

CERCETĂRI PRIVIND ACȚIUNEA VIBRAȚIILOR ASUPRA ARTICULAȚIEI GENUNCHIULUI¹

RESEARCH CONCERNING THE VIBRATION'S ACTION ON KNEE JOINT

Florin BAUȘIC¹, Marina DOGARU²

¹Prof.univ.dr.ing., Facultatea de Utilaj Tehnologic, Departamentul de Tehnologie Mecanică (DTM)

²Inginer, Facultatea de Utilaj Tehnologic

Universitatea Tehnică de Construcții din București, B-dul Lacul tei 124, 020396, București, Romania
e-mail: florin.bausic@utcb.ro ; marina.dogaru78@gmail.com

Rezumat: În această lucrare se propune un model dinamic neliniar cu un grad de libertate de tip pendul fizic pentru analiza vibrațiilor asupra articulației genunchiului. Rezultatele simulării analitice prin intermediul mediului Matlab sunt comparate cu rezultatele experimentale efectuate cu ajutorul aparaturii MediTouch. Se constată o bună concordanță arătând că modelul neliniar cu un grad de libertate propus poate fi utilizat și în cadrul unor cercetări similare viitoare mai ample.

Cuvinte cheie: vibrații forțate neamortizate, model neliniar, Matlab, pendul, articulația genunchiului

Abstract: The purpose of this research is to present a dynamic single degree nonlinear model of a physical pendulum, used for analysing the vibrations' action on the knee joint. The results of the Matlab based analytical simulation are compared with the experimental results obtained via the MediTouch hardware. It is noticed a satisfactory concordance between the two, which shows that the single degree nonlinear model can be used for further, similar and larger research.

Keywords: undamped forced vibration, nonlinear model, Matlab, pendulum, knee joint

1. INTRODUCERE

Ca și în articolul precedent [5], din consultarea literaturii de specialitate privind studiul vibrațiilor asupra articulației genunchiului, se constată că există o multitudine de modele dinamice cu unul sau mai multe grade de libertate, în cea mai parte a lor studiind vibrații liniare. Astfel apare necesitatea propunerii unui model neliniar cu un grad de libertate urmând ca rezultatele simulării analitice să fie verificate de cercetări experimentale.

2. MODELUL DINAMIC

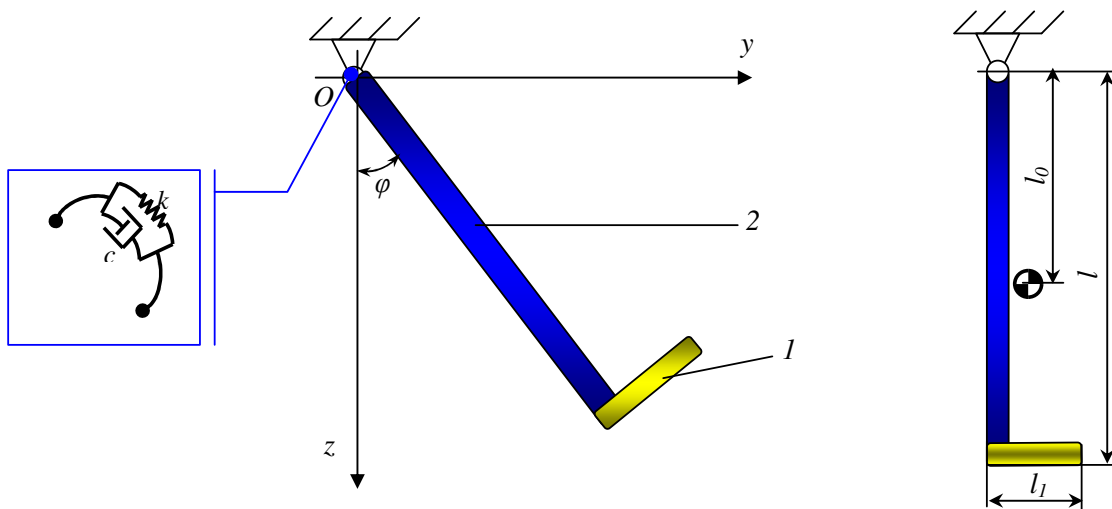
Pornind de la forma anatomică a piciorului din figura 1 se propune modelul dinamic din figura 2 pentru studiul acțiunii vibrațiilor asupra articulației genunchiului.

¹ Comunicare prezentată la cel de-al XXI –lea Simpozion National de Utilaje pentru Constructii (SINUC), București, 10-11 decembrie 2015



Figura 1 - Sistemul anatomic picior-gamba [1]

Se utilizează un model al sistemului picior-gambă [3], sub forma unui pendul fizic simplu prezentat în figura 3.



