

## Домашнее задание

В рамках самостоятельной работы обучающийся должен выполнить задание в соответствии с вариантом, выданным преподавателем.

### Пример решения задачи 1.

Машинный агрегат состоит из двигателя, рабочей машины, зубчатого редуктора и маховика. Момент, развиваемый двигателем  $M_d = a - b\omega$ . Моменты сопротивления при рабочем и холостом ходе  $M_p$  и  $M_x$ . передаточное отношение редуктора  $U_{12}$ . Момент инерции вала двигателя  $J_1$ , деталей навалу рабочей машины  $J_2$ . За время рабочего хода угловая скорость двигателя уменьшается с  $\omega_{\max}$  до  $\omega_{\min}$ . Установлен маховик  $J_m$ . При холостом ходе угловая скорость двигателя возрастает от  $\omega_{\min}$  до  $\omega_{\max}$ . Решая дифференциальное уравнение движения вала двигателя при рабочем и холостом ходе определить момент инерции маховика и время  $t_x$ . Рассчитать и построить зависимости  $\omega(t)$ ,  $M_d(t)$ ,  $M_c(t)$ .

$$a = 1 \text{ кНм}$$

$$b = 10 \text{ Нмс}$$

$$J_1 = 0,4 \text{ Нмс}^2$$

$$J_2 = 5 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 11$$

$$t_p = 0,1 \text{ с}$$

$$\omega_{\max} = 98 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{\min} = 88 \text{ с}^{-1}$$

$$M_p = 1 \text{ кНм}$$

$$M_x = 0,2 \text{ кНм}$$

Найти:  $J_m$ ,  $t_x$ ,  $\omega(t)$ ,  $M_d(t)$ ,  $M_c(t)$  -?

### Решение

Дифференциальное уравнение вращения вала

$$J_{\Pi} \frac{d\omega}{dt} = M_d - M_c/U_{12},$$

где  $J_{\Pi} = J_1 + \frac{J_2}{U_{12}^2} + J_m$ ;  $M_c$  – момент сопротивления

При рабочем ходе

$$J_{\Pi} \frac{d\omega}{dt} = a - b\omega - M_p/U_{12}$$

$$J_{\Pi} \int \frac{dw}{a - M_p/U_{12} - bw} = \int dt$$

$$\frac{-J_{\Pi}}{b} \ln|a - M_p/U_{12} - bw| = t + C_1$$

При  $t = 0$   $w = w_{max}$ , т. о.  $C_1 = \frac{-J_{\Pi}}{b} \ln|a - M_p/U_{12} - bw_{max}|$

$$\frac{J_{\Pi}}{b} \ln \left| \frac{a - M_p/U_{12} - bw_{max}}{a - M_p/U_{12} - bw} \right| = t \quad (1)$$

При  $t = t_p$   $w = w_{min}$ , т. о.

$$J_{\Pi} = \frac{bt_p}{\ln \left| \frac{a - M_p/U_{12} - bw_{max}}{a - M_p/U_{12} - bw_{min}} \right|} = \frac{10 \cdot 0,1}{\ln \left| \frac{1000 - 1000/11 - 10 \cdot 98}{1000 - 1000/11 - 10 \cdot 88} \right|} = 1,12 \text{ Нмс}^2$$

$$J_M = J_{\Pi} - J_1 - \frac{J_2}{U_{12}} = 1,12 - 0,4 - \frac{5}{11} = 0,265 \text{ Нмс}^2.$$

На холостом ходу

$$J_{\Pi} \frac{dw}{dt} = a - bw - M_x/U_{12}$$

$$J_{\Pi} \int \frac{dw}{a - M_x/U_{12} - bw} = \int dt$$

$$\frac{-J_{\Pi}}{b} \ln|a - M_x/U_{12} - bw| = t + C_1$$

При  $t = 0$   $w = w_{min}$ , т. о.  $C_1 = \frac{-J_{\Pi}}{b} \ln|a - M_x/U_{12} - bw_{min}|$

При  $t = t_x$   $w = w_{max}$ , т. о.

$$t_x = \frac{J_{\Pi}}{b} \ln \left| \frac{a - M_x/U_{12} - bw_{min}}{a - M_x/U_{12} - bw_{max}} \right| = \frac{1,12}{10} \ln \left| \frac{1000 - 200/11 - 10 \cdot 88}{1000 - 200/11 - 10 \cdot 98} \right| = 0,45 \text{ с}$$

