

# CERCETĂRI PRIVIND ACȚIUNEA VIBRAȚIILOR ASUPRA ARTICULAȚIEI COTULUI<sup>i</sup>

## RESEARCH CONCERNING THE VIBRATION'S ACTION TOWARDS ELBOW JOINT

Florin BAUȘIC<sup>1</sup>, Marina DOGARU<sup>2</sup>, Radu-Theodor ADAM<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prof.univ.dr.ing., Facultatea de Utilaj Tehnologic, Departamentul de Tehnologie Mecanica (DTM)

<sup>2</sup> Drd. ing., Facultatea de Utilaj Tehnologic

<sup>3</sup> Liceul teoretic Nicolae Iorga, București, Romania

Universitatea Tehnică de Construcții din București, B-dul Lacul Tei 124, 020396, București, Romania  
e-mail : <sup>1</sup>florin.bausic@utcb.ro ; <sup>2</sup>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 cotului. Rezultatele simulării analitice prin intermediul mediului Matlab sunt comparate cu rezultate 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 cotului

**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 elbow joint. The results of the Matlab based analytical simulation are compared with the experimental results obtained with 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, elbow joint

## 1. INTRODUCERE

În literatura de specialitate privind studiul vibrațiilor asupra articulației cotului există o multitudine de modele dinamice cu unul sau mai multe grade de libertate, în cea mai mare parte a lor studiind vibrațiile 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 sistemului mână-antebraț din figura 1 și de la forma de proteză de mână existentă în comerț din figura 2 se propune modelul dinamic din figura 3.

---

<sup>i</sup> Comunicare prezentată la cel de-al XXI-lea Simpozion National de Utilaje pentru Constructii (SINUC), București, 10-11 decembrie 2015

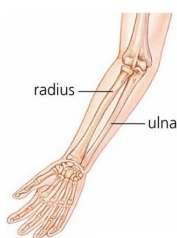
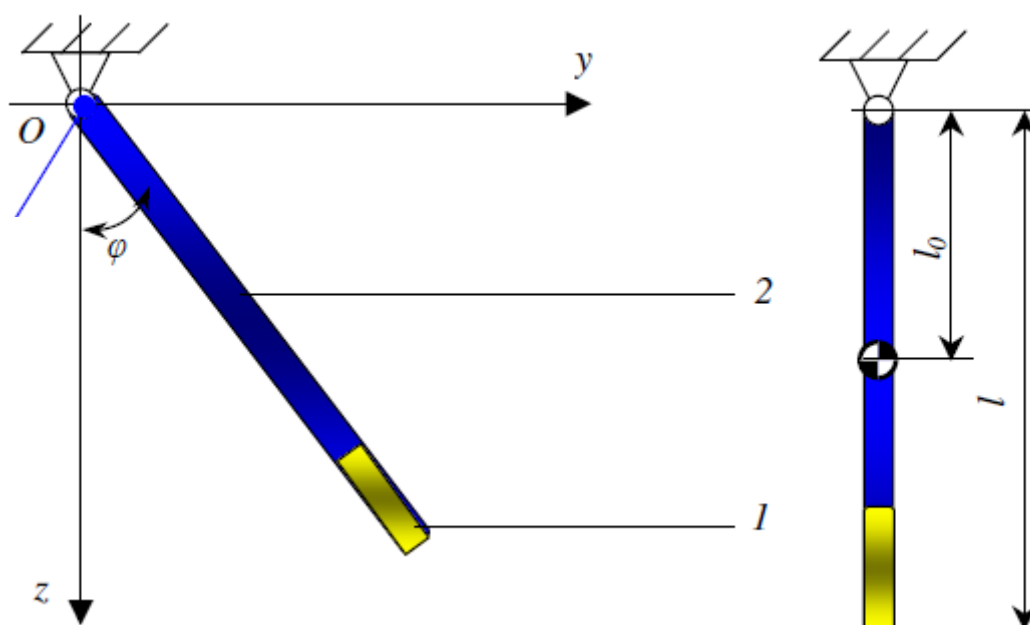


Fig.1. Sistemul anatomic mâna-antebraț [1]

Fig. 2. Proteza de mâna –antebraț [2]

Se utilizează un model al sistemului mână-antebraț [4] în care mâna face corp comun cu antebratul, sub forma unui pendul fizic simplu prezentat în figura 3.



