

INCERCARI EXPERIMENTALE ASUPRA SISTEMELOR ELASTICE IN CONFIGURATIE ETAJATA MULTIPLA DESTINATE IZOLARII ACTIUNILOR DINAMICE

Silviu NASTAC, Dr.ing.,
Centrul de Cercetari pentru Mecanica Masinilor si Echipamentelor Tehnologice
Universitatea "Dunarea de Jos", Facultatea de Inginerie din Braila
Calea Calarasilor 29, 810017, Braila, Romania
email: snastac@ugal.ro

Abstract: This paper handle the actual problematics of the experimental dynamics of anti-vibration and anti-seismic passive elastic systems, with complex structural configuration. The entire ensemble of the experimental tests - both the static, and the dynamic working state - was performed with the laboratory conditions treating, as the same manner with the real state of exploitation. The conception, designing, numerical simulations, and prototype tests and analysis had have the main next objective: the obtaining of an innovative type of passive elastic protection systems against the nocive vibrations and seismic type waves. Partial concluding remarks of this study, taking into account the numerical values obtained for the main parameters - high static and dynamic deflections, low natural frequencies, relative high nominal loads - leads to the accomplish of the initial purposes.

1. INTRODUCERE. PREZENTAREA GENERALA A SISTEMELOR

Scopul principal al acestui studiu il constituie realizarea unor sisteme elastice performante, destinate protectiei de tip pasiv impotriva vibratiilor sau a undelor de tip seismic. Tinand cont de domeniul de valori caracteristice pentru tipurile de semnale perturbatoare enumerate anterior, au fost adoptate initial urmatoarele ipoteze: sistemele antivibratorii propuse vor fi supuse numai la sollicitari pe directie verticala, avand domeniul de frecvente 1 ... 10 Hz; sollicitarile exterioare vor fi de tip cinematic; frecventa proprie a ansamblului sarcina - izolator - teren sa fie in domeniul 0,4 ... 2 Hz, astfel incat, in functie de situatia concreta de exploatare, reazemul elastic - izolatorul - sa lucreze in zona de post-rezonanta. In acest mod transmisibilitatea fortei capata valori subunitare ceea ce implica direct obtinerea unor valori de 80 ... 95 % pentru gradul de izolare. De asemenea, eficienta izolarii poate atinge valori maxime pentru un regim stabil de functionare situat in zona de post-rezonanta.

Sistemele elastice individuale in configuratie etajata (SEIE) propuse, realizate si analizate experimental, sunt prezentate in figura 1. Acestea sunt formate din doua reazeme elastice identice ce au in componenta elemente elatice din cauciuc antivibratil, montate intr-un sistem de tip parghie care indeplineste urmatoarele functii:

- din punct de vedere constructiv, asigura atat functia de prindere la structura/teren, cat si pe cea de distributie a sarcinii utile si a perturbatiei, in mod unitar, la toate reazemele elastice din componenta ansamblului;

- din punct de vedere functional, asigura o majorare substantiala a valorilor sagetilor atat in regim cvasistatic, cat si in regim dinamic, de functionare, cu scaderea corespunzatoare a valorilor frecventelor proprii ale intregului ansamblu structura - reazem/izolator - teren.



Figura 1. Imagine de ansamblu si configuratia de lucru pentru experimentarea sistemelor elastice individuale in configuratie etajata - SEIE

(a) vedere generala a sistemului elastic; (b) detaliu de montaj a traductorului de acceleratii

2. EVALUAREA EXPERIMENTALA A PARAMETRILOR DINAMICI ESENTIALI

Pentru determinarea valorilor parametrilor dinamici esentiali ai SEIE - frecventa proprie, raportul de amortizare - a fost utilizata configuratia de lucru prezentata in figura 1. Astfel, atat sarcina statica utila, cat si perturbatia externa de tip cinematic, au fost aplicate pe capatul liber al structurii metalice (platforma de aplicare a sarcinii). In centrul geometric al platformei (figura 1) a fost montat un traductor de tip accelerometru pe captarea semnalului de acceleratie corespunzator miscarii sistemului de rezemare/izolare. Achizitia, prelucrarea si analiza semnalelor au fost realizate cu ajutorul unui instrument virtual performant, dezvoltat de autor in mediul de programare LabVIEW™ - National Instruments.