Из (1)

$$\frac{a - \frac{M_p}{U_{12}} - bw_{max}}{a - \frac{M_p}{U_{12}} - bw} = e^{\left(\frac{bt}{J_{\Pi}}\right)}$$

$$a - \frac{M_p}{U_{12}} - bw = \left(a - \frac{M_p}{U_{12}} - bw_{max}\right) e^{\left(-\frac{bt}{J_{\Pi}}\right)}$$

$$bw = a - \frac{M_p}{U_{12}} - \left(a - \frac{M_p}{U_{12}}\right) e^{\left(-\frac{bt}{J_{\Pi}}\right)} + bw_{max} e^{\left(-\frac{bt}{J_{\Pi}}\right)}$$

$$w_p = \frac{\left(a - \frac{M_p}{U_{12}}\right) \cdot \left(1 - e^{\left(-\frac{bt}{J_{\Pi}}\right)}\right)}{b} + w_{max} e^{\left(-\frac{bt}{J_{\Pi}}\right)} = \frac{a - \frac{M_p}{U_{12}}}{b} - \frac{a - \frac{M_p}{U_{12}} - bw_{max}}{b} e^{\left(-\frac{bt}{J_{\Pi}}\right)} \quad (2)$$

На холостом ходу

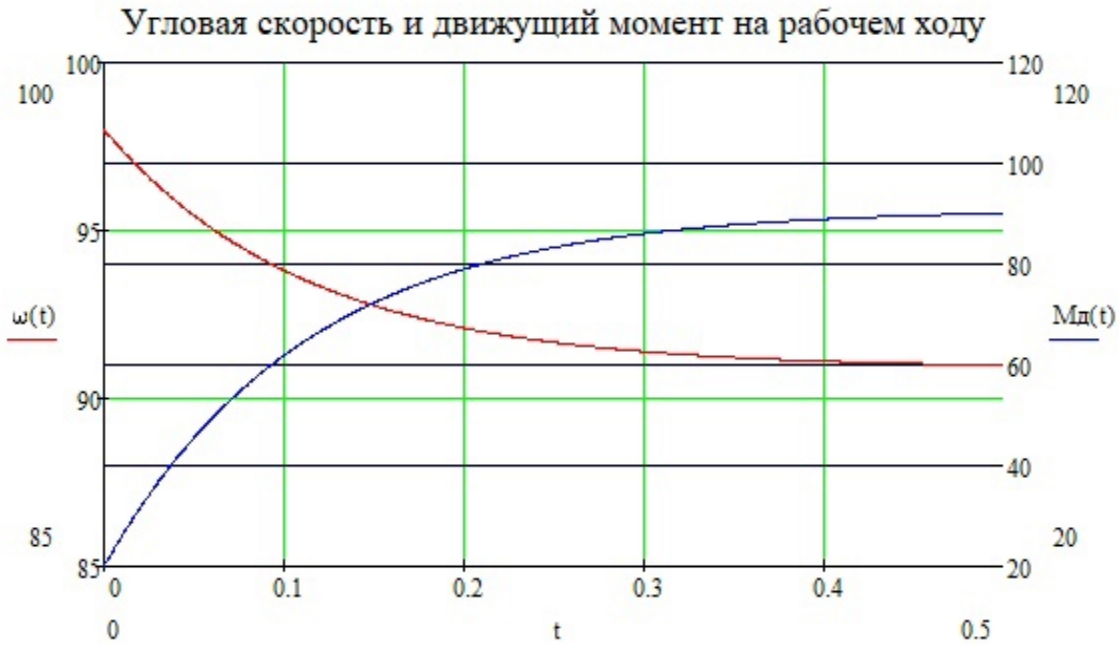
$$\frac{J_{\Pi}}{b} \ln \left| \frac{a - M_x/U_{12} - bw_{min}}{a - M_x/U_{12} - bw} \right| = t$$

