



Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013  
**Investește în oameni!**

**Proiect EXCELDOC - POSDRU/159/1.5/S/132397**

*Exelență în cercetare prin burse doctorale și postdoctorale*



**UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI**  
 Școala doctorală de Inginerie mecanică

Nr. Decizie Rector 1277 din 17.07.2015

# REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

*Analiza performanței sistemelor elastice și disipative de izolare dinamică la acțiuni seismice sau vibratorii*

*Performance analysis of the elastic and dissipative dynamic isolation systems subjected to seismic or vibratory actions*

**Autor: Ing. Gușă G. Adriana-Carmen (Alexandru)**

**Conducător de doctorat: Prof.dr.ing.dr.h.c. Bratu Polidor-Paul**

Membri titular al Academiei de Științe Tehnice din Romania

## COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof.dr.ing. Cristian-Silviu Simionescu	de la	Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați
Conducător de doctorat	Prof.dr.ing. Polidor-Paul Bratu	de la	Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați
Referent	Prof.dr.ing. Cristian Pavel	de la	Universitatea Tehnică de Construcții din București
Referent	Cercet.șt.gr.I dr. Tudor Sireteanu	de la	Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române
Referent	Conf.dr.ing. Nicușor Drăgan	de la	Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați

**Seria I6 Nr.28**

**Galați 2015**

Seriile tezelor de doctorat sustinute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

**Domeniul ȘTIINȚE INGINEREȘTI**

Seria I 1: **Biotehnologii**

Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**

Seria I 3: **Inginerie electrică**

Seria I 4: **Inginerie industrială**

Seria I 5: **Ingineria materialelor**

Seria I 6: **Inginerie mecanică**

Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**

Seria I 8: **Ingineria sistemelor**

**Domeniul ȘTIINȚE ECONOMICE**

Seria E 1: **Economie**

Seria E 2: **Management**

**Domeniul ȘTIINȚE UMANISTE**

Seria U 1: **Filologie- Engleză**

Seria U 2: **Filologie- Română**

Seria U 3: **Istorie**

**ROMÂNIA**  
MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE  
UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI



**DECIZIA**

nr. 1277/17.07.2015

În conformitate cu prevederile Legii Educației Naționale nr. 1/05.01.2011, ale Codului studiilor universitare de doctorat și ale Regulamentului instituțional privind organizarea și funcționarea studiilor universitare de doctorat în școlile doctorale din Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați;  
în baza referatului conducătorului științific **Prof.dr.ing. Polidor-Paul BRATU**;  
conform aprobării Consiliului Școlii doctorale de Inginerie din data de **17.07.2015**;  
în baza Ordinului Ministrului Educației, Cercetării, Tineretului și Sportului nr. 3288/20.02.2012 privitor la numirea rectorului;

**Rectorul universității decide:**

**Art. 1.** Se numește comisia pentru evaluarea și susținerea publică a tezei de doctorat de către doctorandul(a) **ing. GUȘĂ G. ADRIANA-CARMEN (ALEXANDRU)**, domeniul **Inginerie mecanică**, în următoarea componență :

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>1. Președinte</b>             | <b>Prof.dr.ing. Cristian-Silviu SIMIONESCU</b><br>Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați  |
| <b>2. Conducător de doctorat</b> | <b>Prof.dr.ing. Polidor-Paul BRATU</b><br>Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați,<br>Membru titular al Academiei de Științe Tehnice din România |
| <b>3. Referent oficial</b>       | <b>Prof.dr.ing. Cristian PAVEL</b><br>Universitatea Tehnică de Construcții din București   |
| <b>4. Referent oficial</b>       | <b>Cercet.șt.gr.I dr. Tudor SIRETEANU</b><br>Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române  |
| <b>5. Referent oficial</b>       | <b>Conf.dr.ing. Nicușor DRĂGAN</b><br>Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați  |

**Art. 2.** Școala doctorală de Inginerie, Secretariatul doctorat, Compartimentul salarizare și Biroul financiar vor duce la îndeplinire prevederile prezentei decizii.

**RECTOR**  
Prof. dr. ing. Iulian Gabriel BÎRSAN





CUPRINS

<b>DECIZIA</b> .....		3
<b>CUPRINS LIMBA ROMÂNĂ</b> .....	2	4
<b>CUPRINS LIMBA ENGLEZĂ</b> .....	4	
<b>INTRODUCERE LIMBA ROMÂNĂ</b> .....	7	7
<b>INTRODUCERE LIMBA ENGLEZĂ</b> .....	9	
<b>NOTAȚII ȘI ABREVIERI</b> .....	11	
<b>LISTĂ FIGURI. LISTĂ TABELE</b> .....		14
<b>CAPITOLUL I</b>		
<b>STADIUL ACTUAL PRIVIND DEZVOLTAREA INOVATIVĂ A SISTEMELOR</b>		
<b>ANTISEISMICE ELASTOMERICE</b> .....	18	9
1.1. Introducere.....	18	9
1.2. Stadiul actual al sistemelor antiseismice elastomerice .....	20	9
1.3. Scopul și obiectivele tezei .....	25	9
<b>CAPITOLUL II</b>		
<b>ANALIZA CERINTELOR SI A NIVELULUI DE PERFORMANTA</b>		
<b>A SISTEMELOR DE IZOLARE ANTISEISMICA SI ANTIVIBRATILA</b> .....	27	10
2.1. Problematika actuala privind cerințele si nivelul de performanță a sistemelor de izolare seismică și antivibratilă. Cerințe specifice privind evaluarea acțiunilor dinamice transmise clădirilor prin vibrații, șocuri și seisme .....	27	10
2.2. Efectul vibrațiilor transmise clădirilor. Cerințe specifice de rezistență și confort pentru ocupanții clădirii .....	28	10
2.3. Criterii de evaluare cantitativă a vibrațiilor transmise .....	29	10
2.4. Parametrii normați pentru vibrațiile transmise. Limite admisibile .....	41	11
2.4.1. Efectele vibrațiilor asupra rezistenței și integrității structurale .....	42	11
2.4.2. Efectele vibrațiilor asupra aparaturii și a echipamentelor înglobate .....	43	12
2.4.3. Efectele vibrațiilor asupra ocupanților umani din clădire .....	44	12
2.4.4. Efectul șocurilor transmise clădirilor .....	45	12
2.4.5. Cerințe specifice ale sistemului echipament dinamic-structură sub acțiunea șocurilor .....	47	12
2.5. Cerințe pentru asigurarea functionalitatii echipamentelor de mare sensibilitate ce echipeaza cladirile la actiunea vibratiilor transmise din exteriorul acestora (vibratii din trafic, industriale, lucrari de constructii in vecinatate, deplasarea vehiculelor pe calea de rulare, metrou, tramvaie), inclusiv echipamente vitale .....	48	12
2.5.1 Calitatea și siguranța echipamentelor vitale încorporate în clădiri supuse acțiunilor dinamice aleatoare seismice, tehnologice sau industriale .....	48	12
2.5.2. Cerințe și criterii de performanță .....	50	13
<b>CAPITOLUL III</b>		
<b>ALCATUIREA STRUCTURALA, FUNCTIONALA SI DE PERFORMANTA</b>		
<b>A SISTEMELOR DE IZOLARE ANTIVIBRATILA</b> .....	58	13
3.1. Izolarea antivibratilă .....	58	13
3.2. Modele fizice și dinamice de calcul .....	60	13
3.2.1. Izolarea antivibratilă cu elemente elastomerice .....	63	13
3.2.2. Dispozitive elastomerice .....	64	14
3.2.3. Modele reologice ale dispozitivelor antivibratile elastomerice .....	65	14
3.2.4. Caracteristici fizico-mecanice ale elementelor din cauciuc .....	68	15
3.2.5. Principalele caracteristici fizico-mecanice ale epruvetelor din cauciuc vulcanizat .....	68	15
3.2.6 Principalele caracteristici ale dispozitivelor antivibratile elastomerice .....	71	16

3.3. Dispozitive antivibratile elastomerice .....	82	18
3.3.1. Sisteme de izolare antivibratilă cu elemente elastice .....	84	18
3.3.2. Sistem antivibratil de izolare dinamică.....	84	18
3.4. Sisteme de izolare antivibratilă .....	90	19
3.4.1. Modele reologice .....	90	
3.4.2. Acțiuni exterioare .....	93	20
3.4.3. Bucla histerezis pentru sistemul vâscoelastic liniar Voigt-Kelvin .....	95	20
3.4.4. Ecuația buclei histerezis în tensiune-deformație specifică $\sigma - \varepsilon$ .....	95	20
3.4.5. Ecuația buclei histerezis în forță deformație F-x .....	97	21
3.4.6. Modelul Maxwell. Bucla histerezis pentru sistemul vâscoelastic liniar Maxwell .....	98	21
3.4.5. Analiza dinamică a sistemelor de izolare cu dispozitive elastomerice modelate reologic .....	101	21
3.5.1 Model Voigt-Kelvin .....	101	21
3.5.2. Modelul Maxwell .....	107	23

#### CAPITOLUL IV

##### MODELE REOLOGICE COMPUSE ALE SISTEMELOR ANTIVIBRATILE ȘI ANTISEISMICE .....

4.1. Izolarea vibrațiilor pe baza sistemelor cu modele reologice compuse .....	112	24
4.1.1 Modelul Voigt-Kelvin .....	112	24
4.1.2 Răspunsul sistemului Voigt-Kelvin la excitația dinamică inerțială armonică ..	112	24
4.1.3 Modelul Maxwell .....	113	24
4.1.4 Răspunsul sistemului Maxwell la excitația dinamică inerțială armonică .....	114	
4.1.5 Modelul Zener.....	115	25
4.1.6 Răspunsul sistemului Zener la excitația dinamică inerțială armonică .....	115	
4.1.7 Modelul Voigt-Kelvin-Hooke.....	116	25
4.1.8 Răspunsul sistemului Voigt-Kelvin-Hooke la excitația dinamică inerțială armonică .....	117	
4.1.9 Modelul Voigt-Kelvin-Newton.....	118	25
4.1.10 Răspunsul sistemului Voigt-Kelvin-Newton la excitația dinamică inerțială armonică .....	118	
4.1.11 Modelul Voigt-Kelvin-Hooke-Newton .....	119	25
4.1.12 Răspunsul sistemului Voigt-Kelvin-Hooke-Newton la excitația dinamică inerțială armonică .....	120	