Tabelul 1. Programarea testelor experimentale pentru SEIE

numarul de elemente elastice / reazem	sarcina statica utila a sistemului [daN]	
	2	0
4	0	86

In cadrul acestei etape de analiza experimentală a comportării dinamice și de identificare a parametrilor caracteristici, au fost efectuate următoarele teste experimentale (tabelul 1): sistemul

fara si cu sarcina statica utila, avand patru, respectiv doua elemente elastice de compresiune inglobate in fiecare reazem. Pentru fiecare din cele patru variante au fost evaluate valorile si evolutiile tuturor parametrilor de interes.

Valorile diferite ale sarcinii statice utile sunt rezultatul unor pre-evaluari in regim static, in raport cu sageata maxima admisibila pentru fiecare tip de SEIE.

Excitarea initiala a sistemului (deplasarea sistemului din starea de echilibru) a fost realizata manual, prin aplicarea unui numar de oscilatii (8...10) pe capatul liber al structurii metalice. Oscilatiile au fost aplicate pe directie verticala. Analiza dinamica a fost realizata exclusiv in zona specifica oscilatiilor libere ale sistemului, din intreg domeniul semnalului achizitionat (figura 2).

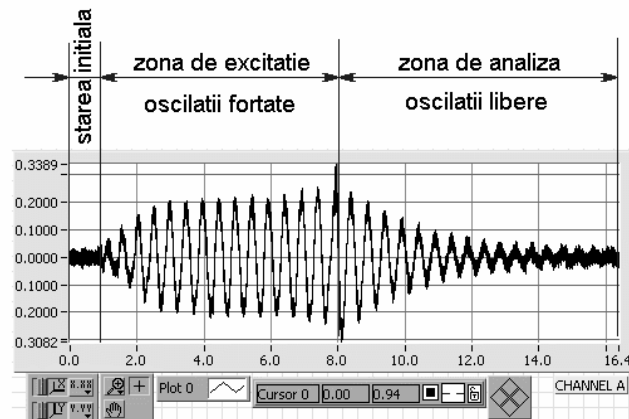


Figura 2. Exemplu de semnal achizitionat cu evidentiarea zonei utile pentru analiza dinamica
(semnal de acceleratie pentru cazul SEIE cu doua elemente elastice pe fiecare reazem
si cu sarcina statica utila nula)