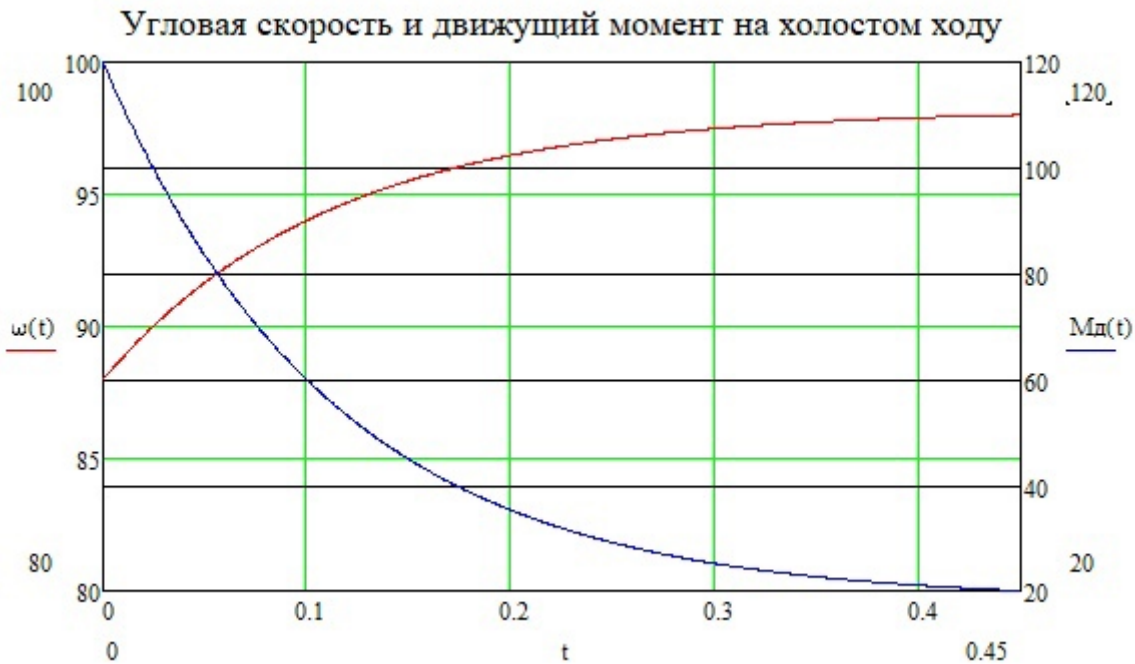
$$e^{\frac{bt}{J_n}} = \frac{a - M_x/U_{12} - bw_{min}}{a - M_x/U_{12} - bw}$$

$$a - M_x/U_{12} - bw = (a - M_x/U_{12} - bw_{min})e^{-\frac{bt}{J_n}}$$

$$w = \frac{(a - \frac{M_x}{U_{12}})}{b} - \frac{a - M_x/U_{12} - bw_{min}}{b} e^{-\frac{bt}{J_n}} \quad (3)$$

Строим графики  $M_x(t)$ ,  $w(t)$ , а также  $M_d(t)$  во время рабочего и холостого хода.





При  $t = 0,1$  с на рабочем ходу

$$w = \frac{1000 - 1000/11}{10} - \frac{1000 - \frac{1000}{11} - 10 \cdot 98}{10} e^{\frac{-0,1 \cdot 10}{1,12}} = 90,9 + 7,09 \cdot 0,41 = 93,8 \text{ с}^{-1}$$

При  $t = 0,45$  с на холостом ходу

$$w = \frac{1000 - 200/11}{10} - \frac{1000 - \frac{200}{11} - 10 \cdot 88}{10} e^{\frac{-0,45 \cdot 10}{1,12}} = 98 \text{ с}^{-1}$$

### Варианты заданий.

Задача 1. Двигатель с механической характеристикой  $M_d = a - b\omega$  приводит в движение центробежный насос, сопротивление которого задано соотношением  $M_c = c\omega^2 + f$ . Приведенный к валу двигателя момент инерции подвижных звеньев агрегата равен  $J$ . Определить зависимость скорости вала двигателя от времени  $\omega(t)$  при пуске и выбеге агрегата. Вычислить скорость установившегося движения и время выбега.

$$a = 0,15 \text{ кНм}$$

$$b = 0,8 \text{ Нмс}$$

$$c = 0,26 \text{ Нмс}^2$$

$$f = 3 \text{ Нм}$$

$$J = 1 \text{ Нмс}^2$$

Задача 2. Машинный агрегат состоит из двигателя, рабочей машины, зубчатого редуктора и маховика. Момент, развиваемый двигателем  $M_d = a - b\omega$ . Моменты сопротивления при рабочем и холостом ходе  $M_p$  и  $M_x$ . передаточное отношение редуктора  $U_{12}$ . Момент инерции вала двигателя  $J_1$ , деталей на валу рабочей машины  $J_2$ . За время рабочего хода угловая скорость двигателя уменьшается с  $\omega_{\max}$  до  $\omega_{\min}$ . Установлен маховик  $J_m$ . При холостом ходе угловая скорость двигателя возрастает от  $\omega_{\min}$  до  $\omega_{\max}$ . Решая дифференциальное уравнение движения вала двигателя при рабочем и холостом ходе определить момент инерции маховика и время  $t_x$ . Рассчитать и построить зависимости  $\omega(t)$ ,  $M_d(t)$ ,  $M_c(t)$ .

$$a = 6 \text{ кНм}$$

$$b = 40 \text{ Нмс}$$

$$J_1 = 0,2 \text{ Нмс}^2$$

$$J_2 = 8 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 12$$

$$t_p = 0,3 \text{ с}$$

$$\omega_{\max} = 148 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{\min} = 135 \text{ с}^{-1}$$

$$M_p = 4 \text{ кНм}$$

$$M_x = 0,8 \text{ кНм}$$

Задача 3. В пружинном механизме (рисунок 4) с возвратно-поступательным движением исполнительного органа рабочий ход  $S$  осуществляется силой  $F$  пружин, а обратный – специальным механизмом. Сила пружины, перемещающая ползун массой  $m$ , задается зависимостью  $F = F_0(1-s/S)$ , где  $F_0$  – начальная величина силы сжатой пружины,  $s$  – текущее перемещение ползуна. Движение начинается из состояния покоя ( $s = 0$ ,  $ds/dt = 0$ ). Силами сопротивления пренебречь. Определить начальную величину силы пружины  $F_0$ , обеспечивающую заданное время срабатывания механизма  $t_c$ .