#### CAPITOLUL V

##### DISPOZITIVE ANTISEISMICE .....

5.1. Dispozitive dependente de viteză cu fluid vâscos .....	121	26
5.1.1. Cerințe de alcătuire .....	122	26
5.1.2. Încercările inițiale de tip .....	123	26
5.2. Dispozitive elastomerice antiseismice .....	132	29
5.2.1. Izolatori din elastomeri .....	135	30
5.2.2. Materialele componente ale izolatorilor elastomerici .....	145	31
5.2.3. Proiectarea izolatorilor elastomerici .....	148	
5.3. Izolarea bazei cu dispozitive elastomerice antiseismice .....	150	32
5.3.1 Evaluarea gradului de izolare la șocuri seismice a clădirilor rezemate pe dispozitive elastomerice .....	150	32
5.3.2. Alcătuirea sistemului de izolare a bazei .....	150	32
5.3.3. Mărimea solicitărilor dinamice din legături .....	154	
5.3.4. Studiu de caz .....	155	

<b>CAPITOLUL VI</b>	158	32
<b>CERINȚE FUNCȚIONALE ȘI STRUCTURALE DETERMINATE DE TRĂNSMISIBILITĂȚEA FORȚELOR SEISMICE DE EXCITAȚIE .....</b>		
6.1. Răspunsul la acțiuni dinamice seismice ale sistemului de ancore cu toroane lungi pentru consolidarea și fixarea masivelor de pământ natural din componența versanților înclinați .....	158	32
6.1.1. Modelul dinamic de calcul .....	158	32
6.1.2. Capacitatea portantă .....	160	33
6.2. Comportarea dinamică a îmbinării ancoră metalică-beton pentru asigurarea montajului echipamentelor cu rotor la anvelopa clădirii .....	162	33
6.2.1. Schematizarea sistemului experimental .....	163	33
6.2.2. Comportarea dinamică la forțe armonice aplicate pe direcție axială .....	164	
6.2.3. Evaluarea parametrică .....	167	
 <b>CAPITOLUL VII</b>		
<b>CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE .....</b>	169	
7.1 Concluzii generale .....	169	
7.2 Contribuții personale .....	170	
7.3 Direcții viitoare de cercetare .....	170	
 <b>LISTA LUCRĂRILOR PREZENTATE ȘI PUBLICATE .....</b>	172	34
 <b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	175	37

## INTRODUCERE

**Scopul** acestei teze de doctorat constă în analiza situațiilor reale existente și a reglementărilor privind protecția populației și a fondului construit împotriva acțiunilor dinamice provocate de undele seismice, vibrații, șocuri.

Ținând cont de necesitatea și de oportunitatea acestei teze de doctorat, următoarele **obiective principale** au fost urmărite pe tot parcursul cercetărilor și anume:

- evaluarea multicriterială a nivelului actual ale cercetărilor în domeniu pe baza analizei critice a realizărilor relevante atât pe plan național, cât și la nivel internațional;
- stabilirea setului de elemente reologice care să contituie baza teoretică pentru dezvoltarea și fundamentarea modelelor finale, cu rol aplicativ, ținând cont de caracteristicile elastice și disipative ale mediilor analizate și de comportamentul dinamic al ansamblului structural și funcțional considerat;
- analiza comparativă a comportării atât în regim static, cât în special în regim dinamic a modelelor reologice în scopul identificării și evidențierii elementelor de specificitate privind capacitatea acestora de a simula intimitatea (profunzimea) fenomenologică a interacțiunii organ de lucru – material procesat;
- asamblarea la nivel teoretic a setului de modele de interfață, prin compunerea structurală și corelarea funcțională a elementelor inerțiale, conservative și disipative cu urmărirea, în scopul optimizării, a următorilor parametri esențiali: complexitatea structurală versus fidelitatea simulării, nivelul de detaliere versus disponibilitatea de rezolvare (calculabilitate numerică);
- compatibilizarea structurală și funcțională a configurațiilor optime de implementare a sistemelor vâsco-elastice de izolare a bazei ținând cont de evaluările corelative multicriteriale dintre caracteristicile dominante ale acțiunilor dinamice externe și parametrii esențiali ai structurilor izolate.
- elaborarea unui set de teste instrumentale „in situ” completate cu o serie de încercări experimentale de laborator efectuate în Sismalab Italia care, pe baza unui plan sistemic de analiză multi-corelativă, să asigure baza de date pentru procesul de armonizare comportamentală și acordare parametrică a modelelor matematice/numerice cu realitatea identificabilă și măsurabilă;
- stabilirea configurației finale, acordarea caracteristicilor de lucru și validarea setului de modele de interfață cu evaluarea nivelului de performanță obținut.

Teza de doctorat este structurată în 7 capitole dezvoltate pe 179 pagini conținând 102 figuri, 19 tabele și 143 referințe bibliografice.

În cele ce urmează, este prezentată o descriere a conținutului capitolelor tezei.

În **capitolul I** este prezentat stadiul actual privind cercetarea și dezvoltarea inovativă în domeniul sistemelor antiseismice elastomerice.

**Capitolul II** prezintă atât problematica actuală privind cerințele și nivelul de performanță a sistemelor de izolare seismică și antivibratilă, cât și cerințele specifice privind evaluarea acțiunilor dinamice transmise clădirilor prin vibrații, șocuri și seisme. Capitolul tratează aspecte legate de efectul vibrațiilor transmise clădirilor, apoi aspecte privind cerințele specifice de rezistență și confort pentru ocupanții clădirilor. De asemenea, în cadrul acestui capitol sunt prezentate criteriile de evaluare cantitativă a vibrațiilor transmise și parametrii normați pentru vibrațiile transmise cu limite admisibile ale acestora.

**Capitolul III** se ocupă de alcatuirea structurală, funcțională și de performanță a sistemelor de izolare antivibratila, prezentând modalități de reducere a vibrațiilor transmise prin izolarea antivibratilă, apoi se discută despre modelele fizice și dinamice de clăcu. Prezentul capitol se ocupă și cu



prezentarea aspectelor teoretice privind izolarea antivibratilă cu elemente elastomerice, cu dispozitive elastomerice și metodele reologice ale dispozitivelor antivibratile elastomerice.

În **capitolul IV** se prezintă modelele reologice compuse ale sistemelor antivibratile și antiseismice. Capitolul dezvoltă aspecte legate izolarea vibrațiilor pe baza sistemelor cu modele reologice compuse, cum ar fi Modelul Voigt-Kelvin (E/V), modelul Maxwell, modelul Zenner E/(E-V), modelul Voigt-Kelvin-Hooke E-(E/V), modelul Voigt-Kelvin-Newton V - (E/V), Modelul Voigt-Kelvin-Hooke-Newton (E-V) - (E/V) și răspunsul fiecărui sistem în parte la excitația dinamică inerțială armonică.

În **capitolul V** se realizează o caracterizare experimentală a dispozitivelor dependente de viteză cu fluid vâcos și a sistemelor de izolare elastomerice. Sunt evaluate caracteristicile statice și dinamice ale elementelor antivibratorii din elastomeri și sunt trecute în revistă ipotezele de bază în utilizarea elementelor elastomerice. Tot în cadrul prezentului capitol se prezintă și încercările inițiale de tip efectuate pentru ambele tipuri de dispozitive anti-seismice. Sunt prezentate de asemenea conceptele și metodele de izolare a bazei cu dispozitive elastomerice antiseismice

**Capitolul VI** se ocupă de compatibilizarea corelativă și optimală a ansamblului teren-izolator-structură. În acest capitol se realizează în debut o evaluare critică a structurilor supuse procesului de compatibilizare, apoi se prezintă bazele teoretice ale compatibilizării structurale și funcționale. În continuare capitolul dezvoltă trei tipuri de abordări ale conceptului de compatibilizare: compatibilizare de tip, de configurație și de formă.

**Capitolul VII** cuprinde concluzii finale, contribuții personale în domeniul tezei precum și direcții viitoare de cercetare.

***Rezultatele prezentate in această teză au fost obținute cu sprijinul Ministerului Fondurilor Europene prin Programul Operational Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/159/1.5/S/132397.***

## **CAPITOLUL I**

### **STADIUL ACTUAL PRIVIND DEZVOLTAREA INOVATIVĂ A SISTEMELOR ANTISEISMICE ELASTOMERICE**

#### **1.1. Introducere**

În esență, noul concept de izolare a bazei reprezintă totalitatea soluțiilor tehnice necesare pentru reducerea a solicitării seismice a clădirii.

Izolarea bazei reprezintă categoria generală de disipare pasivă a energiei, care include și amortizarea structurii. În amortizarea structurii se adaugă dispozitive de amortizare în interiorul structurii pentru disiparea energiei, dar care nu permit deplasarea bazei. [121]

Conceptele actuale de proiectare se concentrează pe următoarele căi de abordare, și anume:

- mărirea rezistenței elastice. Această măsură este costisitoare, iar pentru clădiri înalte duce la accelerații mari ale etajelor. Diminuarea distrugerilor structurale prin continuarea mării rezistenței poate cauza mai multe daune structurii clădirii decât cele care ar avea loc într-o clădire cu rezistență mai mică.
- limitarea rezistenței elastice cu sporirea ductilității. Această abordare este permisivă cu daunele componentelor structurale, care nu pot fi reparabile, dar se evită prăbușirea clădirii.

#### **1.2. Stadiul actual al sistemelor antiseismice elastomerice**

În anul 1970 izolarea bazei a fost implementată în ingineria structurală mai întâi poduri la, apoi la construcții civile. [122]

Primele aplicații la structuri au adăugat disiparea energiei la flexibilitatea deja existentă. Sistemul de izolare din cauciuc cu miez de plumb (LRB) a fost inventat în anii 1970 și acesta a permis ca flexibilitatea și amortizarea să fie introduse în aceeași unitate. Începând cu anul 1980, dezvoltările în tehnologia cauciucului au condus la noi amestecuri de cauciuc care au fost denumite „cauciuc cu amortizare mare” (HDRB).