- 1- gamba
- 2- picior

Figura 3 - Modelul dinamic al sistemului picior-gambă

2. SIMULAREA MIȘCĂRII VIBRATORII A ARTICULAȚIEI GENUCHIULUI CU AJUTORUL MEDIULUI MATLAB

Utilizând ecuația lui Lagrange de speța a II-a, [5] scrisă față de axa Ox în jurul căreia articulația genunchiului se poate roti cu unghiul φ , se obține ecuația diferențială neliniară de mișcare sub forma :

$$\frac{ml^2}{3}\ddot{\varphi} + c\dot{\varphi} + mgl_o \sin \varphi = M_o \sin pt \quad (1)$$

Pentru genunchi s-au determinat conform metodologiei din [2] :

- a) masa sistemului picior-gambă $m = 4 \text{ kg}$
- b) poziția centrului de greutate $l_o = 0,25 \text{ m}$
- c) lungimea totală picior-gambă $l = 0,51 \text{ m}$

Introducând aceste valori în ecuația diferențială (1) și considerând $p = 30 \text{ rad /s}$ se obține :

$$\ddot{\varphi} + 4,62\dot{\varphi} + 182 \sin \varphi = 1911 \sin(30t) \quad (2)$$

Pentru simularea mișcării vibratorii se utilizează funcția ODE 45 din Matlab prin intermediul următoarelor instrucțiuni :

```
%reprezentarea grafica a solutiei ecuatiei diferentiale a vibratiilor
%amortizate fortate neliniare cu ODE 45
phio=[0;1];
[t,phi]=ode45('pendul_nel2',[0,2*pi],phio)
%reprezentare grafica
plot(t,phi(:,1))
xlabel('timpul (s)')
ylabel('deplasarea unghiulara \phi')
title('reprezentarea grafica a vibratiei fortate amortizate neliniare cu ODE 45')
grid
```

Rezultatele simulării sunt reprezentate în figura 4.

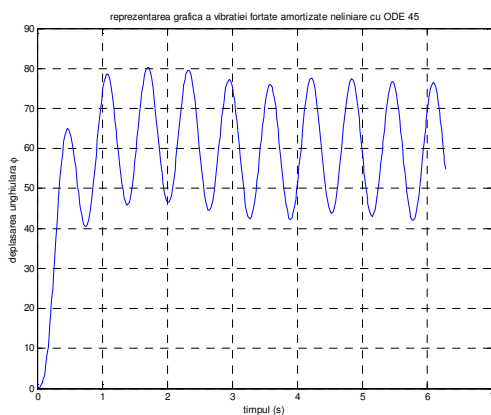


Figura 4 - Rezultatele simulării în Matlab

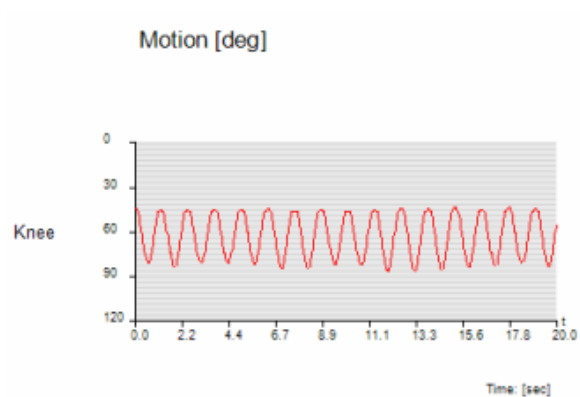


Figura 5 - Rezultate experimentale [3]

Simularile realizate prin intermediul mediului Matlab de autorii prezentului articol (figura 4), au o buna concordanta cu cercetarile experimentale studiate de drd. ing. Marina Dogaru (figura 5).

Aparatura MediTouch este formată din trei componente ergonomice portabile, distincte: mănuși (HandTutor), proteze pentru coate (ArmTutor) și proteze pentru genunchi (LegTutor). Întregul echipament este asistat de un software specializat (figura 6).



Figura 6 - Prezentarea aparaturii MediTouch [3]

3. VERIFICAREA SIMULĂRII MIȘCĂRII VIBRATORII A ARTICULAȚIEI GENUCHIULUI CU AJUTORUL MEDIULUI SIMULINK

Verificarea rezultatelor simulării mișcării vibratorii se face analitic cu ajutorul schemelor dinamice functionale din Simulink.

Pentru alcatuirea schemei dinamice functionale în Simulink, ecuația diferențială (2) trebuie rescrisă sub forma:

$$\ddot{\varphi} = -4,62\dot{\varphi} - 182 \sin \varphi + 1911 \sin(30t) \quad (3)$$

Se constată că sunt necesare două blocuri de integrare și două bucle de amplificare cu reacție inversă pentru a asigura integrarea ecuației diferențiale neliniare de ordinul întâi. (3)

Schema dinamica functionala din Simulink ce modeleaza ecuatia diferentiaa neliniara (2) este prezentata în figura 7.

