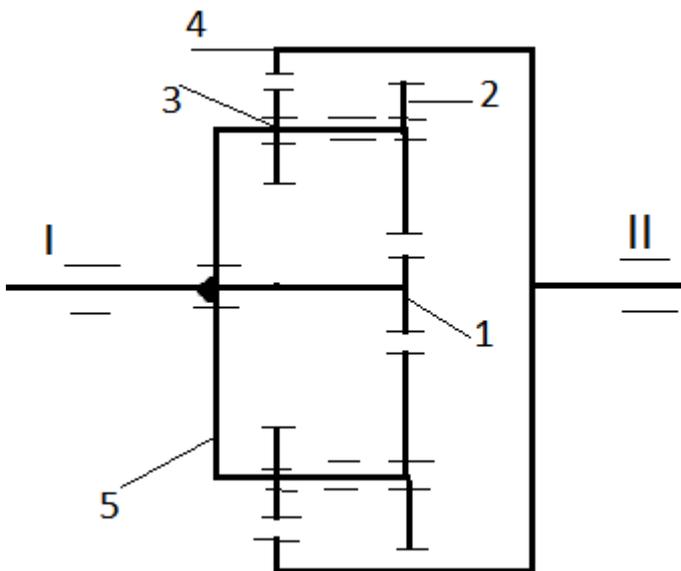
№	$X_{ci},$ м	$Y_{ci},$ м	$L_i,$ м	X_{ci} $L_{ci},$ м	$Y_{ci} L_{ci},$ м
1	2,03	3,53	8,16	16,58	28,8
2	2,03	2,04	5,73	11,63	11,7
3	7,6	2,04	8,16	62,2	16,7
4	4,08	5,58	2,98	12,20	16,7
5	7,6	3,53	10	76,19	35,36
6	5,58	0	11,15	62,2	0
Σ			42,2	241,01	109,26

$$X_c = \frac{\Sigma X_{ci} * L_i}{\Sigma L_i} = \frac{241.01}{46.2} = 5.22$$

$$Y_c = \frac{\Sigma Y_{ci} L_{ci}}{\Sigma L_i} = \frac{109.26}{46.2} = 2.37$$

C (5.22;2,37).

Задача 4



Дано:

$$r_1 = 0,15 \text{ м}$$

$$r_2 = 0,3 \text{ м}$$

$$r_3 = 0,15 \text{ м}$$

$$r_4 = 0,6 \text{ м}$$

$$\omega_1 = 240 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_6 = 40 \text{ с}^{-1}$$

Найти:

$$\omega_2$$

Решение:

$$1. \frac{\omega_1 - \omega_6}{\omega_2 - \omega_6} = \frac{r_2}{r_1}; \quad \frac{\omega_{2-3} - \omega_6}{\omega_4 - \omega_6} = \frac{r_4}{r_3}$$

$$2. \omega_{2-3} = \frac{\omega_6 * r_2 - (\omega_1 - \omega_6) * r_1}{r_2} = \frac{40 * 0,3 - (240 - 40) * 0,15}{0,3} = \frac{-18}{0,3} = -60 \text{ с}^{-1}$$

$$3. \dot{\omega}_4 = \frac{(\dot{\omega}_{2-3} - \dot{\omega}_6)r_3 + \dot{\omega}_6 r_4}{r_4} = \frac{(-60 - 40)0,15 + 40 * 0,6}{0,6} = 15 \text{ c}^{-1}$$

$$\dot{\omega}_2 = \dot{\omega}_4 = 15 \text{ c}^{-1}$$

Задача 5

Дано:

$$X=3\cos(nt/3)$$

$$Y=5\sin(nt/3)$$

$$t=3$$

Решение:

$$\cos \frac{nt}{3} = \frac{x}{3}$$

$$\sin \frac{nt}{3} = \frac{y}{5}$$

$$\implies \cos^2 \frac{nt}{3} + \sin^2 \frac{nt}{3} = \frac{x^2}{3^2} + \frac{y^2}{5^2} = 1$$