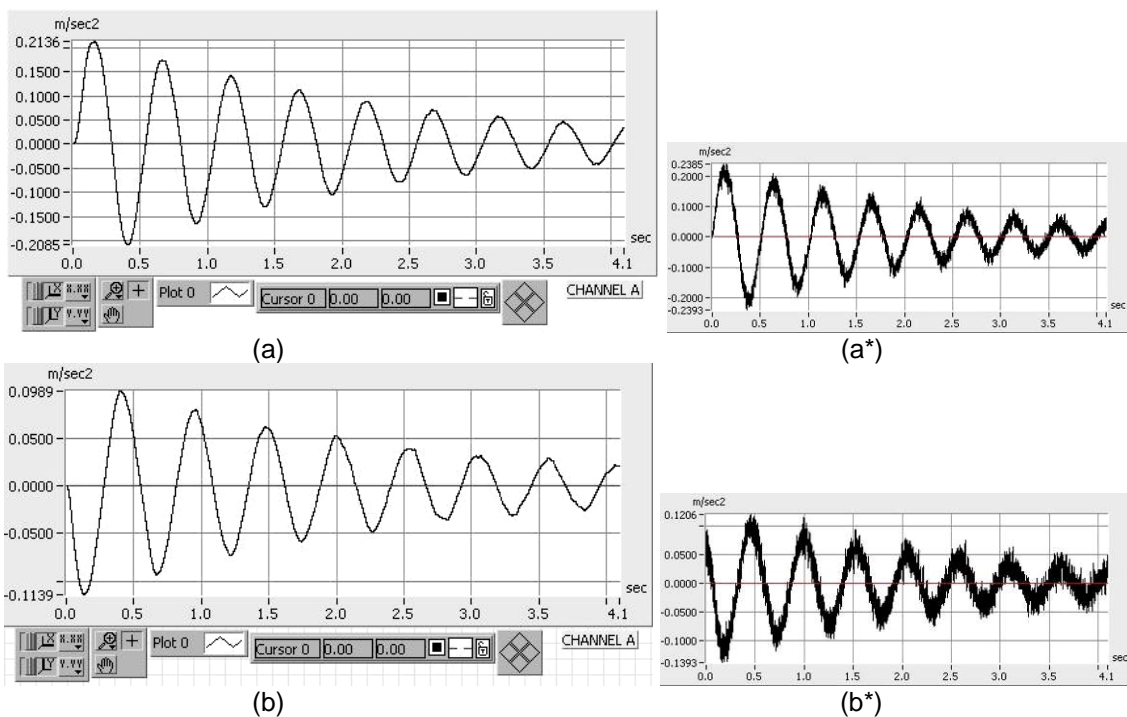


Figura 3. Evolutia temporală a semnalelor de acceleratie pentru SEIE-2.

(a) - sarcina utila nula; (b) - sarcina utila de 40 daN;
(a*) si (b*) - semnalele nefiltrate corespunzatoare variantelor (a), respectiv (b).

Pentru sistemul elastic individual in configuratie etajata cu doua elemente elastice pe fiecare reazem, supus unui regim de oscilatii libere, evolutia acceleratiei dupa directia verticala, in centrul geometric al platformei de aplicare a sarcinii utile, este prezentata in figura 3: (a) - pentru varianta cu sarcina utila nula si (b) - pentru varianta cu sarcina utila de 40daN.

Semnalul de acceleratie achizitionat (semnalul "brut") este format dintr-o componenta de frecventa joasa (1...4 Hz), peste care se suprapune "zgomotul" structural al sistemului, format dintr-o multitudine de componente spectrale situate in domeniul superior de frecventa. Acest lucru este pus in evidenta atat de evolutia temporala a semnalelor, cat si de caracteristicile frecventiale ale acestuia (compozitia spectrala, PSD). Pentru estimarea performantelor functionale ale SEIE, in regim dinamic, este necesara eliminarea (sau minimizarea influentelor) acestor componente "parazite" din cadrul semnalului initial. Din acest motiv, inainte de a proceda la prelucrarea semnalelor achizitionate, acestea au fost pre-procesate cu ajutorul unui filtru de tip "trece-jos", tip Butterworth, de ordinul 2 avand frecventa de taiere de 8 Hz. Pentru exemplificare, in figura 3 (a* si b*) sunt prezentate semnalele de acceleratie in forma initiala, nefiltrata.

Compozitia spectrala, frecventa proprie si repartizarea puterii semnalului pe fiecare componenta a spectrului de frecventa, corespunzatoare celor doua semnale din figura 3, rezulta din diagrama densitatilor spectrale de putere - figura 4: (a) - PSD pentru semnalul din figura 3.a; (b) - PSD pentru semnalul din figura 3.b.