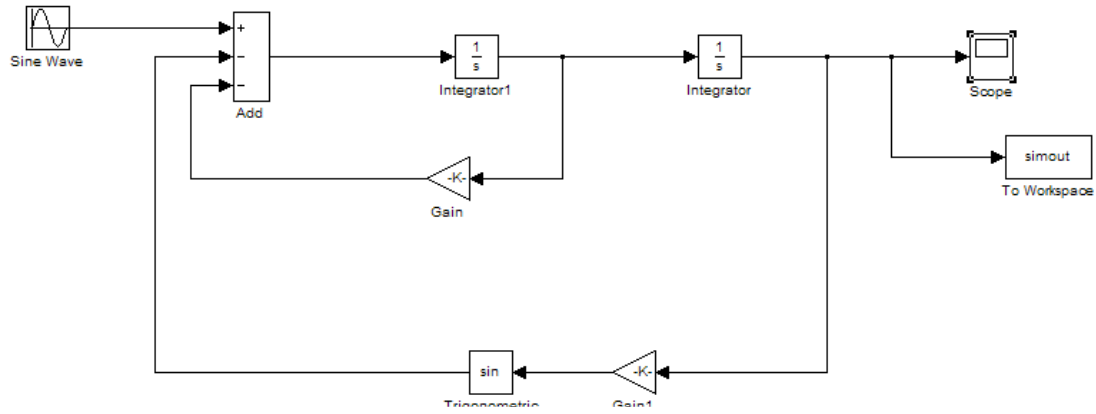


Figura 7 - Schema dinamica functionala în Simulink

Rezultatele simulării sunt reprezentate în figura 8.

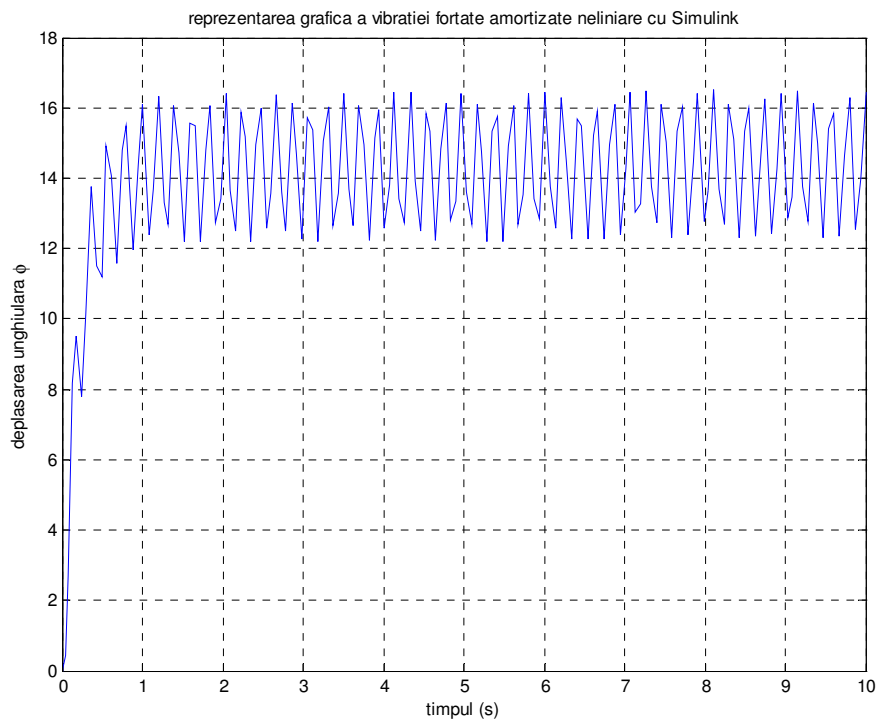


Figura 8 - Rezultatele simulării din Simulink

3. CONCLUZII

Din analiza rezultatelor simulării acțiunii vibrațiilor asupra articulației genuchiului cu ajutorul mediului Matlab, Simulink și rezultatelor experimentale efectuate cu aparatura MediTouch s-a constatat o bună concordanță, ceea ce arată că modelul neliniar cu un grad de libertate propus poate fi utilizat și în cadrul unor cercetări viitoare mai ample.

BIBLIOGRAFIE

- [1] www.corpul-uman.com;
- [2] **Budescu E., Danila C.** – *”Biomecanica. Îndrumar de lucrări practice”*, pag.72-79, Iași (2013);
- [3] **Panaitescu-Liess R.** – *”Modelarea biomecanică a organismului uman sub acțiunea Vibrațiilor”* – teza de doctorat- București (2013);
- [4] **Baușic F., Pavel Cr., Diaconu Cr.** – *”Mecanica teoretică. Vibrațiile sistemelor mecanice cu un grad de libertate”*, Ed. Matrix Rom, București (2007);
- [5] **Baușic, F., Dogaru, M., Adam, R-Th.** – *”Cercetări privind acțiunea vibrațiilor asupra articulației cotului”*, Revista SMTA, vol 7 (2016), nr. 1, pag. 27-32.