

ДИНАМИКА НА МАШИНЕН АГРЕГАТ С РАЗПРЕДЕЛЕНИ МАСОВИ И ЕЛАСТИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА ВРЪЗКАТА МЕЖДУ СИЛОВАТА И РАБОТНАТА МАШИНА

Петър Колев Колев

petarkolev@abv.bg

Висше транспортно училище „Т. Каблешков”

1574 София ул. Гео Милев 158

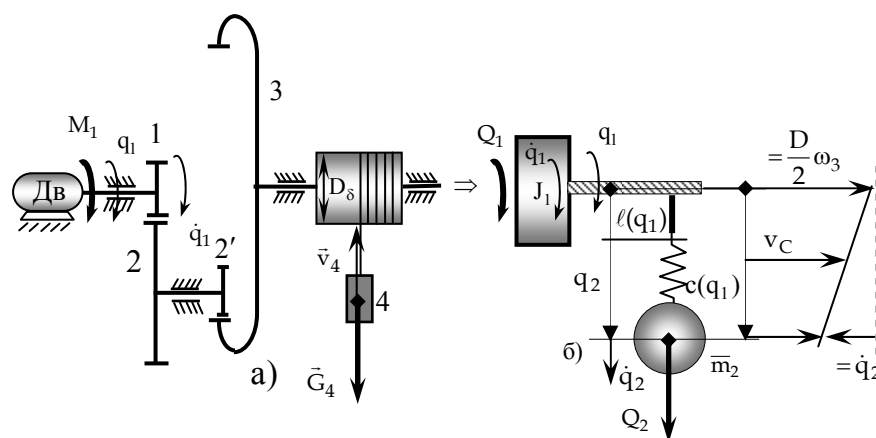
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: еластодинамика, подеминици, машинен агрегат.

Резюме: В работата е извършено механоматематично моделиране на шахтов подежник с отворена структура с отчитане на разпределени еластични и масови параметри на въжето свързващо силвият агрегат с кабината. Отчитането се налага поради доминираща еластичност и сравнима маса на въжето спрямо останалите елементи на системата.

Полученият математичен модел е силно нелинеен. По тази причина решението се моделира цифрово в средата на Matlab. Извършена е оценка на решението.

В работата се изследва динамиката на шахтов подежник на който въжето е тежко, гъвкаво и еластично. Този модел е по-близък до физическата система и е задължителен при анализа на подеминици, които издигат и спускат клетката на голяма височина. Тогава еластичността и теглото на въжето не могат да се пренебрегнат. Допуска се идеализацията корави валове когато тяхната еластичност е несъизмерима спрямо еластичността на въжето. Динамичния модел е представен на фиг.1.



Фиг. 1 Динамичен модел на шахтов подежник

В този случай системата е с две степени на свобода и избираме за обобщени координати:

q_1 - абсолютна ъглова координата описваща ротацията на вала на двигателя;

q_2 - релативна линейна координата описваща трептенията на клетката спрямо неразтегнатия край на въжето;

γ [kg/m] – тегло на единица дължина на въжето;

\bar{L} - дължина на въжето;

EF - коравина на въжето;

z_i - брой на зъбите на зъбните колела на редуктора.

Енергийните функции, както и обобщените сили на динамичният модел на шахтовия подежник на фиг.1 - определени чрез равенство на енергиите и мощностите са дадени с функциите (1) до (6):

$$(1) \quad T_{\text{рмм}} = \frac{1}{2} \left[I_1 \omega_1^2 + (I_2 + I_2') \omega_2^2 + (I_3 + I_5 + \frac{\gamma \bar{L} D^2}{g}) \omega_3^2 + \frac{\gamma D}{g} \frac{q_3 \dot{q}_2^2}{4} + m_4 v_4^2 \right]$$

$$T_{\text{дм}} = \frac{1}{2} [J_1 \dot{q}_1^2 + \bar{m}_2(q_1) \dot{q}_2^2]$$

$$(2) \quad P_{\text{рмм}} = M_1 \omega_1 - G_4 v_4 - \gamma \frac{D q_3}{2} v_C \quad P_{\text{дм}} = Q_1^f \dot{q}_1 + Q_2^f \dot{q}_2$$

$$(3) \quad F_{\text{еп}} = -c(q_1) q_2 \quad F_{\text{еп}} = -\frac{2EF}{Di_{3,1} q_1} q_2$$

$$\omega_1 = \dot{q}_1, \quad \omega_2 = \omega_1 i_{2,1} = \dot{q}_1 \frac{z_1}{z_2};$$

$$(4) \quad \omega_3 = \omega_2 i_{3,2} = \omega_1 i_{3,1} = \dot{q}_1 \frac{z_1 z_2'}{z_2 z_3};$$

$$v_4 = \omega_3 \frac{D_5}{2} - \dot{q}_2 = \omega_1 i_{3,1} \frac{D_5}{2} - \dot{q}_2$$

$$v_C = \frac{Di_{3,1} \dot{q}_1}{2} - \frac{\dot{q}_2}{2}$$

v_C - скоростта на масовия център на висящата част на въжето.