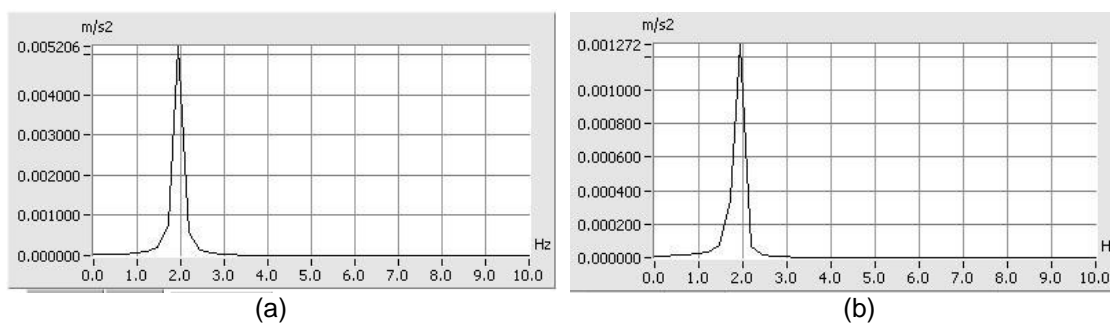


Figura 4. Densitatea spectrala de putere (PSD) a semnalelor de acceleratie pentru SEIE-2.
(a) - PSD pentru semnalul din figura 3.a; (b) - PSD pentru semnalul din figura 3.b.

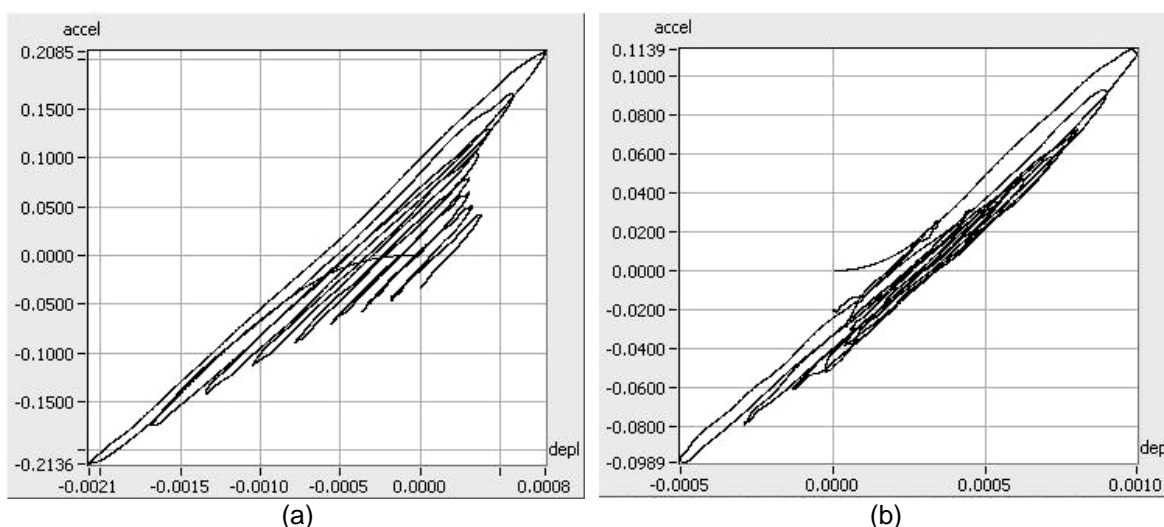


Figura 5. Caracteristica de rigiditate pentru SEIE-2.
(a) - sarcina utila nula; (b) - sarcina utila de 40 daN.

Evaluarea calitativa a caracteristicii elastice pentru sistemul elastic individual in configuratie etajata (SEIE) rezulta din diagramele prezentate in figura 5. Analizand aceste diagrame se observa caracterul nelinier al functiei de rigiditate, aspect evidentiat deasemenea prin analiza statica dezvoltata in cadrul unor studii si cercetari anterioare.

In ceea ce priveste caracteristica disipativa a acestui tip de sistem elastic complex, aceasta va fi determinata folosind metoda grafo-analitica pentru evaluarea decrementului logarithmic. Se face mentiunea ca intreaga metodologie a fost implementata in cadrul instrumentului virtual dezvoltat in mediul LabVIEW™. rezultatele obtinute sunt prezentate sintetic in tabelul 2.