Указание. Из уравнения кинетической энергии определить в общем виде выражение для скорости ползуна, а из него получить зависимость времени срабатывания от параметров механизма. Из последнего соотношения определить  $F_0$ .

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$S = 100 \text{ мм}$$

$$t_c = 1 \text{ с}$$

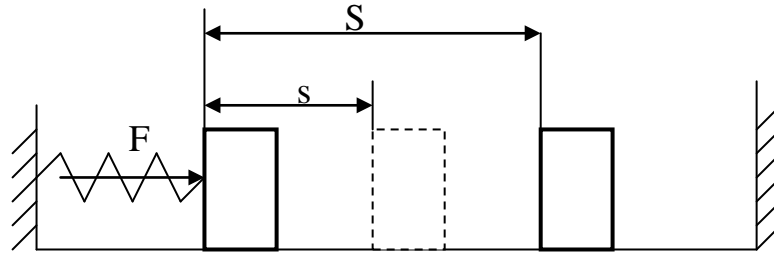


Рисунок 4 - Пружинный механизм

Задача 4. Агрегат состоит из двигателя, рабочей машины, зубчатого редуктора и маховика. Момент двигателя  $M_d = a - b\omega$ . Технологический цикл рабочей машины состоит из рабочего хода (момент сопротивления  $M_p$ ) и холостого хода (момент сопротивления  $M_x$ ). Передаточное отношение редуктора  $U_{12}$ . Момент инерции ротора двигателя  $J_1$ , момент инерции маховика и деталей навалу рабочей машины  $J_2$ . За время рабочего хода угловая скорость ротора двигателя уменьшается с  $\omega_{max}$  до  $\omega_{min}$ . При холостом ходе угловая скорость двигателя возрастает от  $\omega_{min}$  до  $\omega_{max}$ . Приведя силы и массы к валу двигателя и решая дифференциальное уравнение движения вала двигателя при рабочем и холостом ходе определить момент инерции маховика  $\omega_{min}$  и время  $t_x$ . Рассчитать и построить зависимости  $\omega(t)$ ,  $M_d(t)$ ,  $M_c(t)$ . Вычислить коэффициент неравномерности  $\delta$ .

$$a = 10 \text{ кНм}$$

$$b = 100 \text{ Нмс}$$

$$J_1 = 0,4 \text{ Нмс}^2$$

$$J_2 = 48 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 4$$

$$t_p = 0,2 \text{ с}$$

$$\omega_{max} = 99 \text{ с}^{-1}$$

$$M_p = 8 \text{ кНм}$$

$$M_x = 0,2 \text{ кНм}$$

Задача 5. Агрегат состоит из двигателя, рабочей машины и фрикционной муфты. Момент на валу двигателя  $M_d = a - b\omega_1$ . К валу рабочей машины приложен постоянный момент сопротивления  $M_c$ . Моменты инерции ведущего и ведомого валов равны соответственно  $I_1$  и  $I_2$ . В момент включения фрикционной муфты ведущий вал имеет угловую скорость  $\omega_{10}$ , ведомый вал неподвижен. Между ведущей и ведомой частями муфты с момента включения до полного сцепления

действуют силы трения, имеющие момент  $M_{тр}$ . Силы трения в муфте замедляют движение ведущего вала и ускоряют движение ведомого вала до тех пор, пока скорости этих валов не сравняются. После этого ведущий и ведомый валы будут двигаться как одно целое.

Решая дифференциальное уравнение движения ведущего и ведомого валов, выявить зависимость их скоростей  $\omega_1$  и  $\omega_2$  от времени. На одном графике построить функции  $\omega_1(t)$  и  $\omega_2(t)$  и по нему установить  $t_c$  – время полного сцепления и определить общую скорость валов в момент полного сцепления. Выявить также закон изменения скорости всей системы  $\omega_{12}(t)$  после полного сцепления муфты и определить скорость установившегося движения системы. График дополнить построением функции  $\omega_{12}(t)$ .