$$\frac{x^2}{3} + \frac{y^2}{5} = 1 \text{ - Эллипс}$$

$$x_c = 0$$

$$y_c = 0$$

$$a = 3$$

$$b = 5$$

$$x_1 = 3\cos \frac{3n}{3} = 3\cos * n = 3*(-1) = -3$$

$$y_1 = 5\sin \frac{3n}{3} = 5\sin * n = 0$$

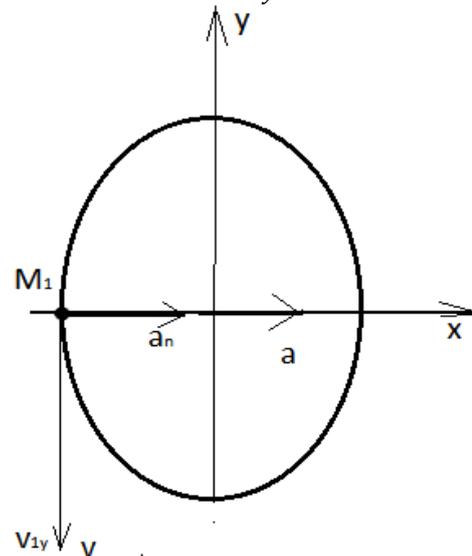
$$v_x = (3\cos \frac{nt}{3})' = -3\sin \frac{nt}{3} * \frac{n}{3} = 0$$

$$v_y = (5\sin \frac{nt}{3})' = 5\cos \frac{nt}{3} * \frac{n}{3} = 5.25$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{1^2 + 0} = 1$$

M1 (-3;0)

$$v_x = 0, v_y = -5.25$$



$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = (-3\sin \frac{nt}{3} * \frac{n}{3})' = -3\cos \frac{nt}{3} * \frac{1}{3} = -3\cos n * \frac{1}{3} = -3*(-1) * \frac{1}{3} = 1$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = (-\sin \frac{nt}{3} * \frac{1}{3})' = -5\sin n * \frac{1}{3} = -5*0 * \frac{1}{3} = 0$$

$$a_j = \frac{v_x * a_x + v_y * a_y}{v} = \frac{0*1 + 0*(-5.25)}{5.25} = 0$$

$$a_N = \sqrt{a^2 + a_j^2} = \sqrt{1^2} = 1$$

$$R = a_N * v^2 = 27.6$$

Задача 6

Дано:

$$\varphi_3(t) = 0.5 t^3 - 2t^2$$

$$R_2 = 0.2 \text{ м}$$

$$r_2 = 0.15 \text{ м}$$

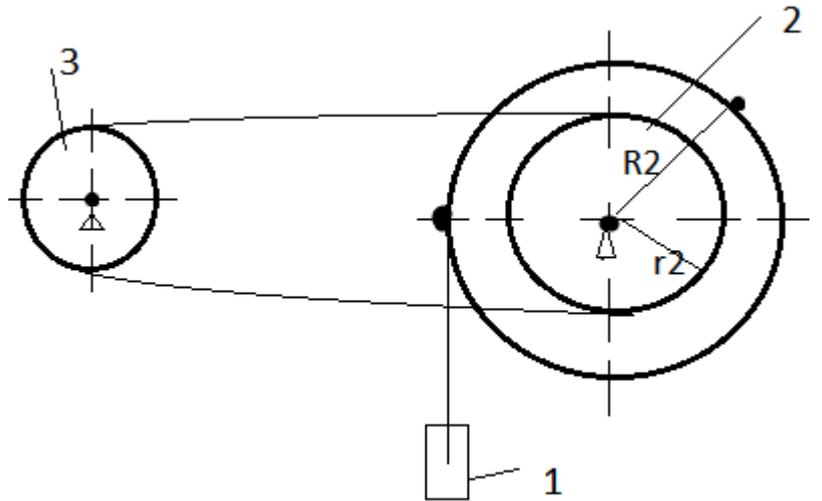
$$R_3 = 0.1 \text{ м}$$

$$t = 2 \text{ с}$$

Найти: $a_2, v_1, \omega_2, \varepsilon_2, \omega_3, \varepsilon_3,$

$$v_M, a_M^N,$$

$$a_M^J$$



$$\phi = 0.5 t^3 - 2t^2$$

$$\omega_3(t) = 3 \cdot 0.5 t^2 - 2 \cdot 2t$$

$$v = 1.5 \cdot 2^2 - 2 \cdot 2 \cdot 2 = 6 - 8 = -2$$

$$\varepsilon_3(t) = 2 \cdot 1.5t - 4 = 3t - 4 = 6 - 4 = 2$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{R_3}{r_2}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_3 R_3}{r_2} = \frac{2 \cdot 0.1}{0.15} = \frac{0.2}{0.15} = 1.3 \text{ с}^{-1}$$