Tabelul 2. Valorile parametrilor specifici amortizarii din SEIE-2

sarcina utila Q_{st} [daN]	valori medii globale ale parametrilor de amortizare		
	decrementul logarithmic al amortizarii Δ	factorul de pierderi 2ζ	raportul de amortizare ζ
0 + (24)	0,4416	0,1406	0,0703
40 + (24)	0,3514	0,1119	0,0560

sarcina utila Q_{st} [daN]	sirul valorilor decrementului logarithmic al amortizarii
0 + (24)	0,123; 1,409; 0,571; 0,360; 0,259; 0,203; 0,166;
40 + (24)	0,801; 0,439; 0,295; 0,239; 0,176; 0,159;

In cazul sistemului elastic individual in configuratie etajata cu patru elemente elastice pe fiecare reazem, evolutia acceleratiei platformei de aplicare a sarcinii utile, dupa directia verticala, este prezentata in figura 6 : (a) - pentru sarcina utila nula si (b) pentru sarcina utila de 86 daN. Se face mentiunea ca ambele semnale sunt pre-procesate cu ajutorul unui filtru de tip Butterworth de ordinul 2 - "trece-jos", avand frecventa de taiere de 8 Hz. O evaluare a valorii frecventei proprii si a modului de repartizare a puterii pentru fiecare componenta spectrala poate fi realizata analizand diagramele prezentate in figura 7.

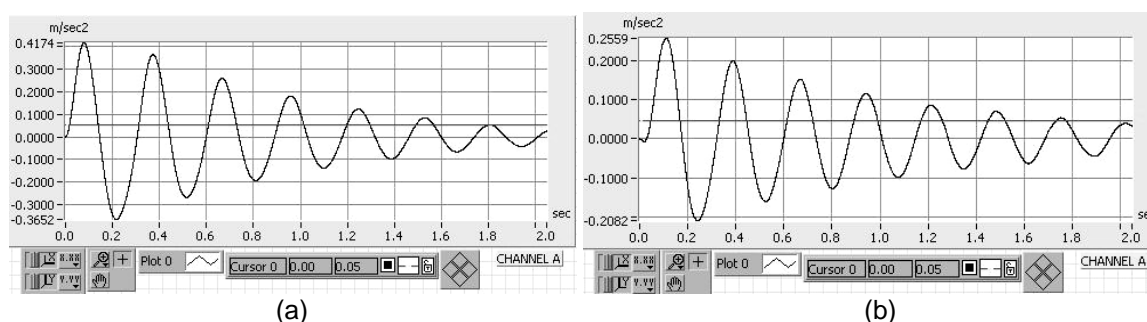


Figura 6. Evolutia temporală a semnalelor de acceleratie pentru SEIE-4.

(a) - sarcina utila nula; (b) - sarcina utila de 86 daN.

Pentru evidentierea caracterului nelinier al functiei de rigiditate pentru sistemul elastic individual in configuratie etajata cu patru elemente elastice pe reazem, a fost efectuata o analiza a evolutiei fortei elastice dezvoltate in interiorul sistemului in functie de deformatia globala a acestuia. Diagramele obtinute sunt prezentate in figura 8.

Caracteristica disipativa a acestei variante de SEIE, a fost determinata utilizand metodologia mentionata in paragraful anterior. Astfel, valorile obtinute pentru parametrii specifici functiei de disipare sunt prezentati in tabelul 3.

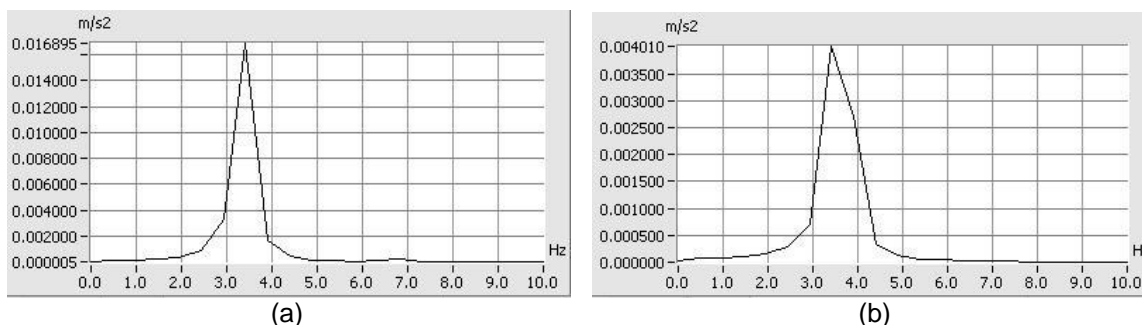


Figura 7. Densitatea spectrala de putere (PSD) a semnalelor de acceleratie pentru SEIE-4.
(a) - PSD pentru semnalul din figura 6.a; (b) - PSD pentru semnalul din figura 6.b.

