



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2012 00252**

(22) Data de depozit: **09.04.2012**

(41) Data publicării cererii:  
**30.04.2015** BOPI nr. **4/2015**

(71) Solicitant:  
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:  
• **ARGHIR MARIANA, CALEA FLOREȘTI  
NR.81, BL.V 5, AP.10, CLUJ-NAPOCA, CJ,  
RO;**

• **POP AURORA FELICIA,  
ALEEA NICOLAE TITULESCU NR. 2, BL. 1,  
SC. A, AP. 10, TURDA, CJ, RO**

(74) Mandatar:  
**CABINET DE PROPRIETATE  
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,  
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, AP. 2,  
CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ**

(54) **METODĂ DE ATENUARE A VIBRAȚIILOR ANTEBRAȚULUI  
OPERATORULUI UMAN**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de atenuare a vibrațiilor antebrațului operatorului uman, care să conducă la atenuarea vibrațiilor mecanice transmise de la sursa de excitație, mașina-unealtă, la sistemul mână-braț, fapt care se realizează prin modelarea mecanică a sistemului mână-braț și adăugarea la modelul mecanic a unui dispozitiv atenuator de vibrații, de-a lungul antebrațului, mai exact între încheietura mâinii și a cotului. Metoda conform invenției constă în aceea că, într-o primă etapă, are loc măsurarea vibrațiilor la mână, brațul și antebrațul operatorului, pentru determinarea parametrilor vibrațiilor care trebuie atenuate, și calibrarea dispozitivului atenuator de vibrații, după care, în a doua etapă, se face o nouă măsurare a parametrilor vibrațiilor mecanice din timpul procesului de lucru, se recalibrează dispozitivul atenuator de vibrații, apoi se fixează pe antebrațul operatorului uman, acesta fiind pregătit pentru lucru.

Revendicări: 2  
Figuri: 5

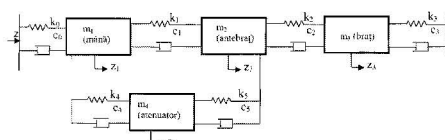


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## Metodă de atenuare a vibrațiilor antebrațului operatorului uman

Invenția propusă se referă la o posibilă metodă teoretică, care să conducă la atenuarea vibrațiilor mecanice transmise de la sursa de excitație (mașina-unealtă) la sistemul mână-braț. Acest fapt se realizează prin modelarea mecanică a sistemului mână-braț și adăugarea la modelul mecanic a unui dispozitiv atenuator de vibrații (de-a lungul antebrațului), mai exact între încheietura mâinii și a cotului.

Literatura de specialitate prezintă faptul că transmisibilitatea vibrațiilor mecanice la degete, transmisibilitate produsă de la unelte și dispozitivele vibratoare, are valori mari la frecvențe apropiate de 200 Hz. De asemenea, tot literatura de specialitate prezintă faptul că locurile de muncă unde s-au înregistrat cele mai multe îmbolnăviri profesionale datorate transmiterii vibrațiilor sunt mineritul, industria forestieră și construcția de drumuri și poduri. DAR, cazuri de îmbolnăviri profesionale s-au înregistrat și în industria grea, respectiv în turnătorii precum și în ateliere de lăcătușerie. Se prezintă faptul că singurele măsuri de prevenire privind protecția persoanei la locul de muncă, protecție împotriva vibrațiilor sunt:

- *Mănușile* confecționate din diverse materiale, în special cauciuc și pânză, dar disconfortul purtării acestora, din punct de vedere al dexterității persoanei la locul de muncă, conduce la evitarea purtării acestora, astfel că una din singurele măsuri de protecție existente până acum este aproape eliminată.
- Altă măsură de protecție, dar care nu privește echipamentele de protecție purtate la locul de muncă și impusă de standardele în vigoare este *proiectarea sculelor*, uneltelor și dispozitivelor vibratoare în așa fel, încât funcționarea acestora să nu permită transmiterea de vibrații mari mâinii operatorului uman, valori peste limitele admise de standarde. DAR la aceste echipamente apar uzuri în timp fapt care le determină să nu mai funcționeze în condiții optime și astfel, și această modalitate de prevenire a transmiterii vibrațiilor, pe termen lung, nu poate fi combătută.
- O altă măsură de prevenire a transmiterii vibrațiilor de la locul de muncă la mâna operatorului uman este *schimbarea locului de muncă*, respectiv prin rotația personalului de la locul de muncă pe parcursul a opt ore, astfel încât o persoană să nu fie supusă acțiunii vibrațiilor de la locul de muncă pe perioada întregii zile, DAR acest fapt necesită personal calificat suficient pregătit pentru a-și desfășura activitatea în mai multe locuri de muncă, sau pregătirea acestuia, fapt ce implică costuri financiare suplimentare firmei.