$$a = 2,6 \text{ кНм}$$

$$b = 17 \text{ Нмс}$$

$$\omega_{10} = 145 \text{ с}^{-1}$$

$$J_1 = 0,9 \text{ Нмс}^2$$

$$J_2 = 4,5 \text{ Нмс}^2$$

$$M_{тр} = 250 \text{ Нм}$$

$$M_c = 200 \text{ Нм}$$

Задача 6. В подъемном механизме (рисунок 5) электродвигатель 1 через редуктор 2 приводит в движение из состояния покоя барабан 3. Канат 4, укрепленный на барабане и в неподвижной точке  $O$ , охватывает подвижный блок 5, к обойме которого на крюке подвешен груз 6 с весом  $Q$ . В период пуска до достижения номинальной скорости  $\omega_H$  момент двигателя  $M_D = 1,2M_C$ , где  $M_C$  – момент от веса груза, приведенный к валу двигателя. По достижении  $\omega_H$  момент двигателя принимает значение  $M_D = M_C$  и подъем груза осуществляется с постоянной скоростью.

Решая дифференциальное уравнение движения вала двигателя, определить время разгона двигателя до  $\omega_H$  и время подъема груза на высоту  $h$ . Рассчитать и построить диаграммы скорости и перемещения груза в зависимости от времени.

Передаточное отношение редуктора  $U_{12}$ , диаметр барабана  $D$ , моменты инерции барабана и ротора двигателя  $I_B$  и  $I_r$ . Массой и толщиной каната пренебречь.

$$Q = 100 \text{ кН}$$

$$D = 0,5 \text{ м}$$

$$h = 25 \text{ м}$$

$$J_B = 8 \text{ Нмс}^2$$

$$J_P = 0,2 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 100$$

$$\omega_H = 140 \text{ с}^{-1}$$

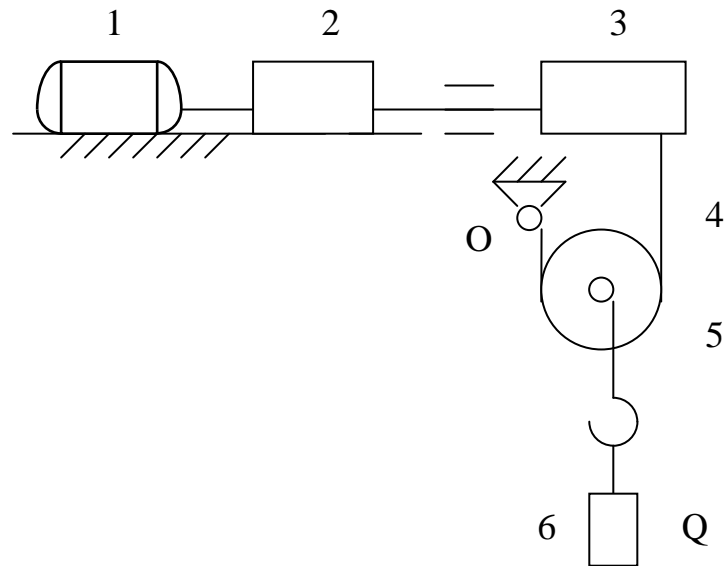


Рисунок 5 - Подъемный механизм

Задача 7. Двигатель из состояния покоя приводит в движение вал рабочей машины. Механическая характеристика двигателя (рисунок 6) состоит из двух прямолинейных участков  $M_{д1} = a_1 + b_1 \omega$  при  $0 \leq \omega \leq \omega_{опр}$  и  $M_{д1} = a_2 - b_2 \omega$  при  $\omega \geq \omega_{опр}$ . Приведенный к валу двигателя момент инерции вращающихся частей машины и двигателя  $I$ , момент сопротивления  $M_c$ . Пользуясь дифференциальными уравнениями движения вала двигателя на обоих участках  $M_d$ , определить зависимость скорости вала двигателя  $\omega(t)$ . Вычислить скорость установившегося движения вала  $\omega_y$ . Построить в масштабе графики  $\omega(t)$  и  $M_d(t)$ .

$$a_1 = 96 \text{ Нм}$$

$$b_1 = 0,56 \text{ Нмс}$$

$$a_2 = 2,1 \text{ кНм}$$

$$b_2 = 20 \text{ Нмс}$$

$$J_1 = 12 \text{ Нмс}^2$$

$$M_c = 60 \text{ Нм}$$



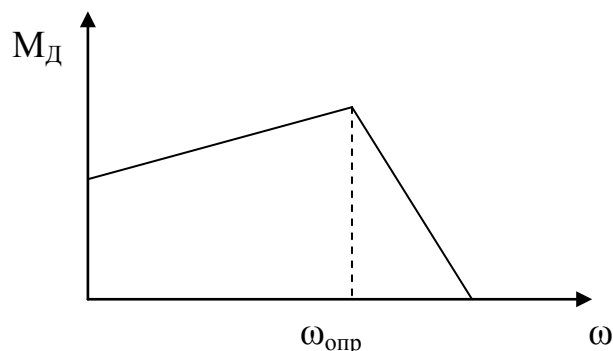


Рисунок 6 - Механическая характеристика двигателя

Задача 8. Электродвигатель с механической характеристикой  $M_d = a - b\omega$  через редуктор 2 с передаточным отношением  $U_{12}$  приводит в движение из состояния покоя барабан 3 лебедки (рисунок 7).