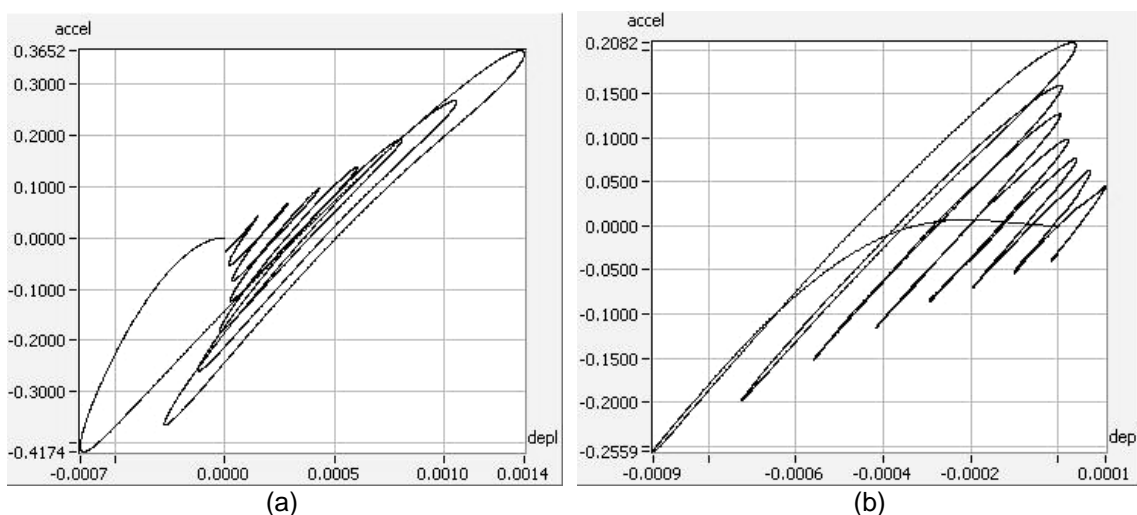


Figura 8. Caracteristica de rigiditate pentru SEIE-4.
(a) - sarcina utila nula; (b) - sarcina utila de 86 daN.

Tabelul 3. Valorile parametrilor specifici amortizarii din SEIE-4

sarcina utila Q_{st} [daN]	valori medii globale ale parametrilor de amortizare		
	decrementul logaritmic al amortizarii Δ	factorul de pierderi 2ζ	raportul de amortizare ζ
0 + (24)	0,5228	0,1664	0,0832
86 + (24)	0,4603	0,1465	0,0733
sarcina utila Q_{st} [daN]	sirul valorilor decrementului logarithmic al amortizarii		
0 + (24)	1,557; 0,582; 0,363; 0,263; 0,204; 0,167;		
86 + (24)	1,255; 0,543; 0,342; 0,251; 0,202; 0,168;		