Problema teoretică privind minimizarea vibrațiilor mecanice transmise operatorului uman, la locul de muncă, apare datorită numărului mare de îmbolnăviri profesionale care apar, în timp, în aceste domenii (minerit, construcții, industria forestieră, industria grea-forje, etc.).

În prezent, cea mai folosită metodă de protecție privind reducerea transmiterii vibrațiilor mecanice de la locul de muncă, respectiv sursa de excitație (mașina-unealtă, dispozitiv) la mâna operatorului uman este *folosirea mănușilor*. Dar, această metodă de protecție a persoanei împotriva transmiterii vibrațiilor mecanice de la sursa de excitație, cu scopul minimizării lor, prezintă dezavantajul limitării dexterității operatorului uman, în special la degete, fapt pentru care se evită utilizarea lor și nu diminuează vibrațiile suficient încât să nu mai acționeze asupra mâinii operatorului uman.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția propusă este de a realiza un model mecanic privind sistemul mână-braț, care să corespundă cât mai mult cu realitatea și la care se atașează de-a lungul antebrațului un dispozitiv atenuator de vibrații mecanice cu rol de atenuare a vibrațiilor mecanice transmise de la sursa de excitație (mașina de lucru) la brațul operatorului uman.

Metoda de atenuare a vibrațiilor mecanice de-a lungul antebrațului operatorului uman, conform invenției, înlătură dezavantajele metodelor cunoscute în prezent prin aceea că presupune, într-o primă etapă că are loc măsurarea vibrațiilor la mână, brațul și antebrațul operatorului, determinarea vibrațiilor care trebuie atenuate și calibrarea dispozitivului atenuator de vibrații, după care, în a doua etapă se face o nouă măsurare a parametrilor vibrațiilor mecanice din timpul procesului de lucru și se recalibrează dispozitivului atenuator de vibrații, fixându-se pe antebrațul operatorului uman, acesta fiind pregătit pentru lucru.

Aplicarea metodei presupune realizarea următoarelor activități:

1. Se măsoară cu un analizor de vibrații mecanice, vibrațiile mecanice care se transmit operatorului uman de la sursa de excitație (mașina de lucru), în timpul procesului de lucru, în următoarele etape:
  - a. Se montează un accelerometru triaxial pentru măsurarea vibrațiilor pe mâna operatorului;
  - b. Se montează accelerometrul pe antebrațul operatorului uman, pentru măsurarea vibrațiilor;
  - c. Se montează accelerometrul triaxial pe brațul operatorului uman, pentru măsurarea vibrațiilor;
  - d. Se analizează vibrația transmisă și se stabilește ordinul de mărime al acesteia necesar minimizării, astfel încât vibrațiile să se încadreze în normele impuse de standarde.
2. Se calibrează aparatul de măsurare a vibrațiilor mecanice în scopul obținerii corecte a valorilor vibrațiilor măsurate, chiar în momentul când se utilizează dispozitivul de atenuare, aceste vibrații fiind transmise prin antebrațul operatorului uman.
3. Se atașează dispozitivul de atenuare pe antebrațul operatorului uman, între încheietura mâinii și a cotului acesta fiind realizat cu o ergonomie satisfăcătoare și menținerea mobilității elementelor anatomic.
4. Se desfășoară activitatea din cadrul procesului de muncă al operatorului uman, în același timp măsurându-se și parametrii vibrațiilor la mână, braț și antebraț.