Funcția a izolatoarelor antiseismice este de a reduce acțiunea seismică prin reducerea forțelor orizontale care solicită clădirile în caz de cutremur. Acest lucru este posibil pe baza a două efecte combinate, după cum urmează:[123]

- ❖ flexibilitate laterală prin folosirea izolatoarelor între fundație și suprastructură ceea ce duce la creșterea perioadei pulsației proprii foarte mult și este redusă accelerația spectrală, prin urmare forțele seismice;
- ❖ energia de disipare (sub formă de căldură) care face ca izolatorul să asigure reducerea spectrului de răspuns care mai departe duce la reducerea forțelor seismice.

#### **1.3.Scopul și obiectivele tezei**

Oportunitatea tezei de doctorat rezultă din necesitatea soluționării obiectivelor de protecție antiseismică pe baza analizei situațiilor reale existente și a cerințelor reglementate privind protecția populației și a fondului construit împotriva acțiunilor dinamice provocate de undele seismice, vibrații, șocuri, etc.

Necesitatea abordării temei propuse în teză derivă din ansamblul concluziilor rezultate în urma analizei comparative multicriteriale a stadiului actual în domeniul considerat. Aspectele de oportunitate identificate și prezentate anterior, în acest paragraf, completează în mod firesc ideea conform căreia cercetarea aprofundată a realităților din practica actuală în domeniul protecției

structurilor împotriva acțiunilor dinamice variate și intense este imperios necesară. Elementele pe bază de materiale compozite elastomerice, în scopul identificării și fundamentării unor metode avansate de compatibilizare sistemică, asigură cerința de cercetare și actualizare.

Obiectivul major și, în esență, scopul tezei este compatibilizarea structurală și funcțională a configurațiilor optime de implementare a sistemelor vâsco-elastice de izolare a bazei ținând cont de evaluările corelative multicriteriale dintre caracteristicile dominante ale acțiunilor dinamice externe și parametrii esențiali ai structurilor izolate.

În esență au fost analizate și propuse cele mai reprezentative soluții cu aplicabilitate certă la izolarea dinamică a construcțiilor sub acțiunea seismelor, cât și a reazemelor antivibratile elastomerice la acțiuni ale vibrațiilor determinist.

## CAPITOLUL II

### ANALIZA CERINTELOR SI A NIVELULUI DE PERFORMANTA A SISTEMELOR DE IZOLARE ANTISEISMICA SI ANTIVIBRATILA

#### 2.1. Problematika actuala privind cerințele si nivelul de performanță a sistemelor de izolare seismică și antivibratilă. Cerințe specifice privind evaluarea acțiunilor dinamice transmise clădirilor prin vibrații, șocuri și seisme.

Evaluarea comportării unei structuri solicitată dinamic în timpul exploatarei, pe întreaga durată de viață, constă în compararea parametrilor de comportare cu valorile de referință stabilite pe baze normative. În cazul structurilor pentru construcții, criteriile de performanță au la bază cerința esențială de rezistență și stabilitate impusă de Regulamentul (UE) 305/2011 și HG 622/2004 privind produsele pentru construcții. Astfel, capacitatea structurală este apreciată pe baze normative (norme naționale, norme europene), în funcție de *starea limită* de tensiune și deformații.[15]

#### 2.2. Efectul vibrațiilor transmise clădirilor.

##### Cerințe specifice de rezistență și confort pentru ocupanții clădirii

Vibrațiile transmise clădirilor pot fi produse de următoarele cauze: explozii în cariere, cutremure de pământ, acțiunea vântului, circulația vehiculelor, funcționarea mașinilor, acțiunile dinamice ale echipamentelor încorporate (înglobate) în construcții.[17]

La oameni și la clădiri care nu generează vibrații are loc procesul de *imisiune* a vibrațiilor.

La mașini, ca surse de vibrații, pot apărea procese de *emisiune* și *imisiune* a vibrațiilor.[19]

#### 2.3. Criterii de evaluare cantitativă a vibrațiilor transmise

Majoritatea criteriilor de evaluare cantitativă a vibrațiilor transmise folosesc parametrii cinematici esențiali ce definesc mișcarea vibratorie periodică, și anume: deplasarea, viteza, accelerația, precum și frecvența. Alte criterii utilizează mărimi de sinteză ca transmisibilitatea, grad de izolare, tărie, grad de percepere, funcție de transfer, impedanță mecanică. [35]

a. Criteriul parametrilor cinematici individuali ai vibrațiilor

b. Criteriul parametrilor cinematici combinați ai vibrațiilor pentru evaluarea efectului asupra ocupanților (persoanelor) din clădire:

b.1. Coeficientul de percepere a vibrațiilor.

b.2. Intensitatea și nivelul vibrațiilor transmise corpului uman.

b.3. Nivelul vibrațiilor transmise corpului uman în funcție de durata de expunere la vibrații.

Pe baza efectelor psihosenziale și a determinărilor experimentale au fost stabilite stări limită fiziopatologice în funcție de parametrii cinematici ai vibrațiilor, frecvența acestora, durata de expunere a corpului uman și direcția de acțiune asupra sa.

Pragul de percepere sau limita de confort redus, pragul de oboseală sau limita de capacitate redusă prin oboseală, pragul de nocivitate sau limita de expunere pentru sănătate în funcție de accelerația eficace, frecvență și durata de expunere sunt reprezentate în figura 2.3.[19]

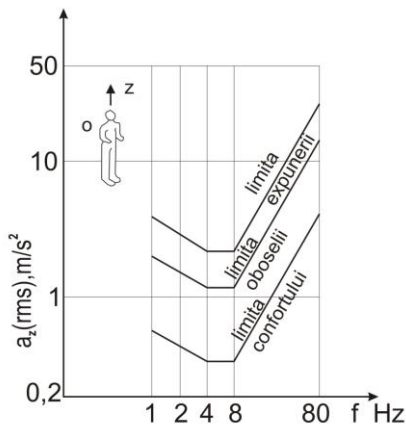


Fig. 2.3 Reprezentarea pragului de percepere, pragului de oboseală și a pragului de nocivitate în funcție de accelerația eficace, frecvență și durata de expunere [19]

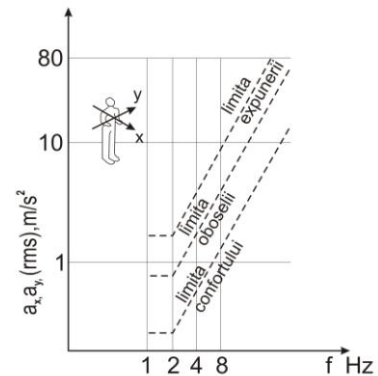


Fig. 2.5. Reprezentarea pragului de percepere, pragului de oboseală în funcție de accelerația eficace (r.m.s.), frecvență și durata de expunere în funcție de accelerația eficace, frecvență și durata de expunere [19]

Pentru vibrațiile transmise transversal corpului uman (direcțiile anatomice  $O_x$  și  $O_y$ ), pragul de oboseală sau limita de capacitate redusă prin oboseală în funcție de accelerația eficace (r.m.s.), frecvență și durata de expunere este reprezentată în figura 2.5.

c. Criteriul parametrilor cinematici combinați ai vibrațiilor pentru evaluarea efectelor asupra clădirilor

c.1. Criteriile Crandall și Edwards-Northwood.

c.2. Intensitatea și nivelul de tărie (severitate) al vibrațiilor transmise clădirilor.

d. Criteriul transmisibilității vibrațiilor

d.1. Metoda transmisibilității vibrațiilor. Vibrațiile transmise se evaluează pe baza forței transmise prin legătura dintre echipament și baza de așezare ce face parte din structura de rezistență.

d.2. Metoda impedanței mecanice. În fiecare punct al structurii poate fi determinată impedanța mecanică.

## 2.4. Parametrii normați pentru vibrațiile transmise. Limite admisibile

Parametrii normați ai vibrațiilor transmise mediului natural și construit constituie baza obiectivă pentru evaluarea nivelului de vibrații și a efectelor acestora asupra degradărilor, avariilor sau confortului din clădiri.

### 2.4.1. Efectele vibrațiilor asupra rezistenței și integrității structurale

Corelația dintre nivelul limită al vibrațiilor și efectelor directe asupra structurii clădirilor este analizată și sintetizată pe baza datelor din literatura de specialitate și a documentelor normative. Au fost stabilite niveluri limită ale vibrațiilor transmise ca urmare a unor criterii de apreciere specifice documentului studiat.

a. Criteriul de apreciere a vibrațiilor pe baza amplitudinii deplasării;

b. Criteriul de apreciere a vibrațiilor pe baza vitezei vibrațiilor [4]\*;

c. Criteriul de apreciere pe baza accelerației vibrațiilor.

#### **2.4.2. Efectele vibrațiilor asupra aparaturii și a echipamentelor înglobate**

Vibrațiile transmise clădirii au efecte directe asupra aparaturii și echipamentelor înglobate, dar acestea nu trebuie să afecteze următoarele cerințe: asigurarea integrității fizice; menținerea parametrilor funcționali în clasele de precizie specificate în documentația de referință; asigurarea condițiilor de durabilitate în timp, satisfacerea cerințelor de fidelitate, fiabilitate și mentenabilitate.

#### **2.4.3. Efectele vibrațiilor asupra ocupanților umani din clădire**

a. Criteriul accelerației vibrațiilor. Valorile limită pentru pragul de oboseală, pragul de sănătate și cel de nocivitate sunt stabilite pentru o expunere la vibrații pe timp de opt ore, după norma ISO 2631 și studiile lui *J. J. Soliman*. Sunt prezentate nivelul de exigență pentru cele trei categorii de limite la oboseală, sănătate și nocivitate.

b. Criteriul vitezei vibrațiilor. Valorile limită recomandate pentru viteza vibrațiilor sunt stabilite pentru asigurarea confortului la limita de percepere (oboseală) a ocupanților în diverse situații ale activității umane și categorii de clădiri. Astfel, sunt prezentate nivelul de exigență a vitezei vibrațiilor funcție de frecvență.