Като заместим (4) в (1) и (2) и приложим условията:

а) $T_{\text{дм}} = T_{\text{рмм}}$; б) $\Pi_{\text{дм}} = \Pi_{\text{рмм}}$. в) $P_{\text{дм}} = P_{\text{рмм}}$ получаваме:

$$(5) \quad J_1 = \left[I_1 + (I_2 + I_2') i_{2,1}^2 + (I_3 + I_5 + \frac{\gamma \bar{L} D^2}{g}) i_{2,1}^2 i_{3,2}^2 + m_4 i_{2,1}^2 i_{3,2}^2 \left(\frac{D_5}{2} \right)^2 \right] \quad \bar{m}_2(q_1) = m_4 + \frac{\gamma D}{g} i_{3,1} q_1$$

$$(6) \quad Q_1^f = M_1 - \left(m_4 g + \gamma \frac{D}{2} i_{3,1} q_1 \right) i_{3,1} \cdot \frac{D}{2}; \quad Q_1^\Pi = -\frac{EF \cdot 2}{2Di_{3,1}} q_2^2 \frac{-1}{q_1^2} = \frac{EF}{i_{3,1} D} \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^2$$

$$Q_2^f = m_4 g + \gamma \frac{D}{4} i_{3,1} q_1; \quad Q_2^\Pi = -\frac{2EF}{Di_{3,1}} \left(\frac{q_2}{q_1} \right); \quad Q_j = Q_j^f + Q_j^\Pi$$

Този модел, за да бъдем коректни към читателя, е идеализиран защото физическата система, с изключение на въжето, се моделира като дискретна. Въпреки това, той е достатъчно точен.

За да изведем диференциалните уравнения на движение (математичния модел) прилагаме уравненията на Лагранж от II-ри род.

$$(7) \quad \ddot{q}_1 = \frac{1}{J_1} \left[U - V\dot{q}_1 + \frac{\gamma}{g} \frac{i_{31}D}{2} \dot{q}_2^2 - m_4g \frac{i_{31}D}{2} - \gamma \left(\frac{i_{31}D}{2} \right)^2 q_1 + \frac{EI}{i_{31}D} \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^2 \right]$$

$$\ddot{q}_2 = \frac{1}{m_2} \left[m_4g + \gamma \frac{i_{31}D}{4} - \frac{\gamma}{g} \frac{i_{31}D}{2} \dot{q}_1\dot{q}_2 - \frac{2EI}{i_{31}D} \left(\frac{q_2}{q_1} \right) \right]$$

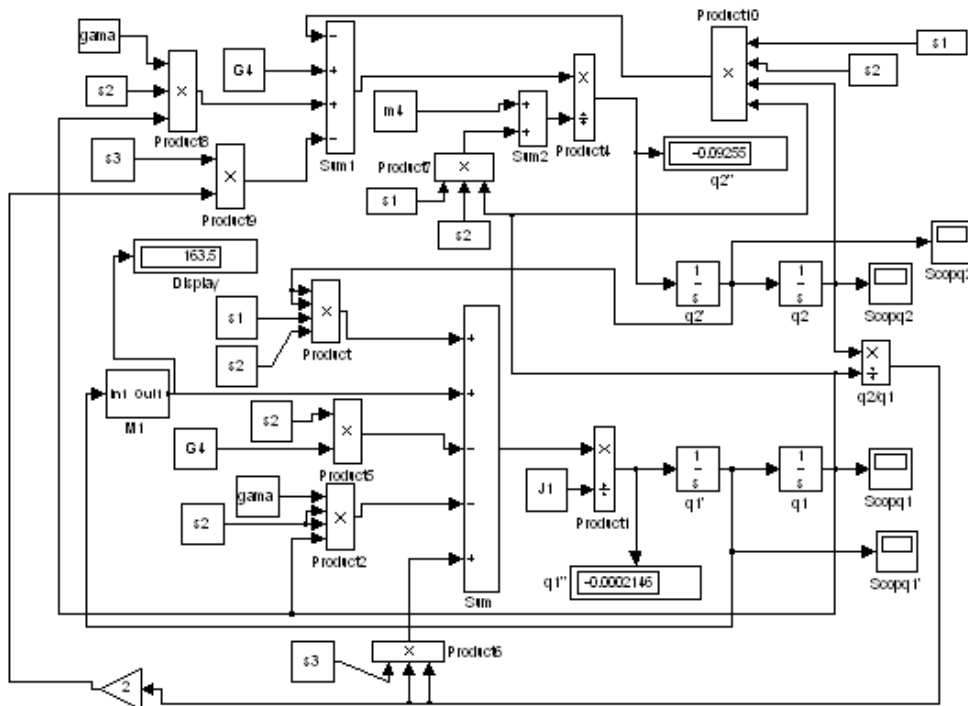
Математичният модел (7) е силно нелинеен, поради което ще извършим числено решение с програмата Matlab 5.3.0 при следните параметри на агрегата:

- електродвигател с механична характеристика $M_1 = U - V\omega_1$ [Nm],
- барабан с диаметър $D = 0.3\text{m}$, на който е навито еластично идеално гъвкаво въже с дължина $L = 24\text{m}$.
- асансьорна клетка с маса $m_4 = 500\text{kg}$.
- масови инерционни моменти на звената:
 $I_1 = 0,45\text{kgm}^2$ (включва се роторът на двигателя), $I_{2-2'} = 0,025\text{kgm}^2$,
 $I_3 = 0,65\text{kgm}^2$ (заедно с барабана).