În continuare se prezintă un exemplu de aplicare a metodei, având la bază un model mecanic liniar și simplificat al sistemului mână-braț, cu patru grade de libertate, care are anexat de-a lungul antebrațului, un dispozitiv de atenuare a vibrațiilor mecanice (montat între încheietura mâinii și a cotului) și care este prezentat în figura 1.

În figura 1,  $m_1$  reprezintă masa mâinii,  $m_2$  reprezintă masa antebrațului,  $m_3$  masa brațului, iar  $m_4$  masa dispozitivului atenuator de vibrații, toate masele fiind concentrate în centrele de masă ale elementului anatomic studiat.

Legăturile între elementele anatomic studiate, respectiv mână, antebraț, braț și dispozitiv de atenuare a vibrațiilor sunt prezentate în modelul matematic propus cu arcuri și amortizoare, ale căror constante sunt notate cu  $k_i$  și  $c_i$ ,  $i = 1-5$ . Amortizoarele utilizate în modelul matematic se consideră pentru simplificare că din construcție vor transmite mișcarea doar după direcția Oz, respectiv în lungul brațului.

Ecuția diferențială de mișcare a modelului mecanic simplificat ce caracterizează sistemul mână-braț (Fig.1) se scrie sub formă matriceală astfel:

$$[M]\left\{\frac{d^2U}{dt^2}\right\} + [C]\left\{\frac{dU}{dt}\right\} + [K]\{U\} = \{F\}. \quad (1.1a)$$

unde:  $[M]$ ,  $[C]$  și  $[K]$  sunt matricele maselor, ale amortizărilor și ale constantelor de elasticitate ale sistemului. Matricele au dimensiunile (4x4), dacă se ia în considerare și dispozitivul atenuator de vibrații dat de masa  $m_4$  precum și deplasarea  $z_4$ , iar matricea

excitației  $\{F\}$  este de dimensiunea  $(4 \times 1)$ .  $\{U\}$  reprezintă matricea vector a coordonatelor generalizate ale mișcării, având dimensiunea  $(4 \times 1)$  și pentru care matricea transpusă este

$$\{U\}^T = \{z_{1-\text{mână}}, z_{2-\text{antebraț}}, z_{3-\text{braț}}, z_{4-\text{dispozitiv de atenuare}}\}. \quad (1.1b)$$

$Z$  reprezintă sursa de excitație.

Prin montarea unui atenuator de vibrații mecanice pe antebraț, metoda teoretică prezentată evidențiază că transmiterea vibrațiilor de la sursa de excitație la sistemul mână-braț se diminuează până la cot, cu mai mult de jumătate din valoarea inițială, comparativ cu situația în care nu se utilizează un dispozitiv atenuator de vibrații.

Aceste studii și-au impus necesitatea pe motiv că existau și există domenii ale industriei care produceau/produc îmbolnăviri profesionale, respectiv la persoanele care lucrează în aceste medii vibratorii și care lucrează perioade mari de timp (zeci de ani), iar aceste îmbolnăviri produc disconfortul persoanei, boli profesionale și pe de altă parte produc cheltuieli din punct de vedere al tratamentului acestor afecțiuni, etc.

În continuare se va face o scurtă prezentare a modului cum s-a inițiat și conceput această metodă.

### 1. Modelare mecanică

Sistemul uman mână - braț este un sistem cu un grad mare de complexitate, neomogen, continuu, cu proprietăți vâsco - elastice în mușchi, oase și piele. Din acest motiv s-au impus condiții simplificatoare modelului încă de la început, neglijându-se articulațiile din încheietura mâinii, cot și umăr.

Sistemul de ecuații, ce caracterizează ansamblul mână-braț (Fig. 1), este un sistem diferențial de ordinul doi, liniar, neomogen la care:

- $z_1$  reprezintă deplasarea după direcția  $z_h$  a masei  $m_1$  - mână (direcția axei  $z_h$  este în lungul celui de al treilea os metacarpian), conform sistemului de coordonate anatomic dat de standardul 5349/2001;
- $z_2$  reprezintă deplasarea după direcția  $z_h$  a masei  $m_2$  - antebraț;
- $z_3$  reprezintă deplasarea după direcția  $z_h$  a masei  $m_3$  - braț;
- $z_4$  reprezintă deplasarea după direcția  $z_h$  a masei  $m_4$  - atenuator de vibrații mecanice.