#### **2.4.4. Efectul șocurilor transmise clădirilor**

Efectul șocurilor transmise clădirilor este caracterizat de următorii factori: natura sursei de șocuri; caracteristica dinamică a sursei de șocuri; modul de rezemare a sursei de șocuri și caracteristicile mișcărilor vibratorii rezultate ca urmare a șocurilor perturbatoare.

#### **2.4.5. Cerințe specifice ale sistemului echipament dinamic-structură sub acțiunea șocurilor**

- a. Cerința de rezistență și stabilitate
- b. Cerința de confort interior la zgomot și vibrații
- c. Cerința de integritate fizică, rezistență și durabilitate a echipamentelor înglobate și aparatelor funcționale ale clădirii
- d. Condiția ca forța transmisă să fie mai mică decât forța excitatoare impulsivă (șoc)

#### **2.5. Cerințe pentru asigurarea funcționalității echipamentelor de mare sensibilitate ce echipează clădirile la acțiunea vibrațiilor transmise din exteriorul acestora (vibrații din trafic, industriale, lucrări de construcții în vecinătate, deplasarea vehiculelor pe calea de rulare, metrou, tramvaie), inclusiv echipamente vitale.**

##### **2.5.1. Calitatea și siguranța echipamentelor vitale încorporate în clădiri supuse acțiunilor dinamice aleatoare seismice, tehnologice sau industriale**

Performanța sistemului echipament-clădire constă în ansamblul tuturor caracteristicilor și parametrilor care duc la îndeplinirea următoarelor cerințe:

- a) asigurarea funcționalității normale a echipamentului la parametrii stabiliți în specificațiile tehnice;
- b) asigurarea integrității fizice, atât a componentelor sensibile, cât și a echipamentului în ansamblul său, pe baza solicitărilor definite prin mărimi cinematice (deplasarea, viteză, accelerație) sau prin mărimi dinamice (forțe, tensiuni, presiuni) specifice acțiunilor aleatoare;
- c) asigurarea exigențelor de rezistență, stabilitate și siguranță în exploatare astfel încât defectarea echipamentului vital, în timpul și după acțiunea dinamică aleatoare (cutremure de pământ, șocuri industriale, tehnologice etc.) să nu pericliteze comportarea normală a clădirii la cerințele structurale, securitatea la foc, siguranța la utilizare, confortul interior.

### 2.5.2. Cerințe și criteriile de performanță

a. Cerințe esențiale pentru asigurarea calității echipamentelor vitale din dotarea construcțiilor supuse acțiunilor dinamice aleatoare: rezistență și stabilitate; siguranță în exploatare; siguranță la foc; igienă, sănătatea oamenilor, protecția și refacerea mediului; izolație termică, hidrofugă și economie de energie; Protecția împotriva zgomotului.

b. Cerințe de bază pentru siguranța în funcționare a echipamentelor vitale din dotarea construcțiilor supuse acțiunilor dinamice aleatoare

Toate instalațiile și echipamentele trebuie să fie încadrate în categorii de severitate dinamică, diferențiate pe baza exigențelor de funcționare și comportare în timpul și după producerea acțiunii dinamice aleatoare.

## CAPITOLUL 3

### ALCATUIREA STRUCTURALA, FUNCTIONALA SI DE PERFORMANTA A SISTEMELOR DE IZOLARE ANTIVIBRATILA

#### 3.1. Izolarea antivibratilă

Reducerea vibrațiilor transmise are la bază conceptul izolării antivibratiale. Izolarea antivibratilă reprezintă ansamblul realizărilor de concepție, proiectare și execuție cu scopul reducerii *vibrațiilor transmise*.

Parametrii de interes pentru un sistem antivibratil SA sunt: *transmisibilitatea absolută*., *transmisibilitatea absolută cinematică*, *transmisibilitatea relativă*, *răspunsul dinamic*.

#### 3.2. Modele fizice și dinamice de calcul

Pentru *echipamentele care utilizează vibrațiile* în procesul tehnologic, studiul dinamic trebuie să sintetizeze două *aspecte contradictorii* ce urmează a fi rezolvate simultan, adică *optimizarea parametrilor funcționali* pentru vibrațiile utile și *diminuarea efectelor nedorite ale vibrațiilor* care se transmit mediului locuit, natural și tehnologic.

##### 3.2.1. Izolarea antivibratilă cu elemente elastomeric

Izolarea antivibratilă este procedura prin care se îmbină cerințele, principiile fizice și soluțiile aplicative ingineresti în scopul reducerii vibrațiilor transmise la nivelul valorilor admise, recomandate sau normate.

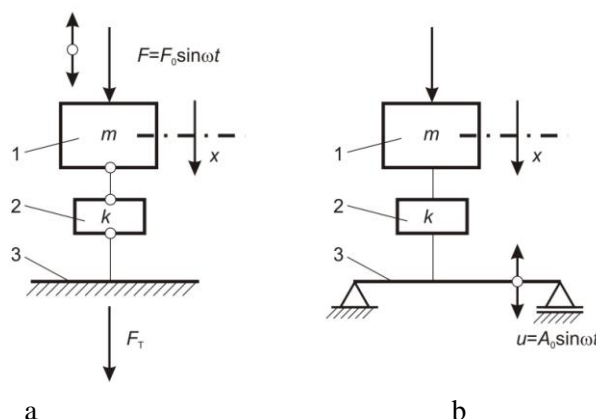


Fig. 3.2. Schema de principiu a unui sistem de izolare antivibratilă:  
a – izolare activă; b – izolare pasivă; 1 – echipament; 2 – sistem antivibratil;  
3 – suportul echipamentului [20]

### 3.2.2. Dispozitive elastomerice

Categoria elementelor vâscoelastice cu cea mai mare utilizare eficientă o constituie *izolatoarele din cauciuc antivibratil* special executat în acest scop. [14], [15], [20]

### 3.2.3. Modele reologice ale dispozitivelor antivibratile elastomerice

#### Modelul Voigt-Kelvin generalizat

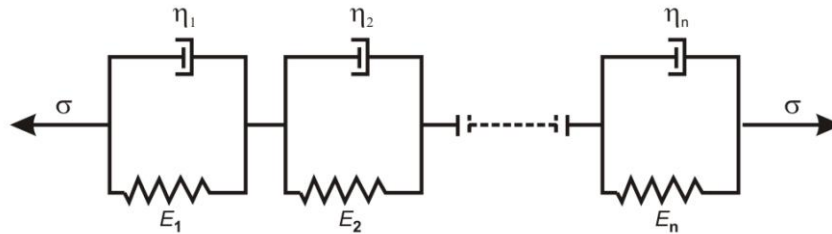


Fig. 3.3. Model Voigt-Kelvin generalizat [19]

Tensiunea totală  $\varepsilon$  în întregul mediu va fi tensiunea din fiecare element, iar deformația totală  $\sigma$  va fi suma deformațiilor corespunzătoare fiecărui element, astfel:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_k + \dots + \varepsilon_n = \sum_{k=1}^n \varepsilon_k,$$

$$\sigma = \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_k = \dots = \sigma_n = \sigma,$$

Dacă se aplică tensiunea  $\sigma = \sigma_0$  constantă în timp, pe baza condițiilor de echilibru și continuitate impuse modelului *Voigt-Kelvin* generalizat, se obține

$$\varepsilon(t) = \sigma_0 \sum_{k=1}^n \frac{1}{E_k} [1 - e^{-(E_k/\eta_k)t}]. \quad (3.12)$$

#### Modelul Maxwell generalizat

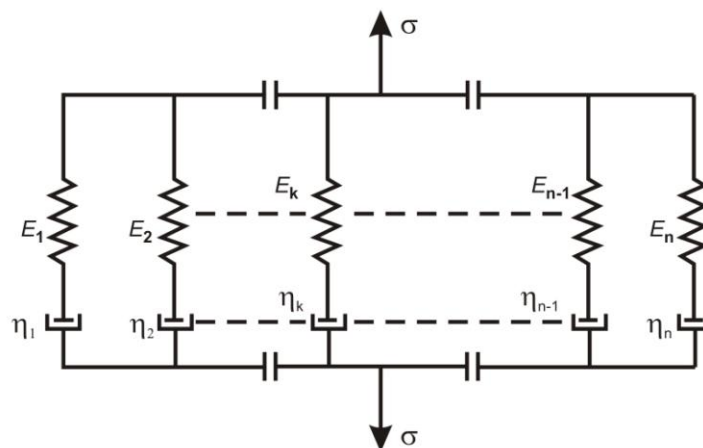


Fig. 3.4. Model Maxwell generalizat [19]

Ecuția constitutivă de stare pentru elementul  $k$  din *modelul Maxwell generalizat* este:

$$\dot{\varepsilon}_k = \dot{\sigma}_k / E_k + \sigma / \eta_k, \quad (3.14)$$

La  $\varepsilon = \varepsilon_0 = \text{const}$ , pentru întreg modelul rezultă

$$\sigma(t) = \varepsilon_0 \sum_{k=1}^n E_k e^{-(E_k/\eta_k)t}. \quad (3.17)$$

### 3.2.4. Caracteristici fizico-mecanice ale elementelor din cauciuc

În vederea stabilirii, pe baze experimentale, a proprietăților fizice și mecanice ale cauciucului au fost utilizate epruvete de probă extrase din materialul vulcanizat.

### 3.2.5. Principalele caracteristici fizico-mecanice ale epruvetelor din cauciuc vulcanizat

*Principalele caracteristici fizico-mecanice* ale elementelor din cauciuc care se determină în regim static pe epruvete standardizate sunt: a) modulul de elasticitate (Young) pentru o deformare relativă 100%, Pa; b) alungirea relativă efectivă, %; c) alungirea remanentă, %; d) rezistența la sfâșiere, Pa; e) duritatea, °Sh (A); f) compresiunea remanentă, %.