1- mână  
2- antebrat

Fig. 3 Modelul dinamic al sistemului mână-antebraț

## 2. SIMULAREA MIȘCĂRII VIBRATORII A ARTICULAȚIEI COTULUI CU AJUTORUL MEDIULUI MATLAB

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

$$\frac{ml^2}{3}\ddot{\varphi} + c\dot{\varphi} + mgl_0 \sin \varphi = M_o \sin pt \quad (1)$$

## Cercetări privind acțiunea vibrațiilor asupra articulației cotului

Pentru sistemul mână-antebraț s-au determinat conform metodologiei din [3] :

- masa sistemului mână –antebraț  $m = 1,485 \text{ kg}$
- poziția centrului de greutate  $l_o = 0,19 \text{ m}$
- lungimea totală mână –antebraț  $l = 0,38 \text{ m}$

Introducând aceste valori în ecuația diferențială (1) și considerând  $p = 10 \text{ rad /s}$  se obține:

$$\ddot{\varphi} + 2,73\dot{\varphi} + 38,723 \sin \varphi = 1772 \sin 10t \quad (2)$$

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.

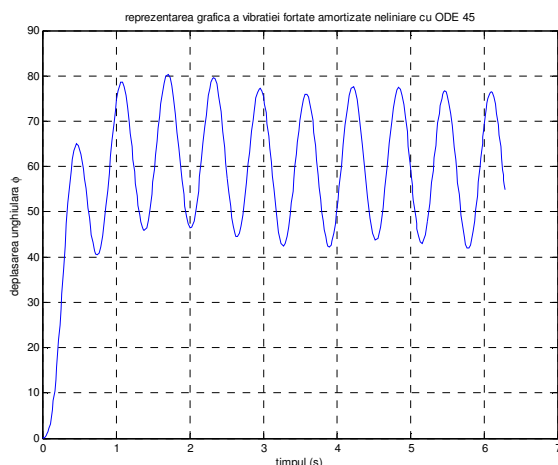


Fig.4. Rezultatele simulării în Matlab

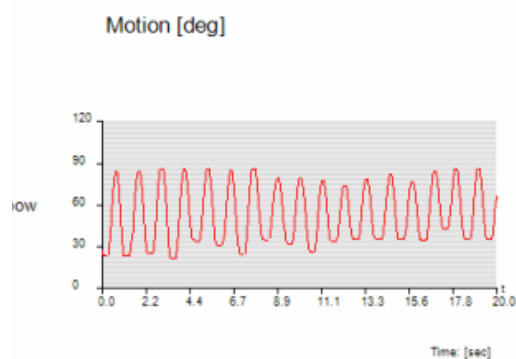


Fig.5. Rezultate experimentale [4]

Simularile realizate prin intermediul mediului Matlab de autorii prezentului articol (figura 4), au o bună concordanță cu cercetările 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).



Fig.6. Prezentarea aparaturii MediTouch [4]

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

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

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

$$\ddot{\varphi} = -2,73\dot{\varphi} - 38,723 \sin \varphi + 1772 \sin 10t \quad (3)$$

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 dinamică funcțională din Simulink ce modelează ecuația diferențială neliniară (2) este prezentată în figura 7.