Решая дифференциальное уравнение движения груза, определить время подъема груза 4 весом  $Q$  на высоту  $h$ . Рассчитать и построить диаграммы скорости и перемещения груза. Диаметр барабана  $D$ , моменты инерции барабана и ротора двигателя  $J_B$  и  $J_P$ . Массой и толщиной каната пренебречь.

$$Q = 4 \text{ кН}$$

$$D = 0,2 \text{ м}$$

$$h = 10 \text{ м}$$

$$J_B = 0,6 \text{ Нмс}^2$$

$$J_P = 0,01 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 25$$

$$a = 0,2 \text{ кНм}$$

$$b = 2 \text{ Нмс}$$

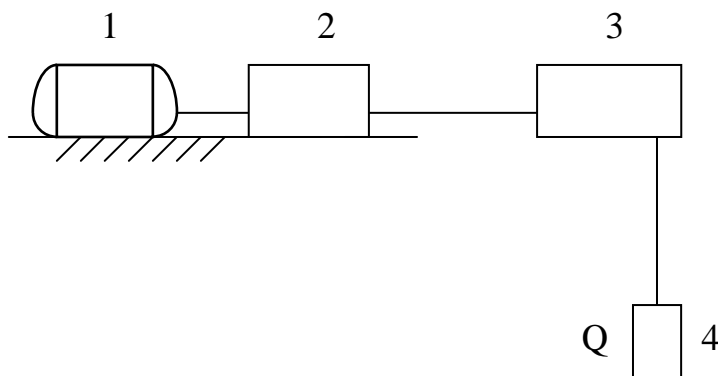


Рисунок 7 - Привод лебедки

Задача 9. Для механизма электромагнитного реле (рисунок 8), содержащего электромагнит 1, якорь 2 и возвратную пружину 3, определить время движения якоря после включения тока. Угловой ход якоря  $\varphi_m$ . Приведенный к якорю тяговый момент электромагнита  $M_1 = a_1 + v_1\varphi$ . Приведенный к якорю момент от силы возвратной пружины  $M_2 = a_2 + v_2\varphi$ . Искомое время определяется решением дифференциального уравнения движения якоря. Построить график перемещения якоря.

Движение якоря описывается линейным дифференциальным уравнением вида  $d^2x/dt^2 - A_1x = A_2$   
 общее решение  $X = C_1e^{\sqrt{A_1}t} + C_2e^{-\sqrt{A_1}t} - A_2/A_1$ ,  
 где  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные, определяемые из начальных условий.

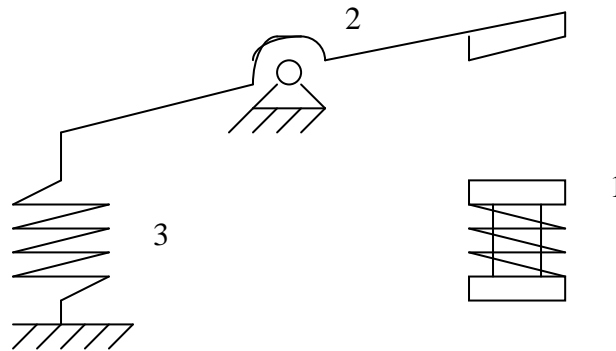


Рисунок 8 - Механизм электромагнитного реле

- $a_1 = 0,5 \text{ Нм}$
- $v_1 = 5 \text{ Нмс}$
- $a_2 = 0,4 \text{ Нм}$
- $v_2 = 3,7 \text{ Нм рад}^{-1}$
- $J_1 = 100 \text{ Нмс}^2$
- $\varphi_m = 0,1 \text{ рад}$

Задача 10. На вал рабочей машины, имеющий приведенный момент инерции  $I$  и вращающийся с угловой скоростью  $\omega_y$ , с некоторого момента времени начинает действовать тормозной момент, зависящий от времени  $M_T = at$ . Под действием этого момента рабочая машина, двигатель которой выключен, будет совершать выбег. Решая дифференциальное уравнение вращения вала при выбеге, выявить зависимость его угловой скорости от времени, определить также зависимость углового ускорения от времени и зависимость угла поворота вала от времени. Определить время выбега и число оборотов вала за время выбега. Построить графики  $\omega(t)$ ,  $\varepsilon(t)$ ,  $\varphi(t)$ .