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_3} = \frac{R_3}{r_2}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_3 R_3}{r_2} = \frac{2 \cdot 0.1}{0.15} = 1.3$$

$$v_A = R_2 \omega_2 = 1.3 \cdot 0.2 = 0.26$$

$$v_M = v_A = v_1$$

$$a_M^N = \omega_2^2 \cdot R_2 = 1.3^2 \cdot 0.2 = 0.33$$

$$a_M^J = \varepsilon_2 R_2 = 1.3 \cdot 0.2 = 0.26$$

Задача 7

Дано:

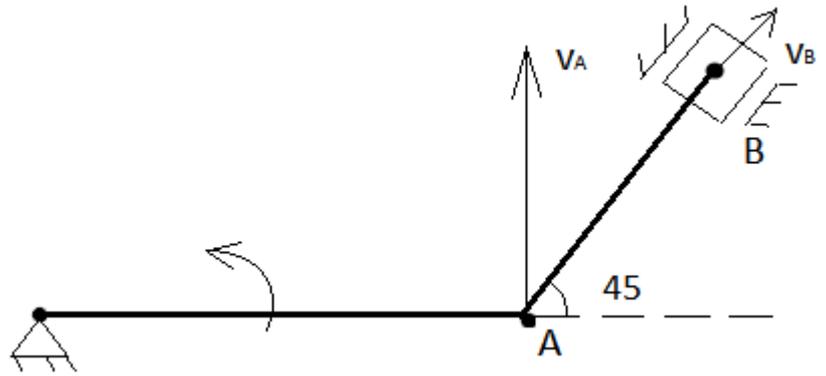
$$\dot{\omega}_{OA} = 2 \text{ м/с}^{-1}$$

$$AB = 0.4 \text{ м}$$

$$AC = CB = 0.3 \text{ м}$$

Найти:

$$v_A, v_B, v_C$$



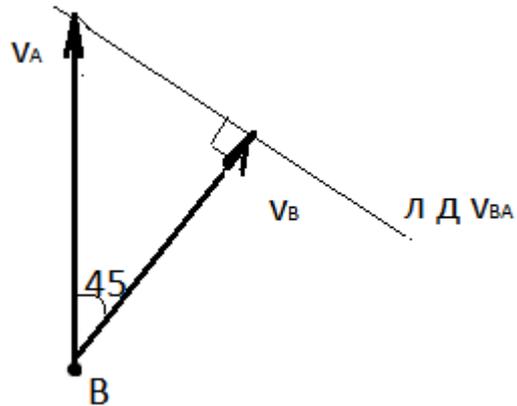
1. $v_A = \dot{\omega}_{OA} * OA = 0.4 * 2 = 0.8 \text{ м/с}$

2. $v_B = v_A + v_{BA}$
 $\perp BA$
 $\dot{\omega}_{BA} * BA$

$$0.8 = a\sqrt{2}$$

$$a = 0.57$$

$a = v_B = v_{BA}$, т к треугольник равнобедренный



3.

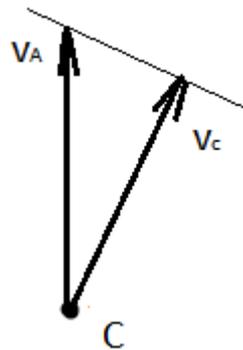
$$v_{BA} = \dot{\omega}_{BA} * BA \implies \dot{\omega}_{BA} = \frac{v_{BA}}{BA}$$

$$\dot{\omega}_{BA} = \frac{0.57}{0.6} = 0.95 \text{ с}^{-1}$$

4. $v_C = v_A + v_{CA}$
 $\perp CA$
 $\dot{\omega}_{BA} * CA$

$$\dot{\omega}_{BA} = \dot{\omega}_{CA}$$

$$v_{CA} = \dot{\omega}_{BA} * CA = 0.95 * 0.3 = 0.285 \text{ м/с}$$



5. $v_C = \sqrt{v_A^2 + v_{CA}^2 + 2v_A * v_{CA} * \cos 45^\circ} = \sqrt{0.64 + 0.081 - 0.319} = \sqrt{0.4022} = 0.63 \text{ м/с}$