3. CONCLUZII

Rezultatele obtinute in cadrul testelor experimentale efectuate pe sistemele propuse (de tipul celui prezentat in figura 1) si analizate in aceasta lucrare conduc in mod firesc la concluzia ca aceste sisteme elastice individuale in configuratie etajata multipla sunt capabile sa ofere performante superioare in ceea ce priveste gradul de izolare impotriva vibratiilor, valorile acestuia situandu-se in domeniul propus initial si anume: 0,85 ... 0,96. Acest lucru a fost posibil datorita valorilor foarte joase ale frecventelor proprii, valori obtinute ca rezultat direct al fenomenului de amplificarea a sagetii dinamice, generat prin utilizarea efectului de parghie.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Bratu, P.** – *Vibratiile sistemelor elastice*, Ed. Tehnica, Bucuresti, 2000.
- [2] **Bratu, P.** – *Antivibrating Systems Having Amplified Deflection Under Loadings*, Proceedings of The 2th International Conference of Romanian Society of Acoustics on Sound and Vibration, Bucharest, October 14 - 17, 2004.
- [3] **Schmidt, G., Tondl, A.** - *Non-linear Vibrations*, Cambridge University Press, Akademik-Verlag, Berlin, 1986.
- [4] **Nastac, S.** - *Non-Linear Stiffness Influences About the Dynamics of the Anti-Vibrational Passive Isolation Systems*, Romanian Journal of Acoustics and Vibration, volume 1, number 1, october 2004.
- [5] **Nastac, S.** - *Dynamic Behaviour Analysis of the Anti-seismic and Anti-vibrational Insulated Elastic Systems*, Buletinul Conferintei Stiintifice cu participare internationala "Interdisciplinaritatea in inginerie - Inter-Ing 2003", Universitatea "Petru Maior" din Targu-Mures, 6 -7 noiembrie 2003.
- [6] **Nastac, S.** - *Simularea numerica a dinamicii reazemelor elastice antiseismice si antivibratile*, Buletinul Stiintific al celui de al IX-lea Simpozion National de Utilaje pentru Constructii, Bucuresti, 11-12 decembrie 2003.
- [7] **Nastac, S., Bordea, C.** - *Performantele functionale ale dispozitivelor si sistemelor pasive de protectie antiseismica*, Buletinul Stiintific al Sesiunii de Comunicari Stiintifice a Catedrei de Mecanica Tehnica si Mecanisme, Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti, 26 martie 2004.
- [8] **Nastac, S.** - *Model fizico-matematic pentru analiza comportarii in regim dinamic a sistemelor de protectie antivibratila*, Buletinul Stiintific al celei de a XXVIII-a Conferinta Nationale de Mecanica Solidelor, Targoviste, 28-29 mai 2004.
- [9] **Nastac, S.** - *Protectia antiseismica a echipamentelor inglobate in constructii*, Revista Constructiilor, anul I, nr. 6, iulie 2005.
- [10] **Nastac, S.** - *Protectia antivibratorie a echipamentelor inglobate in constructii*, Revista Constructiilor, anul I, nr. 9, octombrie 2005.
- [11] **Nastac, S., Axinti, G.** - *Minimizarea efectelor produse de undele seismice prin izolarea bazei structurilor*, Buletinul Stiintific al Conferintei de Dinamica Masinilor, Universitatea "Transilvania" din Brasov, mai 2005.
- [12] **Nastac, S.** - *The Functional Characteristics Influences of the Base Isolation Systems About the Global Dynamic Performances of the Structures*, Proceedings of the VIII-th Symposium "Acustica si vibratiile structurilor mecanice", Universitatea "Politehnica" din Timisoara, mai 2005.
- [13] **Oproescu, Gh., Nastac, S.**, *Elemente de modelare numerica*, Ed. Libertatea, Braila, 2000.
- [14] **Sajal Kanti Deb**, *Seismic Base Isolation - An Overview*, Current Science Rev., Special Section: Geotechnics and Earthquake Hazards, Vol. 87, No. 10, November 2004.
- [15] **Trevor E. Kelly**, *Base Isolation of Structures*, Design Guidelines, Holmes Consulting Group Ltd., July 2001.
- [16] **Harris C.M., Piersol A.G.**, *Shock and Vibration Handbook - 5th Edition*, McGraw Hill, 2002.
- [17] **Ivan S., Robinson W.H., McVerry G.H.**, *An Introduction to Seismic Isolation*, John Wiley and Sons Inc, New York, 1993.
- [18] **James, M.K.**, *Base Isolation: Origin and Development*, EERC News, Vol. 12, No. 1, January 1991.