$a = 300 \text{ Нм/с}$

$$\omega_y = 74 \text{ с}^{-1}$$

$$J = 5 \text{ Нмс}^2.$$

Задача 11.

Электродвигатель с механической характеристикой  $M_d = a - b\omega$  через редуктор 2 с передаточным отношением  $U_{12}$  приводит в движение из состояния покоя барабан 3 лебедки (рисунок 7).

Решая дифференциальное уравнение движения груза, определить время подъема груза 4 весом  $Q$  на высоту  $h$ . Рассчитать и построить диаграммы скорости и перемещения груза. Диаметр барабана  $D$ , моменты инерции барабана и ротора двигателя  $J_B$  и  $J_P$ . Массой и толщиной каната пренебречь.

$$Q = 5 \text{ кН}$$

$$D = 0,25 \text{ м}$$

$$h = 18 \text{ м}$$

$$J_B = 1,5 \text{ Нмс}^2$$

$$J_P = 0,05 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 50$$

$$a = 0,25 \text{ кНм}$$

$$b = 2,5 \text{ Нмс}$$

Задача 12. Машинный агрегат состоит из двигателя, рабочей машины, зубчатого редуктора и маховика. Момент, развиваемый двигателем  $M_d = a - b\omega$ . Моменты сопротивления при рабочем и холостом ходе  $M_p$  и  $M_x$ . передаточное отношение редуктора  $U_{12}$ . Момент инерции вала двигателя  $J_1$ , деталей на валу рабочей машины  $J_2$ . За время рабочего хода угловая скорость двигателя уменьшается с  $\omega_{\max}$  до  $\omega_{\min}$ . Установлен маховик  $J_m$ . При холостом ходе угловая скорость двигателя возрастает от  $\omega_{\min}$  до  $\omega_{\max}$ . Решая дифференциальное уравнение движения вала двигателя при рабочем и холостом ходе определить момент инерции маховика и время  $t_x$ . Рассчитать и построить зависимости  $\omega(t)$ ,  $M_d(t)$ ,  $M_c(t)$ .

$$a = 1,5 \text{ кНм}$$

$$b = 10 \text{ Нмс}$$

$$J_1 = 1 \text{ Нмс}^2$$

$$J_2 = 8 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 8$$

$$t_p = 0,6 \text{ с}$$

$$\omega_{\max} = 146 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{\min} = 130 \text{ с}^{-1}$$

$$M_p = 1,6 \text{ кНм}$$

$$M_x = 0,3 \text{ кНм}$$

Задача 13. Двигатель с механической характеристикой  $M_d = a - b\omega$  приводит в движение центробежный насос, сопротивление которого задано соотношением  $M_c = c\omega^2 + f$ . Приведенный к валу двигателя момент инерции подвижных звеньев агрегата равен  $J$ . Определить зависимость скорости вала двигателя от времени  $\omega(t)$  при пуске и выбеге агрегата. Вычислить скорость установившегося движения и время выбега.

$$a = 0,4 \text{ кНм}$$

$$b = 1,3 \text{ Нмс}$$

$$c = 0,2 \text{ Нмс}^2$$

$$f = 10 \text{ Нм}$$

$$J = 2 \text{ Нмс}^2$$

Задача 14. Агрегат состоит из двигателя, рабочей машины и фрикционной муфты. Момент на валу двигателя  $M_d = a - b\omega_1$ . К валу рабочей машины приложен постоянный момент сопротивления  $M_c$ . Моменты инерции ведущего и ведомого валов равны соответственно  $I_1$  и  $I_2$ . В момент включения фрикционной муфты ведущий вал имеет угловую скорость  $\omega_{10}$ , ведомый вал неподвижен. Между ведущей и ведомой частями муфты с момента включения до полного сцепления действуют силы трения, имеющие момент  $M_{тр}$ . Силы трения в муфте замедляют движение ведущего вала и ускоряют движение ведомого вала до тех пор, пока скорости этих валов не сравняются. После этого ведущий и ведомый валы будут двигаться как одно целое.

Решая дифференциальное уравнение движения ведущего и ведомого валов, выявить зависимость их скоростей  $\omega_1$  и  $\omega_2$  от времени. На одном графике построить функции  $\omega_1(t)$  и  $\omega_2(t)$  и по нему установить  $t_c$  – время полного сцепления и определить общую скорость валов в момент полного сцепления. Выявить также закон изменения скорости всей системы  $\omega_{12}(t)$  после полного сцепления муфты и определить скорость установившегося движения системы. График дополнить построением функции  $\omega_{12}(t)$ .