Задача 7 проверка

$$v_A = \omega_{OA} * OA = 0.4 * 2 = 0.8 \text{ m/c}$$

$$v_C = \omega_{BA} * CC_v$$

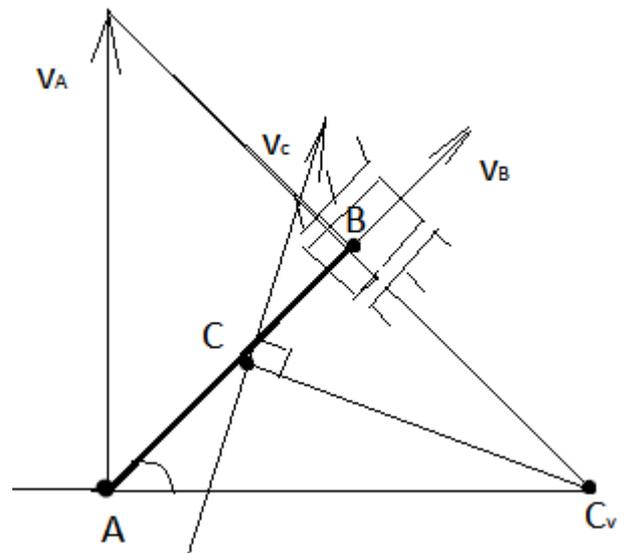
$$v_C = v_A + v_{CA}$$

$$\perp CA$$

$$\omega_{BA} * CA$$

$$CC_v = \sqrt{0.6^2 + 0.3^2} = \sqrt{0.36 + 0.09} = 0.67$$

$$v_C = \omega_{BA} * CC_v = 0.67 * 0.95 = 0.63$$



Задача 8

Дано:

$$m_1 = 200 \text{ кг}$$

$$m_2 = 100 \text{ кг}$$

$$m_3 = 400 \text{ кг}$$

$$R_1 = 0,6 \text{ м}$$

$$R_2 = 0,3 \text{ м}$$

$$r_2 = 0,2 \text{ м}$$

$$i_1 = 0,6$$

$$i_2 = 0,28$$

$$M = 6100 + 20t$$

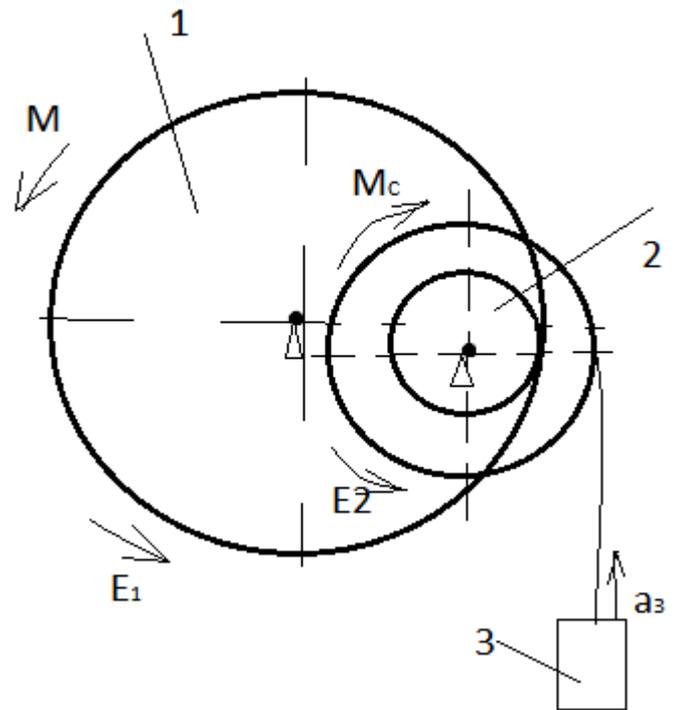
$$M_c = 800$$

$$\omega_{1H} = 0,5$$

$$t = 0,5$$

Найти:

$$\varepsilon_1$$



$$1. \varepsilon_2 \rightarrow \varepsilon_1$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$$