*Principalele caracteristici fizico-mecanice* determinate pe epruvete în regim dinamic sunt: a) modulul de elasticitate longitudinal (Young), Pa; b) rezistența Yerzley, %; c) numărul de cicluri până la apariția primei amorse de fisurare; d) numărul de cicluri necesar evoluției rupturii în masa de cauciuc până la 4 mm, 6 mm și 8 mm; e) temperatura în masa de cauciuc supus la solicitarea repetată, °C; f) deformarea remanentă, %.

*Deformația specifică* se definește ca raportul dintre deformația efectivă (alungirea, scurtarea)  $\Delta h$  și înălțimea inițială a elementului  $h_0$ , adică:

$$\varepsilon = \Delta h / h_0 = (h - h_0) / h_0. \quad (3.18)$$

#### *Tensiunea normală*

Se va introduce noțiunea de tensiune reală  $\sigma$  și tensiunea convențională  $\sigma^*$  definite astfel:

$$\sigma = P/A; \quad (3.20)$$

$$\sigma^* = P/A_0, \quad (3.21)$$

unde  $P$  este sarcina axială echivalentă a solicitărilor exterioare:  $A_0$ ,  $A$  – aria secțiunii transversale în stare nedeformată și, respectiv, deformată a unei epruvete din cauciuc solicitată uniaxial (întindere/compresiune).

Tensiunea efectivă (reală) va fi

$$\sigma = (P/A_0) \lambda,$$

sau

$$\sigma = \lambda \sigma^*. \quad (3.23)$$

#### *Modulul de elasticitate static*

– modulele de elasticitate la echilibru  $E$  și  $G$ , corespunzător situației când în timpul aplicării forței are loc procesul complet de relaxare;

– modulele de elasticitate instantanee  $E_0$  și  $G_0$ , adică  $E_0 = \lim_{t \rightarrow 0} E(t)$  și  $G_0 = \lim_{t \rightarrow 0} G(t)$ , ceea ce

înseamnă că aceste mărimi caracterizează materialul ideal elastic.

*Duritatea cauciucului* reprezintă proprietatea cauciucului de a rezista (opune rezistență) la pătrunderea în el a unui corp standardizat ca formă și dimensiuni. SR 5441 stabilește metoda de determinare a durității materialelor vulcanizate pe bază de cauciuc natural sau sintetic, indicându-se valoarea durității în grade internaționale (IRHD) sau în grade Shore A.



**3.2.6.Principalele caracteristici ale dispozitivelor antivibratile elastomerice**

*Coefficientul de formă* este definit de raportul dintre aria transversală încărcată și aria liberă a elementului solicitat la compresiune.

*Fluajul* este fenomenul care se caracterizează printr-o deformare continuă atunci când sarcina aplicată elementului din cauciuc este constantă. Acest proces se desfășoară după o lege exponențială și se încheie după un anumit timp.

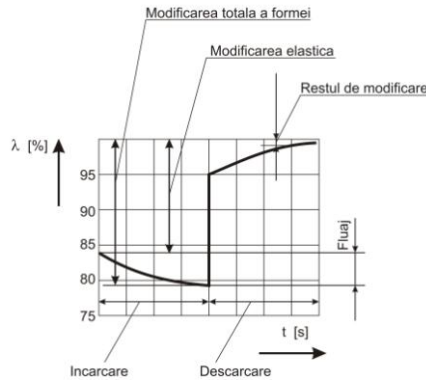


Fig. 3.5.Diagrama de fluaj a unui element din cauciuc [20]

*Modulele de elasticitate statice.* Pentru calculul elementelor antivibratile din cauciuc este necesar să se cunoască modulele de elasticitate longitudinală  $E$  și transversală  $G$ .

*Modulul de elasticitate transversală  $G$*  reprezintă capacitatea cauciucului de a rezista elastic la deformațiile unghiulare de forfecare aplicate din exterior. El *nu depinde de forma constructivă a elementului antivibratil din cauciuc*, ci numai de amestecul de cauciuc vulcanizat caracterizat numai de duritatea acestuia.

*Modulul de elasticitate longitudinală  $E$*  reprezintă capacitatea cauciucului de a rezista elastic la deformații longitudinale (axiale) cauzate de solicitarea de compresiune sau întindere, fiind dependent atât de duritatea cauciucului, cât și de forma elementului deformabil (la volum constant).

*Modulul de elasticitate dinamic.* Pentru elementele din cauciuc supuse la vibrații, modulul de elasticitate, ca urmare a reacției materialului, își mărește valoarea în comparație cu modulul static.

S-a introdus mărimea  $E_{\omega, \theta}$  se numește *modul dinamic de elasticitate longitudinală* și este definit de raportul dintre tensiune și componenta deformației în fază cu tensiunea.

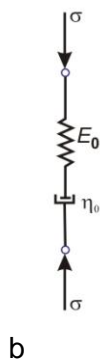
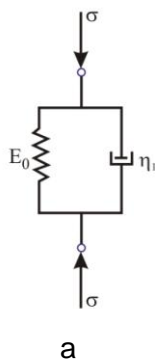


Fig. 3.8. Modele vâscoelastice pentru cauciuc antivibratil: a – modelul Voigt-Kelvin; b – modelul Maxwell [19]

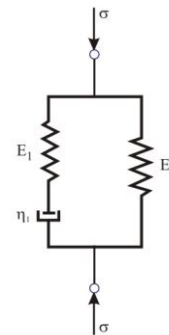


Fig. 3.9. Modelul Zener pentru cauciuc antivibratil [19]

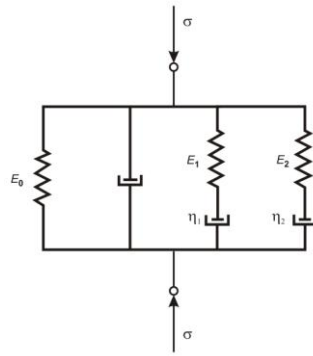


Fig. 3.10. Model complex pentru cauciuc antivibratil [19]

*Rigiditatea.* Rigiditatea elementelor din cauciuc reprezintă tangenta la curba caracteristică forță-deformație într-un punct precizat.

În regim quasistatic, cauciucul antivibratil se poate comporta în mod distinct, astfel:

- elastic, cu o caracteristică liniară forță-deformație reversibilă la încărcare-descărcare pe aceeași dreaptă (fig. 3.11, a);
- vâscoelastic, cu o caracteristică neliniară cu două ramuri: pentru încărcare, respectiv descărcare (fig. 3.11, b).

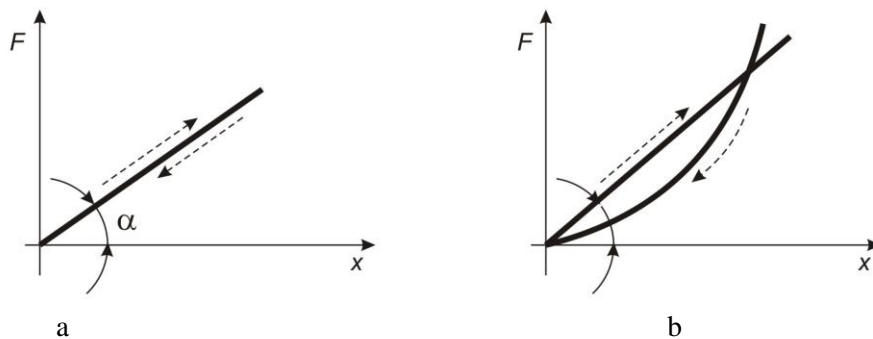


Fig. 3.11 Comportarea cauciucului [24]

Funcție de regimul dinamic (forțe, viteză de deformare, frecvență), cauciucul evidențiază capacitatea de pierdere internă a energiei, reflectată prin existența unei elipse, numite *buclă histerzis*. Această elipsă se află în planul  $F-x$  în două situații:

- una dintre axele elipsei coincide cu caracteristica liniară forță-deformație, ca în figura 3.12, a, evidențiind un comportament quasistatic, cu coeficientul de rigiditate  $k_s = \tan \alpha$ ;
- nici o axă a elipsei nu coincide cu caracteristica liniară forță-deformație, ca în figura 3.12, b, ceea ce pune în evidență comportamentul dinamic „reacția dinamică” prin mărirea coeficientului de rigiditate de la  $\tan \alpha$  la  $\tan \beta = k_{din}$ .

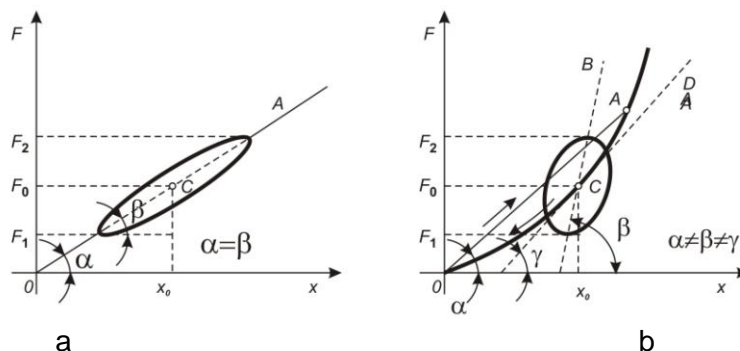


Fig. 3.12 Bucla histerzis [25]

### 3.3. Dispozitive antivibratile elastomerice

Elementele antivibratile din cauciuc de fabricație românească au fost omologate patru amestecuri distincte de cauciuc antivibratil cu simbolurile SAB 9, SAB 4a, SAB 22, SAB 31, având durități cuprinse între 45 și 75 ShA. Pe baza acestui cauciuc au fost realizate elemente antivibratile pentru diverse mașini și utilaje din producția industrială românească, cum ar fi: locomotive, excavatoare, compactoare vibratoare, ciururi vibratoare, automobile, autospeciale, motoare termice.