S-au efectuat un set de măsurători de vibrații pe sistemul mână-braț cu scopul determinării excitației armonice, excitația fiind dată de mașina-unealtă (strung), aceasta acționând după direcția  $Oz$  (Fig., 1). Pentru notațiile din figurile 1 și 2 amplitudinea forței de excitație la intrarea în sistem este  $\dot{z}_0$  [m/s] și  $z_0$  [m] și acestea sunt valori măsurate. Respectiv, sunt valori ale vitezei și deplasării obținute de-a lungul brațului și măsurate la încheietura mâinii, pentru turația mașinii-unelte (strung) studiată la 1000 rot/min.

#### 1.1 Studiul sistemului mână-braț fără montarea unui atenuator de vibrații mecanice

În prima fază s-a analizat modelul mecanic simplificat al sistemului mână-braț a cărui caracteristici antropometrice au fost determinate (Tab.2), iar caracteristicile vâsco-elastice au fost preluate din literatura de specialitate (Tab.1).

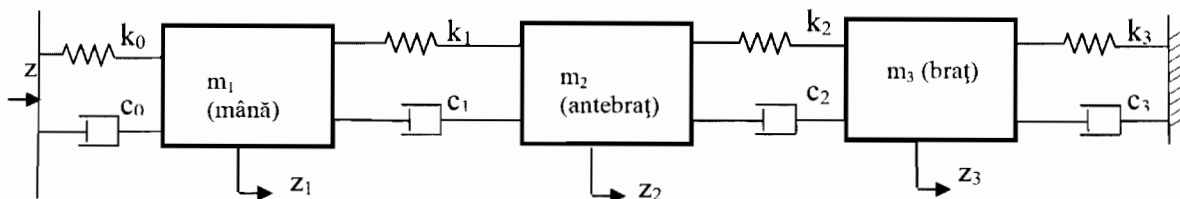


Fig. 1 Sistem mecanic liniar al ansamblului mână-braț cu 3 grade de libertate.

Sistemul diferențial de ecuații ce caracterizează sistemul uman mână-braț reprezentat în figura 1 este dat de sistemul 1.1.

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{z}_1 + (c_0 + c_1) \dot{z}_1 + (k_0 + k_1) z_1 - c_1 \dot{z}_2 - k_1 z_2 &= z_0 (c_0 \omega \cos \omega t + k_0 \sin \omega t) \\
 m_2 \ddot{z}_2 + (c_1 + c_2) \dot{z}_2 + (k_1 + k_2) z_2 - c_1 \dot{z}_1 - k_1 z_1 - c_2 \dot{z}_3 - k_2 z_3 &= 0 \\
 m_3 \ddot{z}_3 + (c_2 + c_3) \dot{z}_3 + (k_2 + k_3) z_3 - c_2 \dot{z}_2 - k_2 z_2 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

**Tab. 1 Parametrii vâsco-elastici ai sistemului mână-braț**

| Parametrii vâsco-elastici ai sistemului mână-braț       |                         |  |            |
|---|-------------------------|--|------------|
| [Cherian, T., Rakheja, S., Bhat, R., B.] <sup>(1)</sup> |                         |  |            |
| <sup>(1)</sup> k <sub>0</sub> =                         | 155.8 x 10 <sup>3</sup> | <sup>(1)</sup> c <sub>0</sub> =              | 30 Ns/m    |
|   | N/m                     | <sup>(1)</sup> c <sub>1</sub> =              | 202.8 Ns/m |
| <sup>(1)</sup> k <sub>1</sub> =                         | 23.6 x 10 <sup>3</sup>  | <sup>(1)</sup> c <sub>2</sub> =              | 500 Ns/m   |
|   | N/m                     | <sup>(1)</sup> c <sub>3</sub> =              | 164.6 Ns/m |
| <sup>(1)</sup> k <sub>2</sub> =                         | 444.6 x 10 <sup>3</sup> |  |            |
|   | N/m                     |  |            |
| <sup>(1)</sup> k <sub>3</sub> =                         | 415.4 x 10 <sup>3</sup> |  |            |
|   | N/m                     |  |            |
| k = k <sub>4</sub> = k <sub>5</sub> =                   |                         | 365.75 c = c <sub>4</sub> = c <sub>5</sub> = |            |
|   | N/m                     |  | 58.5 Ns/m  |

