

Задача 2

До начала рассматриваемого процесса механизм неподвижен. Рассматриваемый переходный процесс описывается уравнением движения:

$$J \cdot \left(\frac{d}{dt} w \right) = M - M_{нагр}$$

Необходимо подставить в уравнение выражения для M и $M_{нагр}$, соответствующие варианту:

$$M(t) := M_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

$$M_{нагр}(t) := M_{ср} + DM \cdot \cos(w_m \cdot t)$$

производная угловой скорости есть величина углового сдвига f

$$\frac{d}{dt} w = \frac{M - M_{нагр}}{J} \quad \text{где } J - \text{момент инерции рассматриваемого механизма}$$

$$\frac{M(t) - M_{нагр}(t)}{J} \rightarrow \frac{M_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}} - (M_{ср} + DM \cdot \cos(w_m \cdot t))}{J}$$

$$\int \frac{M(t) - M_{нагр}(t)}{J} dt \rightarrow \int \frac{M_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}} - M_{ср} - DM \cdot \cos(w_m \cdot t)}{J} dt \rightarrow \frac{(-T) \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot M_0 - M_{ср} \cdot t - \frac{\sin(w_m \cdot t)}{w_m} \cdot DM}{J}$$

$$\int \int \frac{M(t) - M_{нагр}(t)}{J} dt dt \rightarrow \int \frac{(-T) \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot M_0 - M_{ср} \cdot t - \frac{\sin(w_m \cdot t)}{w_m} \cdot DM}{J} dt \rightarrow \frac{T^2 \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot M_0 - \frac{1}{2} \cdot M_{ср} \cdot t^2 + \frac{\cos(w_m \cdot t)}{w_m^2} \cdot DM}{J}$$

$$\text{тогда } f(t) \rightarrow \frac{T^2 \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot M_0 - \frac{1}{2} \cdot M_{ср} \cdot t^2 + \frac{\cos(w_m \cdot t)}{w_m^2} \cdot DM}{J}$$

Подставляя известные числовые значения M_0, T, DM, w_m, J определим закон вращения механизма

к примеру: задаем шаг к переменной "время" равной 1 до 100с

$t := 0, 1 \dots 100$ условно примем значения всех известных величин

$t =$		
0	$M_0 := 3 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$	$w_m := 6 \quad \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
1		
2	$T := 4 \quad \text{с}$	$J := 7 \quad \text{кг} \cdot \text{м}^2$
3		
4	$DM := 10 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_{ср} := 2$
5		

6
7
8
9
10
11

тогда при

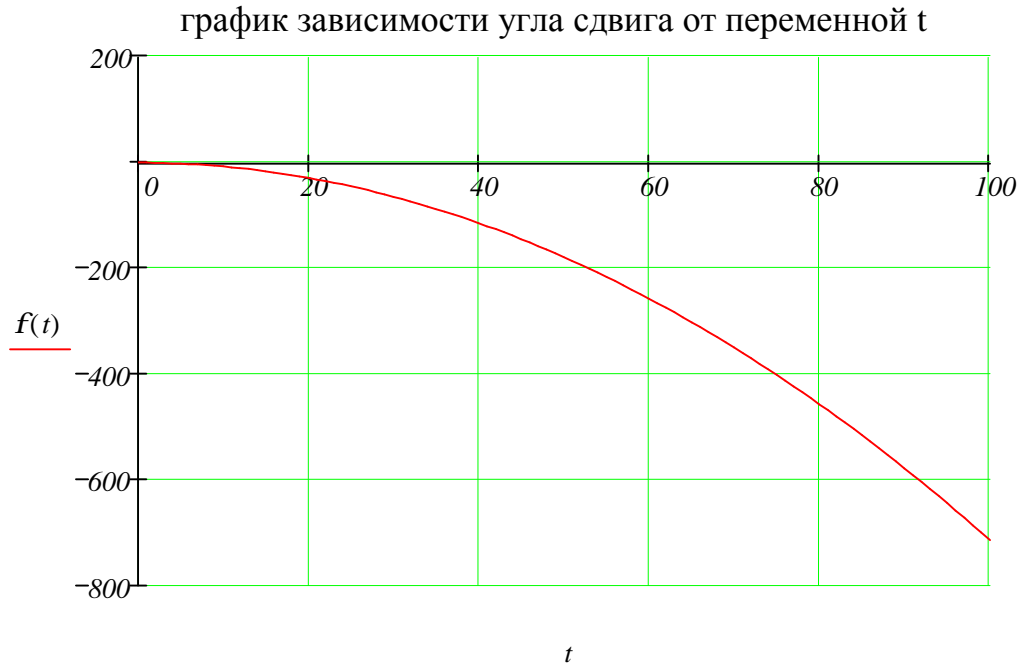
$$f(t) \rightarrow \frac{T^2 \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot M_0 - \frac{1}{2} \cdot M_{cp} \cdot t^2 + \frac{\cos(w_m \cdot t)}{w_m^2} \cdot DM}{J}$$

$$f(t) \rightarrow \frac{1}{7} \cdot e^{-t} - \frac{1}{14} \cdot t^2 + \frac{1}{7} \cdot \cos(t)$$

график зависимости

получим

t =	f(t) =
0	0.286
1	0.058
2	-0.326
3	-0.777
4	-1.234
5	-1.744
6	-2.434
7	-3.392
8	-4.592
9	-5.916
10	-7.263
11	-8.642
12	-10.165
13	-11.942
14	-13.98
15	-16.18



Данные выше выкладки были полностью автоматизированны в маткаде

пример вычисления диф. уравнения в программной среде Бейсик:

```

10 PRINT 'РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО'
20 PRINT ' ПОРЯДКА МЕТОДОМ РУНГЕ-КУТТА'
30 INPUT 'ВВЕДИТЕ ШАГ H=':H:INPUT 'ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНОЕ X0=':X
40 INPUT 'ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНОЕ Y0=':Y
50 INPUT 'ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНОЕ DY/DX0=':U:LETY=W:LETZ=U
60 GOSUB 150:LETA=H*F:LETX=X+H/2
70 LETY=W+U*H/2+A*H/8:LETZ=U+A/2
80 GOSUB 150:LETB=H*F:LETZ=U+B/2
90 GOSUB 150:LETC=H*F:LETX=X+H/2
100 LETY=W+H*U+H*C/2:LETZ=U+C:GOSUB 150
110 LETY=W+H*(U+(A+B+C)/6):LETW=Y
120 LETZ=U+(A+(B+C)*2+H*F)/6:LETU=Z
130 PRINT 'ДЛЯ X=':X:PRINT 'Y=':Y
140 PRINT 'DY/DX=':Z:GOTO 60
150 LETF=-Y+(1-Y*Y)*Z*20:RETURN:END

```

в 150 строке меняем формулу $y'' = -y + (1 - y^2) \cdot 20y'$

на заданную в условии

$$\frac{M(t) - M_{нагр}(t)}{J} \rightarrow \frac{M_0 \cdot e^{\frac{-t}{T}} - (M_{ср} + DM \cdot \cos(\omega_m \cdot t))}{J}$$

где вместо переменной "y" используем переменную "t". Остальные известные числа подставляем в формулу

$$\frac{(m \cdot t)}{2} \cdot DM$$