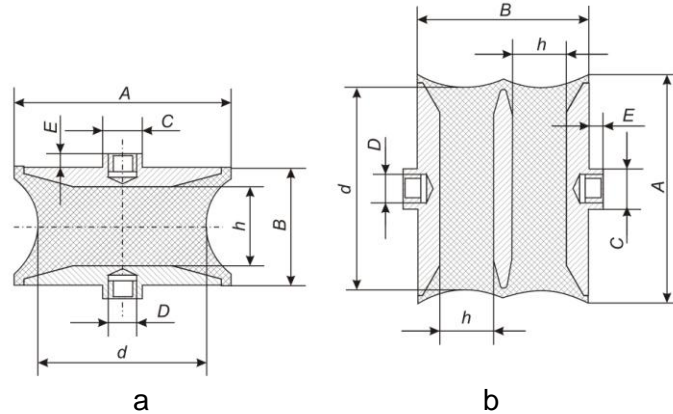


Fig. 3.14. Schemă constructivă pentru elemente antivibratile din cauciuc: a – cu un strat de cauciuc; b – cu două straturi de cauciuc „sandwich” [15]

#### 3.3.1. Sisteme de izolare antivibratilă cu elemente elastice

Au fost adoptate următoarele soluții tehnice:

a) sisteme antivibratile alcătuite numai din elemente elastice cu amortizare internă neglijabilă, unde *reglajul* regimului dinamic de evitare a *zonelor de rezonanță* asigură gradul de izolare a vibrațiilor;

b) sisteme antivibratile alcătuite numai din elemente elastice cu amortizare internă mică; în acest caz, izolarea dinamică a vibrațiilor se realizează prin *reglajul* regimului dinamic în afara rezonanțelor, iar *limitarea amplitudinii* deplasării vibrațiilor este asigurată prin *amortizarea internă proprie*.

#### 3.3.2. Sistem antivibratil de izolare dinamică

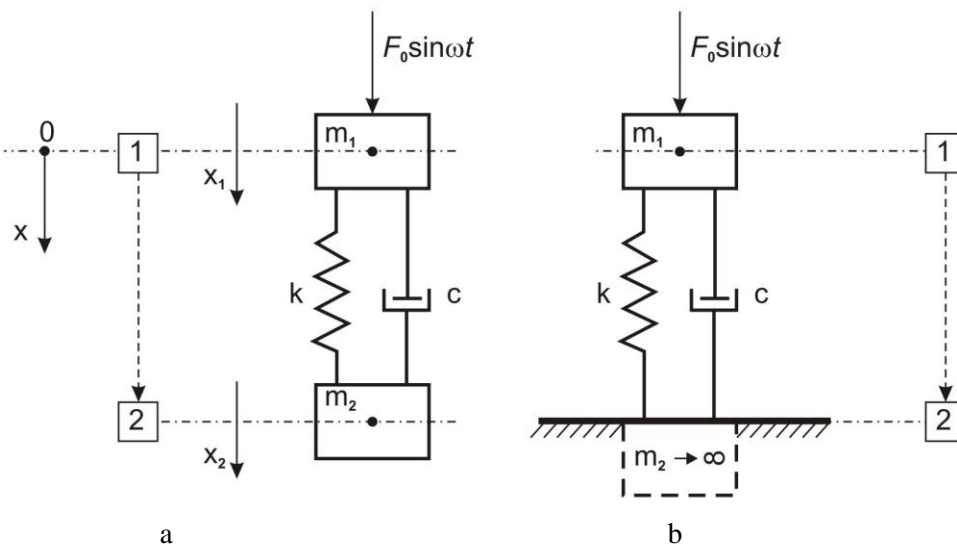


Fig. 3.15 Sistemul elastic liber și sistem legat [22]

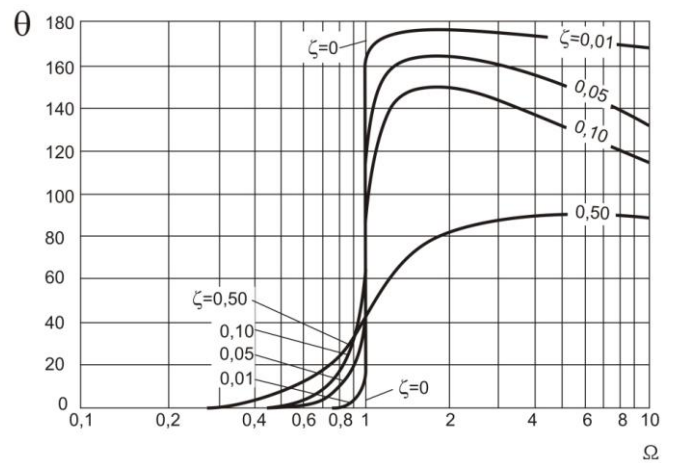
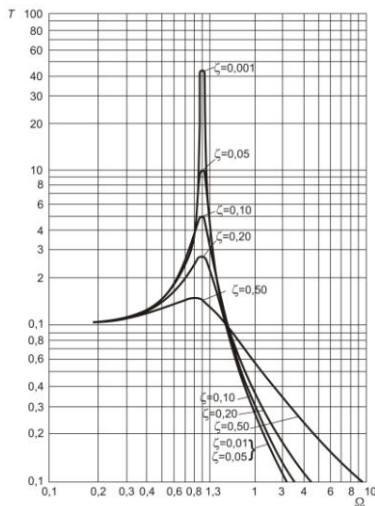


Fig. 3.16. a Diagrama  $T$ - $\Omega$  pentru diverse valori ale  $\xi$  [1]

Fig. 3.16. b Diagrama  $\theta$ - $\Omega$  pentru diverse valori ale  $\zeta$  [1]

Variația parametrilor  $T$  și  $I$  este dată de raportul pulsațiilor  $\Omega$  și de parametrul  $\zeta$ , în figura 3.17.

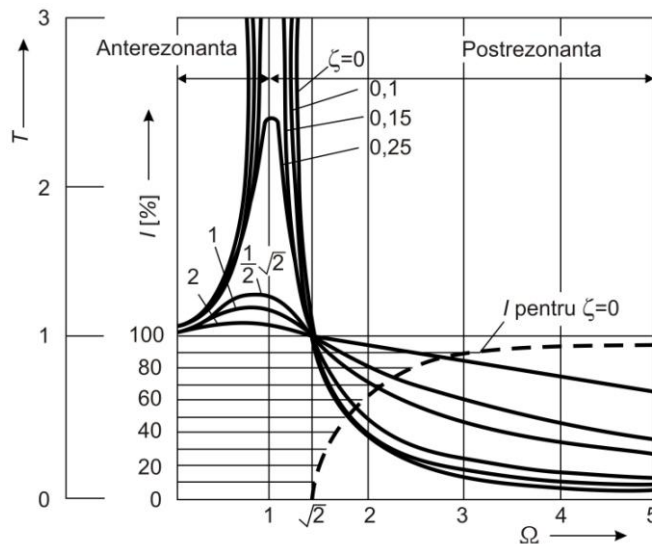


Fig. 3.17. Variația transmisibilității  $T$  și a gradului de izolare  $I$  funcție de raportul pulsațiilor  $\Omega = \omega/p$  și de fracțiunea din amortizarea critică  $\zeta$  [22]

### 3.4. Sisteme de izolare antivibratilă

Sistemele de izolare antivibratilă cele mai răspândite sunt schematizate ca modele dinamice cu un singur grad de libertate cu parametrii constanți.

Sistemele liniare disipative vâscoase sunt alcătuite din cel puțin un element reologic Hooke cu modulul  $E = \text{const}$  sau coeficientul de rigiditate  $k = \text{const}$  și un element reologic Newton cu coeficientul de rezistență vâscoasă  $\eta$  sau coeficientul de amortizare vâscoasă  $c$  în diverse combinații.

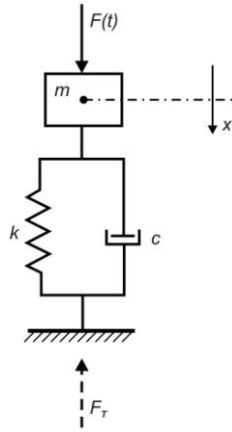


Fig. 3. 20. Sistemul Voight-Kelvin [3]

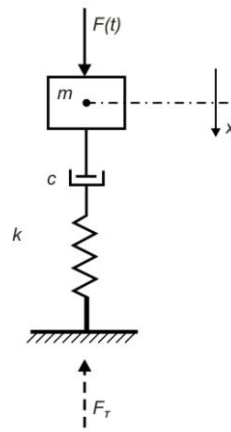


Fig. 3.21. Sistemul Hooke-Maxwell [3]

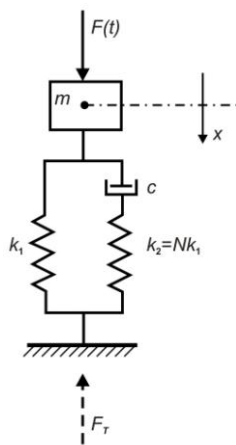


Fig. 3.22 Sistemul Zenner [3]

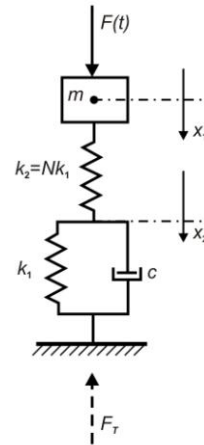


Fig. 3.23 Sistemul Hooke-Voigt-Kelvin [3]

### 3.4.2. Acțiuni exterioare

- a. Acțiunea cinematică armonică
- b. Acțiunea dinamică

### 3.4.3. Bucla histeresis pentru sistemul vâscoelastic linear Voigt-Kelvin

Criteriul fundamental în evaluarea capacității de disipare a energiei interne îl constituie *existența* și *mărimea* buclei histeresis.