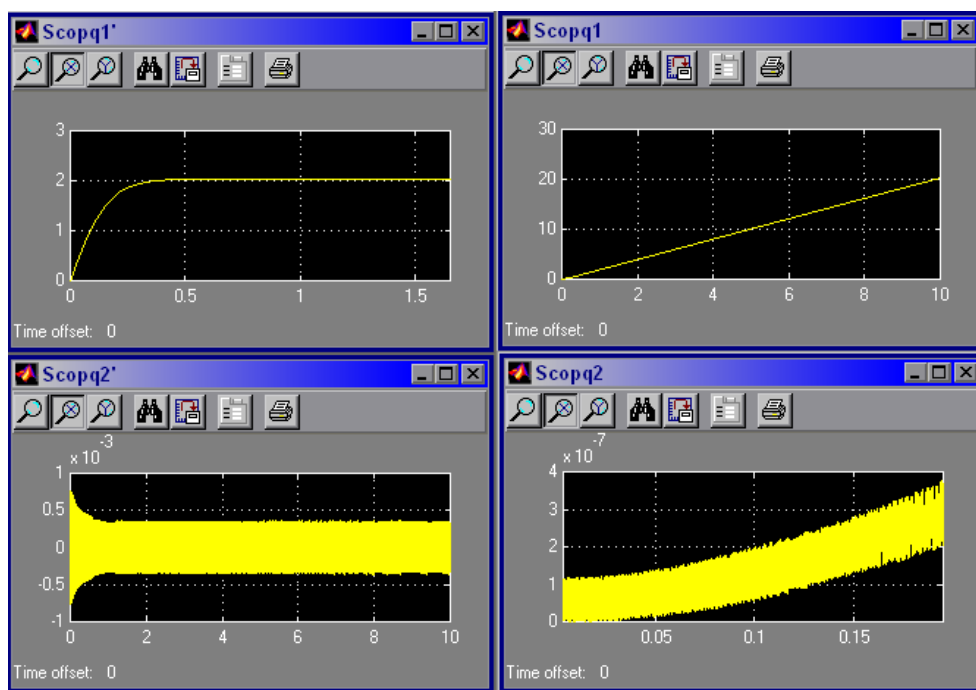
Броят на зъбите на зъбните колела е :
 $z_1 = 12$; $z'_2 = 9$; $z_2 = 36$; $z_3 = 54$

Механични характеристики
 $\gamma = 2\text{kg/m}$; $E = 2e+11$; $r = 0.015\text{m}$;

Симуляционен модел



ЧИСЛЕНИ РЕШЕНИЯ



Фиг. 2 Числени решения. Закони на движение и на скоростите

Очевиден е стационарен процес в макро и микродинамиката. Наблюдава се разлюляване при потеглянето с последваща стабилизация на трептенията на много ниско ниво. Практически няма да се усещат от пътуващите. Вижда се и как пълзи центъра на трептене на кабината, спрямо края на неразтегнатото въже. Това е логично, тъй като с увеличаване на неговата дължина, коравината пада.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Андронов, А.А., А.А.Вит, С.Э.Хайкин. Теория колебаний, Физматгиз, М., 1981.
- [2] Комаров М.С., Динамика грузоподъемных машин, Машгиз, М., 1962.
- [3] Лойцянский Л. Г., А.И. Лурье, Курс теоретической механики, Наука, М., 1983
- [4] Fronius St., Maschinenelemente, Bd.II, Antriebsselemente, VEB Verlag, В., 1971.
- [5] Holzweibing Fr., Dresing H., Lehrbuch der Mascinendynamics, VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1979.

DYNAMICS OF MECHANICAL AGGREGATE WITH DISTRIBUTED MASS AND ELASTIC PARAMETERS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN POWER AND WORKING MACHINE

Petar Kolev Kolev

petarkolev@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
1574 Sofia, 158 Geo Milev St.
BULGARIA*

Key words: *elasto dynamics, cage hoists, mechanical aggregate*

Abstract: *A mechanical and mathematical modeling of shaft-type cage hoist with open structure with registering of distributed elastic and mass parameters of the rope, connecting the power aggregate with the cabin, is implemented in this paper. The registering is required because of the dominant elasticity and comparable mass of the rope in relation to the rest elements in the system.*

The obtained mathematical model is highly non-linear. Due to this the solution is digitally modeled in Matlab environment. An appraisal of the solution is implemented.