**Tab. 2 Parametrii antropometrici ce caracterizează sistemul mână-braț și atenuatorul de vibrații**

| Parametrii antropometrici                       |
|---|
| m <sub>1</sub> = 0.45 kg - mână                 |
| m <sub>2</sub> = 1.15 kg - antebraț             |
| m <sub>3</sub> = 1.9 kg - braț                  |
| m <sub>4</sub> = 0.5 kg – atenuator de vibrații |

Caracteristicile antropometrice (Tab.2), respectiv masa mâinii (m<sub>1</sub>), antebrațului (m<sub>2</sub>), brațului (m<sub>3</sub>) au fost determinate matematic, utilizând regula de trei simplă, care lua în calcul volumul și greutatea unei persoane, iar mâna, antebrațul și brațul au fost approximate cu trunchiuri de con.

Soluțiile sistemului de ecuații diferențiale (1.1) sunt viteze și deplasări, respectiv pentru mână deplasarea este z<sub>1</sub>,

pentru antebraț deplasarea este z<sub>2</sub> și pentru braț deplasarea este z<sub>3</sub>.

### 1.2 Sistemul mână-braț având montat un atenuator de vibrații mecanice

În cel de al doilea caz analizat (Fig.2) s-a adăugat modelului mecanic prezentat în figura 1 pe lungimea antebrațului (între încheietura mâinii și cot) un dispozitiv de atenuare a vibrațiilor, a cărui masă este m<sub>4</sub>. La acest nou model matematic care are 4 grade de libertate i se adaugă caracteristicile mecanice, respectiv coeficienții vâsco-elastici ce corespund dispozitivului atenuator de vibrații montat pe antebraț. Aceștia s-au notat cu c<sub>4</sub>, c<sub>5</sub> și k<sub>4</sub>, k<sub>5</sub> și s-au ales astfel încât să fie în concordanță cu valorile caracteristicilor mecanice date de antebraț, astfel: k<sub>4</sub>+k<sub>5</sub> ≈ k, c<sub>4</sub>+c<sub>5</sub> ≈ c (fig. 2).

6)

Sistemul de ecuații diferențiale ce caracterizează modelul mecanic cu atenuator de vibrații din figura 2 sunt date de sistemul (1.2):

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{z}_1 + (c_0 + c_1 + c) \dot{z}_1 + (k_0 + k_1 + k) z_1 - c_1 \dot{z}_2 - k_1 z_2 &= z_0 (c_0 \omega \cos \omega t + k_0 \sin \omega t) \\
 m_2 \ddot{z}_2 + (c_1 + c_2) \dot{z}_2 + (k_1 + k_2) z_2 - c_1 \dot{z}_1 - k_1 z_1 - c_2 \dot{z}_3 - k_2 z_3 &= 0 \\
 m_3 \ddot{z}_3 + (c_2 + c_3 + c) \dot{z}_3 + (k_2 + k_3 + k) z_3 - c_2 \dot{z}_2 - k_2 z_2 - c \dot{z}_4 - k z_4 &= 0 \\
 m_4 \ddot{z}_4 + 2c \dot{z}_4 + 2k z_4 - c \dot{z}_1 - k z_1 - c \dot{z}_3 - k z_3 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{1.2}$$

Rezultatele obținute prin integrarea sistemului de ecuații diferențiale de ordinul doi date de relația 1.2 sunt viteze și deplasări, dar se analizează în continuare doar deplasările rezultate, respectiv  $z_1$  pentru mână,  $z_2$  pentru antebră,  $z_3$  pentru braț și  $z_4$  pentru dispozitivul de atenuare de vibrații, conform figurilor 3, 4 și 5.