### 3.4.4. Ecuația buclei histeresis în tensiune-deformație specifică $\sigma - \varepsilon$

Pentru corpul *Voigt-Kelvin*, fără masă, cu parametrii  $E$ ,  $\eta$  și excitația armonică cu amplitudinea  $\sigma_0$  și pulsația  $\omega$ , avem ecuațiile parametrice caracteristice sub forma

$$\begin{cases} \sigma = \sigma_0 \sin \omega t \\ \varepsilon = \frac{\sigma_0}{E} \cdot \frac{1}{1 + (\omega\tau_0)^2} (\sin \omega t - \omega\tau_0 \cos \omega t). \end{cases} \quad (3.76)$$

### 3.4.5. Ecuația buclei histeresis în forță deformație F-x

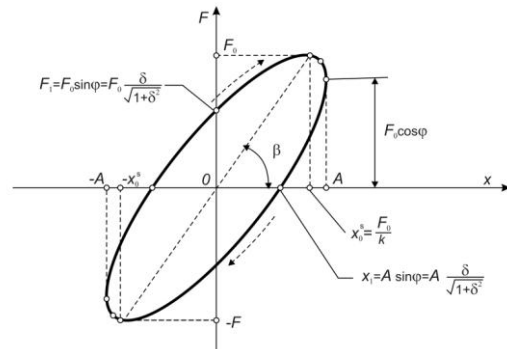
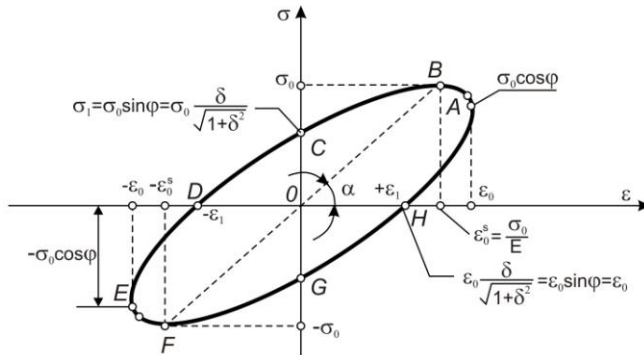


Fig. 3.32 Bucla histeresis în tensiune-deformație specifică  $\sigma - \varepsilon$  [19]

Fig. 3.33 Reprezentarea grafică a buclei histeresis în sistemul de coordonate  $F - x$  [19]

### 3.4.6. Modelul Maxwell. Bucla histeresis pentru sistemul vâscoelastic liniar Maxwell

Ecuația buclei histeresis în tensiune-deformație specifică  $\sigma - \varepsilon$

Reprezentarea grafică a buclei histeresis pentru modelul *Maxwell*, în coordonate  $\sigma - \varepsilon$ , este dată în figura 3.44.

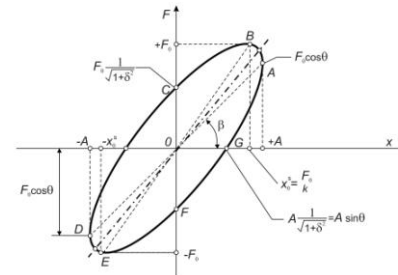
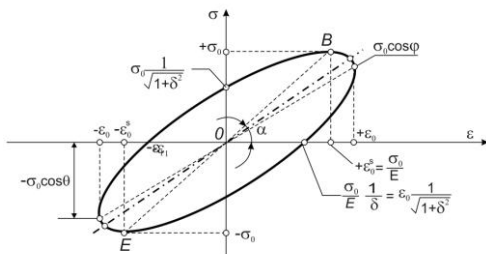


Fig. 3.34. Reprezentarea grafică a buclei histeresis pentru modelul Maxwell, în coordonate  $\sigma - \varepsilon$ . [19]

Fig. 3.35 Reprezentarea grafică a buclei histeresis pentru modelul Maxwell în coordonate  $F-x$  [19]

## 3.5. Analiza dinamică a sistemelor de izolare cu dispozitive elastomerice modelate reologic

### 3.5.1. Model Voigt-Kelvin

Considerăm sistemul vâscoelastic *Voigt-Kelvin*, cu caracteristicile  $k, c, m$ , din figura 3.46 format din:

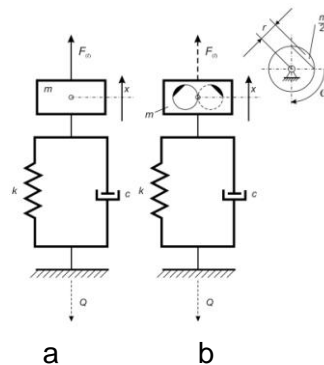


Fig. 3.36. Sistemul vâscoelastic *Voigt-Kelvin* [19]

**a. Controlul dinamic în forță  $F(t)$  și răspuns în deplasare  $x(t)$**

– Pentru *amortizarea structurală elastomerică* obținem

$$A = \frac{F_0}{k} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1-\Omega^2)^2 + \delta^2}}, \quad (3.110)$$

-Pentru *amortizarea vâscoasă discretă* avem:

$$A = \frac{F_0}{k} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1-\Omega^2)^2 + 4\zeta^2\Omega^2}},$$

În figura 3.37, a se prezintă variația lui  $A$  funcție de  $\Omega$  și de amortizarea  $\delta$  iar în figura 3.37, b în funcție de  $\Omega$  și  $\zeta$ .

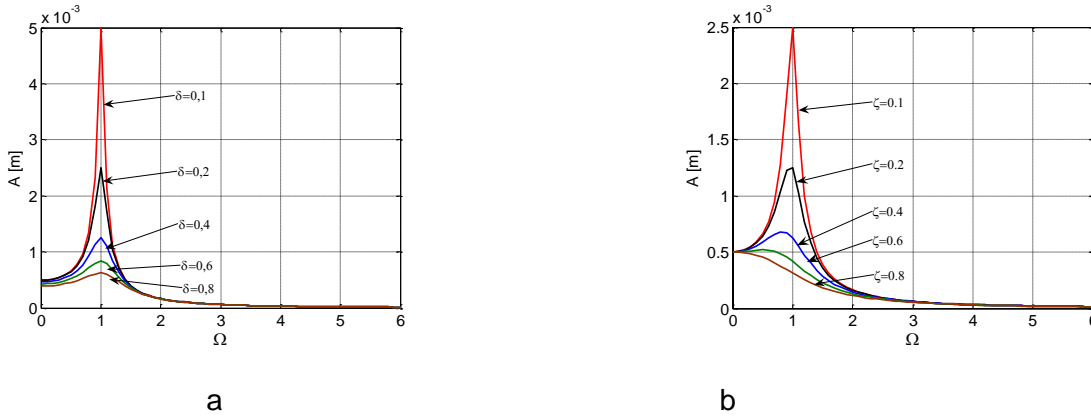


Fig. 3.37. Variația amplitudinii  $A$  funcție de  $\Omega$  - $\delta$ , și funcție de  $\Omega$  și  $\zeta$ . [19]

**a. Forța dinamică transmisă suportului**

Expresia forței dinamice instantanee transmise este

$$Q(t) = Q_0(\omega)\sin(\omega t - \theta), \quad (3.123)$$

unde  $\theta$  este defazajul între forța perturbatoare și forța transmisă.

**a. Evaluarea izolării vibrațiilor**

În figura (3.38) se prezintă variația transmisibilității  $T$  pentru cazul cu amortizare structurală  $\delta$  (fig. 3.38, a) și pentru cazul amortizării vâscoase  $\zeta$  (fig. 3.38, b).

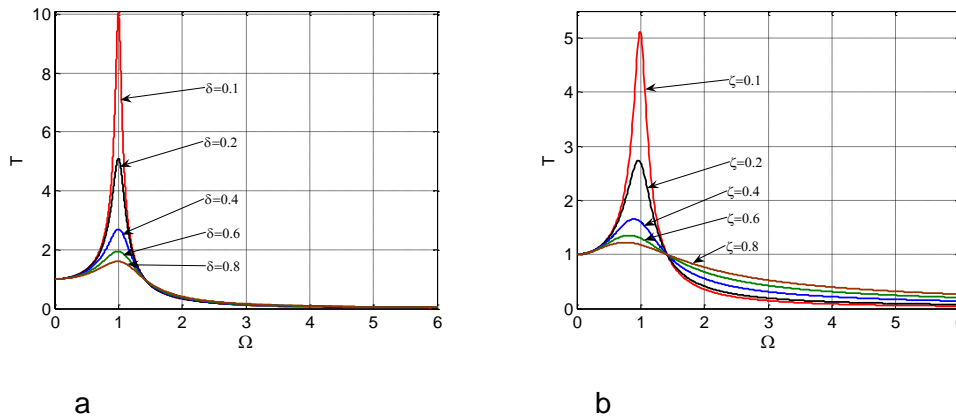


Fig. 3.38. Variația transmisibilității  $T$  pentru cazul cu amortizare structurală  $\delta$  (fig. 3.38, a) și pentru cazul amortizării vâscoase  $\zeta$  (fig. 3.38, b). [19]

### 3.5.2. Modelul Maxwell

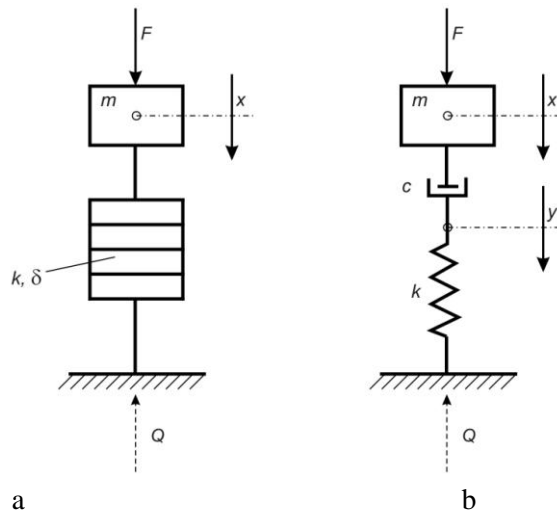


Fig. 3.39 Sistemul vâscoelastic *Maxwell* [19]

Amplitudinea  $A_0$  se va exprima în funcție de tipul amortizării astfel:

- pentru amortizarea structurală  $\delta = c\omega/k$ , avem

$$A_0 = \frac{F_0}{k} \sqrt{\frac{1 + \delta^2}{\Omega^4 + \delta^2(1 - \Omega^2)^2}}, \quad (3.142)$$

reprezentată în figura 3.40, a;