$$a = 1,0 \text{ кНм}$$

$$b = 13 \text{ Нмс}$$

$$\omega_{10} = 73 \text{ с}^{-1}$$

$$J_1 = 1 \text{ Нмс}^2$$

$$J_2 = 3 \text{ Нмс}^2$$

$$M_{\text{тр}} = 100 \text{ Нм}$$

$$M_c = 70 \text{ Нм}$$

Задача 15. Машинный агрегат состоит из двигателя, рабочей машины, зубчатого редуктора и маховика. Момент, развиваемый двигателем  $M_d = a - b\omega$ . Моменты сопротивления при рабочем и холостом ходе  $M_p$  и  $M_x$ . передаточное отношение редуктора  $U_{12}$ . Момент инерции вала двигателя  $J_1$ , деталей навалу рабочей машины  $J_2$ . За время рабочего хода угловая скорость двигателя уменьшается с  $\omega_{\text{max}}$  до  $\omega_{\text{min}}$ . Установлен маховик  $J_m$ . При холостом ходе угловая скорость двигателя возрастает от  $\omega_{\text{min}}$  до  $\omega_{\text{max}}$ . Решая дифференциальное уравнение движения вала двигателя при рабочем и холостом ходе определить момент инерции маховика и время  $t_x$ . Рассчитать и построить зависимости  $\omega(t)$ ,  $M_d(t)$ ,  $M_c(t)$ .

$$a = 5 \text{ кНм}$$

$$b = 50 \text{ Нмс}$$

$$J_1 = 0,3 \text{ Нмс}^2$$

$$J_2 = 10 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 11$$

$$t_p = 0,5 \text{ с}$$

$$\omega_{\text{max}} = 99 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{\text{min}} = 94 \text{ с}^{-1}$$

$$M_p = 2,5 \text{ кНм}$$

$$M_x = 0,5 \text{ кНм}$$

Задача 16. На вал рабочей машины, имеющий приведенный момент инерции  $I$  и вращающийся с угловой скоростью  $\omega_y$ , с некоторого момента времени начинает действовать тормозной момент, зависящий от времени  $M_T = at$ . Под действием этого момента рабочая машина, двигатель которой выключен, будет совершать выбег. Решая дифференциальное уравнение вращения вала при выбеге, выявить зависимость его угловой скорости от времени, определить также зависимость углового ускорения от времени и зависимость угла поворота вала от времени. Определить время выбега и число оборотов вала за время выбега. Построить графики  $\omega(t)$ ,  $\varepsilon(t)$ ,  $\varphi(t)$ .

$$a = 25 \text{ Нм/с}$$

$$\omega_y = 100 \text{ с}^{-1}$$

$$J = 1,5 \text{ Нмс}^2.$$

Задача 17. Агрегат состоит из двигателя, рабочей машины, зубчатого редуктора и маховика. Момент двигателя  $M_d = a - b\omega$ .

Технологический цикл рабочей машины состоит из рабочего хода (момент сопротивления  $M_p$ ) и холостого хода (момент сопротивления  $M_x$ ). Передаточное отношение редуктора  $U_{12}$ . Момент инерции ротора двигателя  $J_1$ , момент инерции маховика и деталей навалу рабочей машины  $J_2$ . За время рабочего хода угловая скорость ротора двигателя уменьшается с  $\omega_{\max}$  до  $\omega_{\min}$ . При холостом ходе угловая скорость двигателя возрастает от  $\omega_{\min}$  до  $\omega_{\max}$ . Приведя силы и массы к валу двигателя и решая дифференциальное уравнение движения вала двигателя при рабочем и холостом ходе определить момент инерции маховика  $\omega_{\min}$  и время  $t_x$ . Рассчитать и построить зависимости  $\omega(t)$ ,  $M_d(t)$ ,  $M_c(t)$ . Вычислить коэффициент неравномерности  $\delta$ .

$$a = 30 \text{ кНм}$$

$$b = 200 \text{ Нмс}$$

$$J_1 = 1 \text{ Нмс}^2$$

$$J_2 = 50 \text{ Нмс}^2$$

$$U_{12} = 4$$

$$t_p = 0,3 \text{ с}$$

$$\omega_{\max} = 148 \text{ с}^{-1}$$

$$M_p = 20 \text{ кНм}$$

$$M_x = 400 \text{ Нм}$$

Задача 18. Двигатель с механической характеристикой  $M_d = a - b\omega$  приводит в движение центробежный насос, сопротивление которого задано соотношением  $M_c = c\omega^2 + f$ . Приведенный к валу двигателя момент инерции подвижных звеньев агрегата равен  $J$ . Определить зависимость скорости вала двигателя от времени  $\omega(t)$  при пуске и выбеге агрегата. Вычислить скорость установившегося движения и время выбега.

$$a = 1,0 \text{ кНм}$$

$$b = 13 \text{ Нмс}$$

$$c = 7,9 \text{ Нмс}^2$$

$$f = 15 \text{ Нм}$$

$$J = 5 \text{ Нмс}^2$$