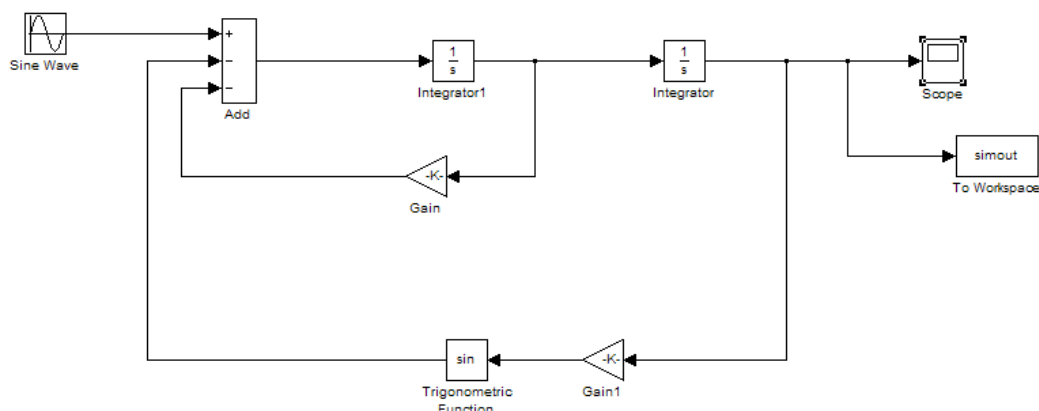


Fig. 7. Schema dinamica functionala în Simulink

Rezultatele simulării sunt reprezentate în figura 8.

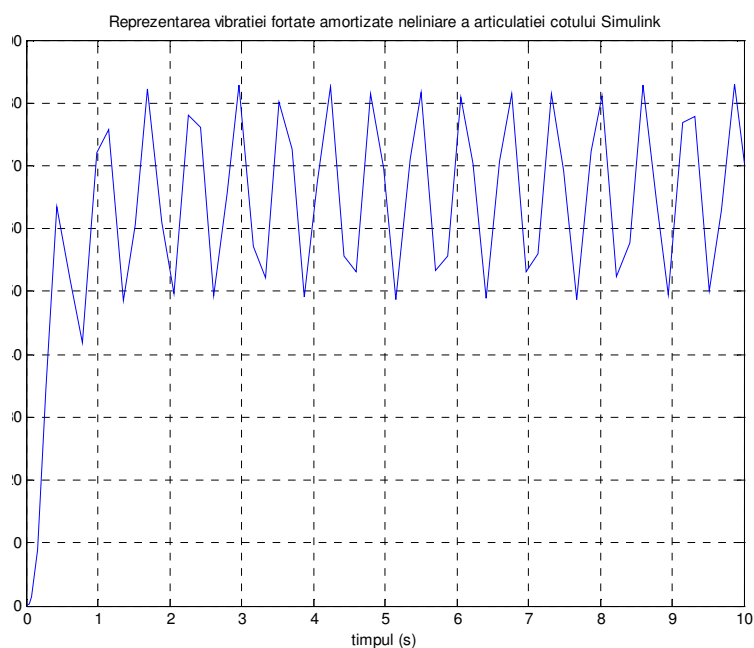


Figura 8 - Rezultatele simulării din Simulink

### 3. CONCLUZII

Din analiza rezultatelor simulării acțiunii vibrațiilor asupra articulației cotului 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](http://www.corpul-uman.com)
- [2] <http://www.bizoo.ro/firma/ortomedical/vanzare/7860173/proteza-de-antebrat-mioelectrica>
- [3] **Budescu E., Danila C.-Biomecanica.** *Îndrumar de lucrări practice.* Pag.72-79, Iași, (2013)
- [4] **Panaiteescu-Liess R.-** *Modelarea biomecanică a organismului uman sub acțiunea vibrațiilor – teza de doctorat- București-2013.*
- [5] **Baușic F., Pavel Cr., Diaconu Cr.-** *Mecanica teoretica. Vibrațiile sistemelor mecanice cu un grad de libertate,* Ed. Matrix Rom, București (2007)