**2. Grafice comparative între rezultatele obținute pe modelul matematic fără/cu dispozitivul de amortizare al vibrațiilor montat de-a lungul antebrăului**

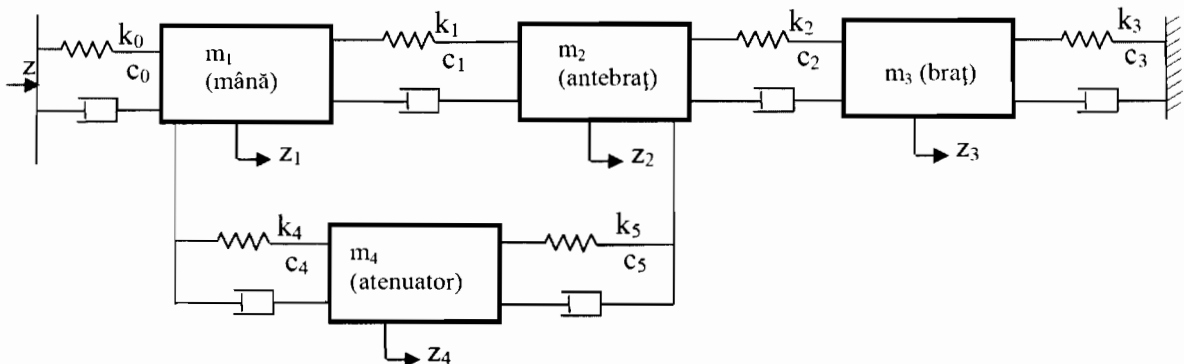
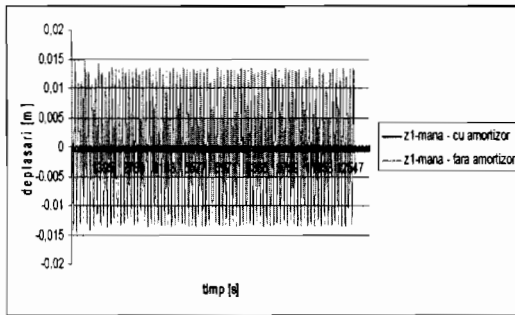


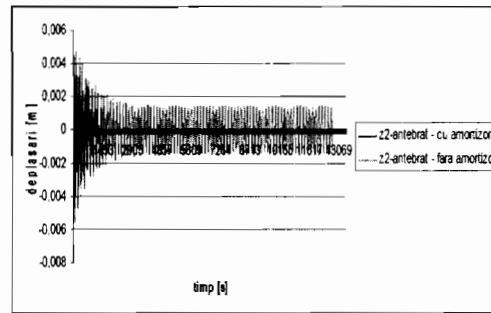
Fig. 2 Sistem mecanic liniar al ansamblului mână-braț cu 4 grade de libertate și cu atenuatorul de vibrații montat pe antebră (între încheietura mâinii și a cotului).

Figurile 3, 4 și 5 prezintă rezultatele obținute din atenuarea vibrațiilor de-a lungul antebrăului, în cazul montării unui dispozitiv de amortizare, vibrații transmise de la mașina-unealtă (strung) și care se transmit mai departe de-a lungul brațului la valori mult mai mici. S-a efectuat o dublă integrare (Runge – Kutta de ordinul 4) pentru un timp de 5 s, obținându-se valorile din figurile prezentate mai jos. Se observă că valorile sunt de formă armonică, iar la utilizarea dispozitivului de atenuare montat pe antebră acestea se reduc foarte mult (linia albastră).

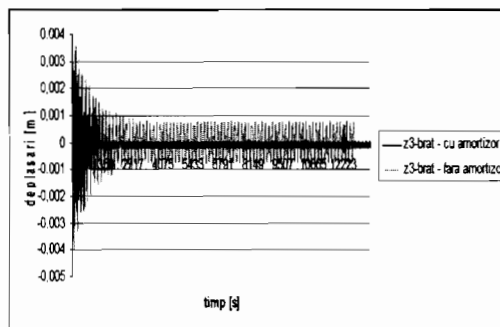
Cu alte cuvinte transmiterea vibrațiilor mecanice de la mână la cot se divide prin dispozitivul de atenuare, ajungând la cot și mai departe în braț, la valori foarte mici. Scopul propus prin propunerea de invenție a fost atins, respectiv se reduc vibrațiile mecanice transmise sistemului mână-braț prin utilizarea unui dispozitiv de atenuare a vibrațiilor, montat pe antebră.