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{r_2}{R_1} = 0,2/0,6 = 0,33$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1}{R_1} = \varepsilon_1 * 3,03$$

$$a_3^J = \varepsilon R$$

$$a_3^J = \varepsilon_2 R_2 = 3,03 \varepsilon_1 * 0,3 = 0,9 \varepsilon_1$$

$$3. \varepsilon_2 J_2 = F_{\text{сц}2} r_2 - M_c - T_3 R_2$$

$$J_2 = m_2 i_2^2 = 100 * 0,28^2 = 8 \text{ (кг*м}^3\text{)}$$

$$0,2 F_{\text{сц}2} - 800 - 1176 - 108 \varepsilon_1 = 24,3 \varepsilon_1$$

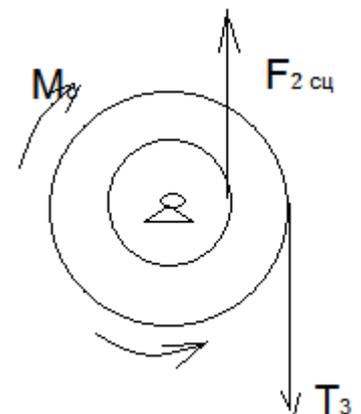
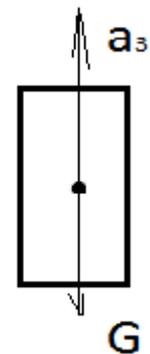
$$F_{\text{сц}2} = 9880 + 661,5 \varepsilon_1$$

$$2. \Sigma F = ma$$

$$T_3 - m_3 g = m_3 a_3$$

$$T_3 = m_3 a_3 + m_3 g$$

$$T_3 = m_3 g + m_3 0,9 \varepsilon_1 = 400 * 9,8 + 400 * 0,9 \varepsilon_1 = 3920 + 360 \varepsilon_1$$



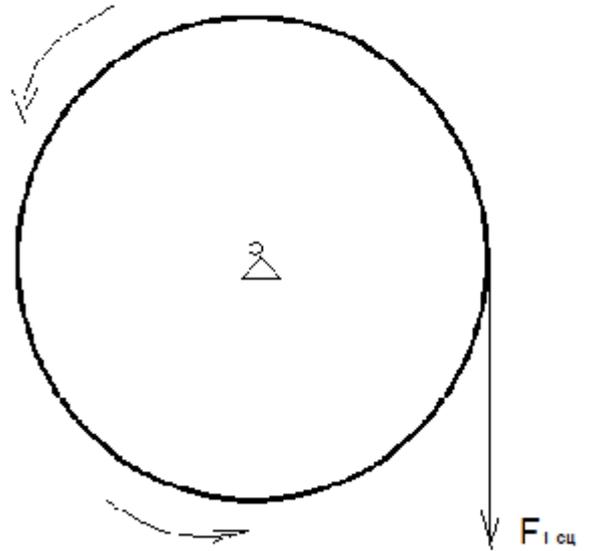
$$4. \varepsilon_1 J_1 = M - F_{c\mu 1} R_1$$

$$J_1 = m_1 i_1^2 = 0.36 * 200 = 72 (\text{кг} * \text{м}^3)$$

$$\varepsilon_1 = 172 + 20t$$

$$\varepsilon_1 = 0.37 + 0.04t$$

$$\varepsilon_1 = 0.37 + 0.04 * 2.5 = 0.48$$



$$5. \varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt} \implies \int_0^{\omega_1} \varepsilon_1 dt = \int_0^2 (0.37 + 0.04t) dt = 0.37t + 0.02t^2$$

$$\omega_1 = \frac{d\varphi_1}{dt} \implies \int_0^t \omega_1 dt = \int_0^{2.5} (0.02t^2 + 0.37t + 0.5) dt = 6$$

#

$$\varepsilon_2 = 3.03 \varepsilon_1 = 3.03 * 0.48 = 1.45$$

$$\omega_2 = 3.03 \omega_1 = 3.03 * 1.55 = 4.7$$

$$\varphi_2 = 3.03 \varphi_1 = 3.03 * 6 = 18.2$$

$$\omega_{2H} = 3.03 \omega_{1H} = 3.03 * 0.5 = 1.5$$

$$a_3 = 3.03 \varepsilon_1 = 0.9 * 0.48 = 0.43$$

$$v_3 = 0.9 \omega_1 = 0.9 * 1.55 = 1.4$$

$$S_3 = 0.9 * \varphi_1 = 0.9 * 6 = 5.4$$

$$T_3 = 3920 + 360 \varepsilon_1$$

$$F_{c\mu 2} = 9880 + 661.5 \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_1 = 0.37 + 0.04 * 2.5 = 0.48$$