**Fig.3** Comparație între deplasările sistemului la mână (z1) fără/cu atenuatorul de vibrații montat pe antebraț, pentru turația mașinii – unelte (strung) de 1000 rot/min.



**Fig.4** Comparație între deplasările sistemului la antebraț (z2) fără/cu atenuatorul de vibrații montat pe antebraț, pentru turația mașinii – unelte (strung) de 1000 rot/min.



**Fig.5** Comparație între deplasările sistemului la braț (z3) fără/cu atenuatorul de vibrații montat pe antebraț, pentru turația mașinii – unelte (strung) de 1000 rot/min.

## Bibliografie

1. Arnold, M.; Burgermeister, B. & Eichberger, A. (2007). *Linearly implicit time integration methods in real time applications: DAEs and stiff ODEs*, Available from: [www.sim.mathematik.unihale.de/~arnold/pdf/abstract/2007/ArnoldBurgermeisterEichberger07.pdf](http://www.sim.mathematik.unihale.de/~arnold/pdf/abstract/2007/ArnoldBurgermeisterEichberger07.pdf)  
Accessed: (2009-07-19);
2. Brammer, A.J. & Taylor, W. (1982). *An investigation of chipping hammer vibration. Vibration effects on the hand and arm in industry*, Accessed: (2009-07-19), Available from: [www.getcited.org/pub/102227274](http://www.getcited.org/pub/102227274);
3. Cherian, T.; Rakheja, S. & Bhat, R., B. (1995) *An analytical investigation of an energy flow divider to attenuate hand-transmitted vibration*, Available from: [www.linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1350453302000188](http://www.linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1350453302000188) Accessed: (2009-07-19).

## REVENDICĂRI

1. Metodă de atenuare a vibrațiilor antebrațului operatorului uman, **caracterizată prin aceea că**, într-o primă etapă are loc măsurarea vibrațiilor la mână, brațul și antebrațul operatorului, pentru determinarea parametrilor vibrațiilor care trebuie atenuate și calibrarea dispozitivului atenuator de vibrații, după care, în a doua etapă se face o nouă măsurare a parametrilor vibrațiilor mecanice din timpul procesului de lucru, se recalibrează dispozitivului atenuator de vibrații, apoi se fixează pe antebrațul operatorului uman, acesta fiind pregătit pentru lucru.
2. Metodă de atenuare a vibrațiilor antebrațului operatorului uman, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, presupune realizarea următoarelor activități:
  - A. Măsurarea vibrațiilor mecanice care se transmit operatorului uman de la sursa de excitație în timpul procesului de lucru, în următoarele faze:
    - se montează un accelerometru triaxial pentru măsurarea vibrațiilor pe mână operatorului;
    - se montează accelerometrul pe antebrațul operatorului uman, pentru măsurarea vibrațiilor;
    - se montează accelerometrul triaxial pe brațul operatorului uman, pentru măsurarea vibrațiilor;
    - se analizează vibrația transmisă și se stabilește ordinul de mărime al acesteia necesar minimizării, astfel încât vibrațiile să se încadreze în normele impuse de standarde.
  - B. Se calibrează aparatul de măsurare a vibrațiilor mecanice în scopul obținerii corecte a valorilor vibrațiilor măsurate, chiar în momentul când se utilizează dispozitivul de atenuare, aceste vibrații fiind transmise prin antebrațul operatorului uman.
  - C. Se atașează dispozitivul de atenuare pe antebrațul operatorului uman, între încheietura mâinii și a cotului acesta fiind realizat cu o ergonomie satisfăcătoare și menținerea mobilității elementelor anatomice.
  - D. Se desfășoară activitatea din cadrul procesului de muncă al operatorului uman, în același timp măsurându-se și parametrii vibrațiilor la mână, braț și antebraț.