- pentru amortizarea vâscoasă  $\zeta = c/(2mp)$ , avem

$$A_0 = \frac{F_0}{k} \sqrt{\frac{1 + 4\zeta^2\Omega^2}{\Omega^4 + 4\zeta^2\Omega^2(1 - \Omega^2)^2}}. \quad (3.144)$$

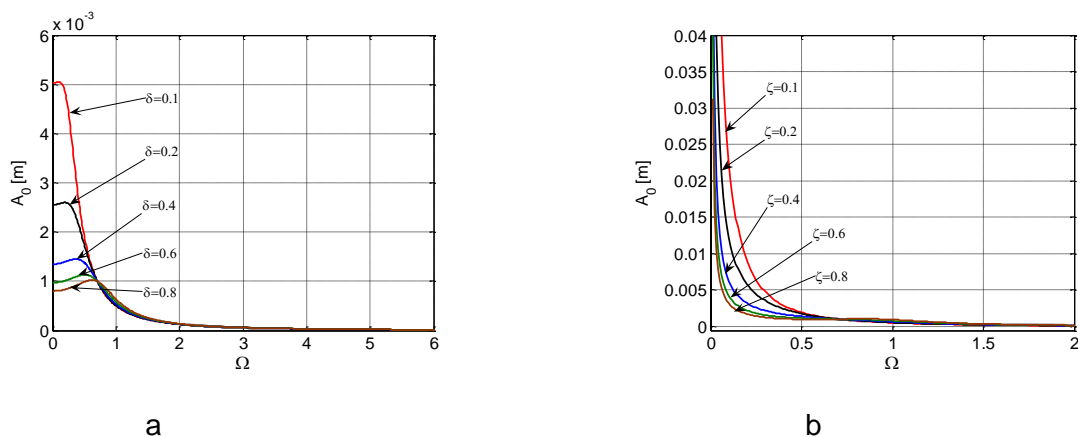


Fig. 3.40 Amplitudinea  $A_0$  în cazul amortizării structurale sau amortizării vâscoase [19]

#### a. Forța dinamică transmisă suportului fix

Forța dinamică  $Q$  transmisă fundației este, pentru cele două tipuri de amortizări:

- pentru  $\delta = c\omega/k$ , înlocuind în (3.146), obținem



$$Q_0 = F_0 \sqrt{\frac{\delta^2}{\Omega^4 + \delta^2(1 - \Omega^2)^2}} ; \quad (3.148)$$

– pentru  $\zeta = c/(2mp)$ , avem  $\delta = 2\zeta\Omega$ , rezultând

$$Q_0 = F_0 \sqrt{\frac{4\zeta^2\Omega^2}{\Omega^4 + 4\zeta^2\Omega^2(1 - \Omega^2)^2}} . \quad (3.149)$$

### c. Evaluarea izolării dinamice

Curbele de variație pentru  $T(\Omega, \delta)$  și  $T(\Omega, \zeta)$  sunt reprezentate în figura 3.51.

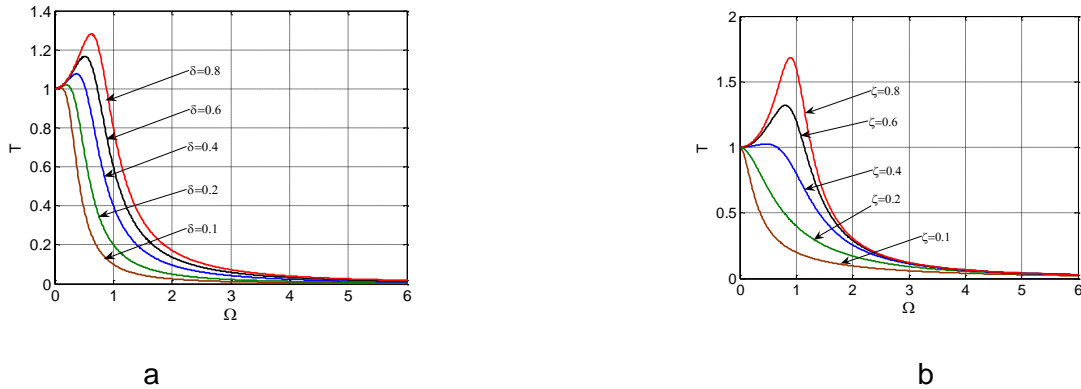


Fig. 3.31 Curbele de variație pentru  $T(\Omega, \delta)$  și  $T(\Omega, \zeta)$

## CAPITOLUL 4

### MODELE REOLOGICE COMPUSE ALE SISTEMELOR ANTIVIBRATILE ȘI ANTISEISMICE

#### 4.1. IZOLAREA VIBRAȚIILOR PE BAZA SISTEMELOR CU MODELE REOLOGICE COMPUSE

##### 4.1.1. Modelul Voigt-Kelvin

În figura 4.1.a se ilustrează reprezentarea simbolică a modelului cu excitație cinematică, iar în figura 4.1.b modelul cu excitație dinamică

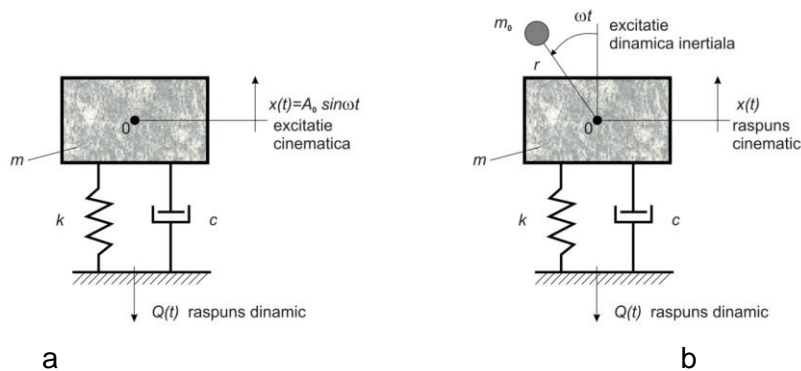


Fig. 4.1. Modelul Voigt-Kelvin [6]

##### 4.1.3. Modelul Maxwell

Acest model descrie comportarea fizică liniară a terenului. Este schematizat prin legarea în serie a unui element elastic cu un element vâscos. În figura 4.2.a se ilustrează reprezentarea simbolică a modelului cu excitație cinematică, iar în figura 4.2.b modelul cu excitație dinamică, model care este analizat [22].

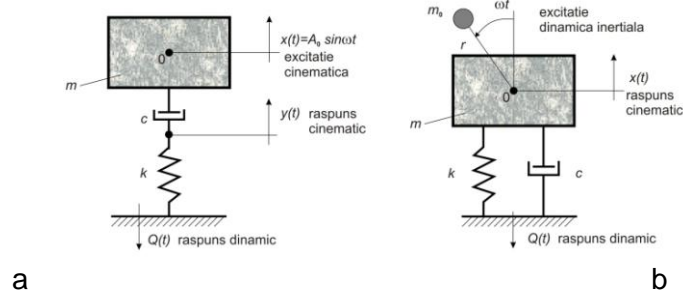


Fig. 4.2. Modelul Maxwell [6]

#### 4.1.5. Modelul Zener

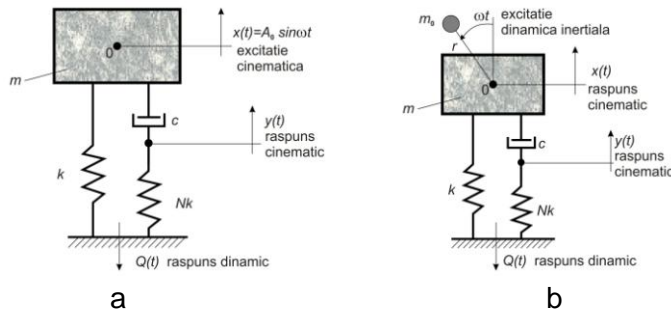


Fig. 4.3. Modelul Zener [6]

#### 4.1.7. Modelul Voigt-Kelvin-Hooke

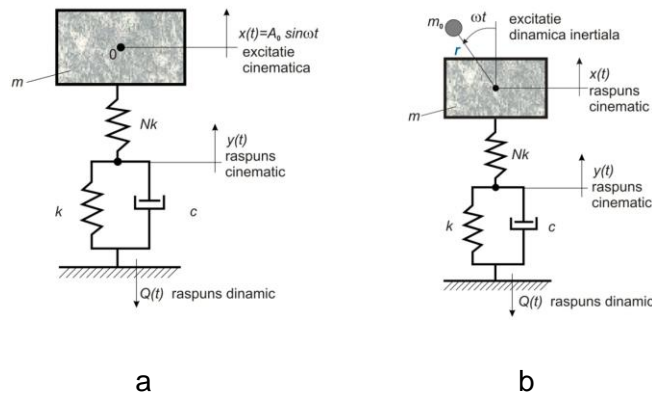


Fig. 4.4. Modelul Voigt-Kelvin-Hooke [6]

#### 4.1.9. Modelul Voigt-Kelvin-Newton

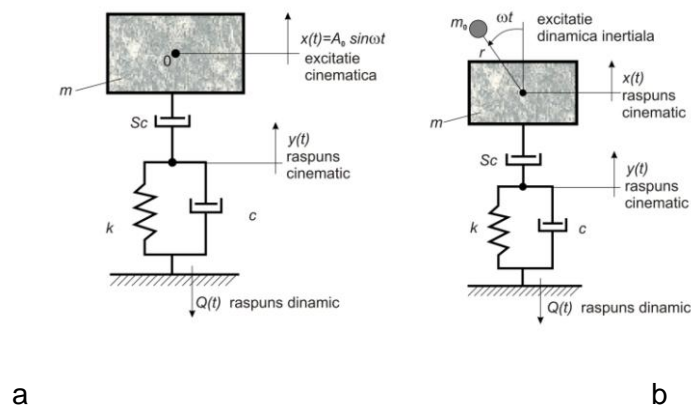


Fig. 4.5. Modelul Voigt-Kelvin-Newton [6]

4.1.11. Modelul Voigt-Kelvin-Hooke-Newton

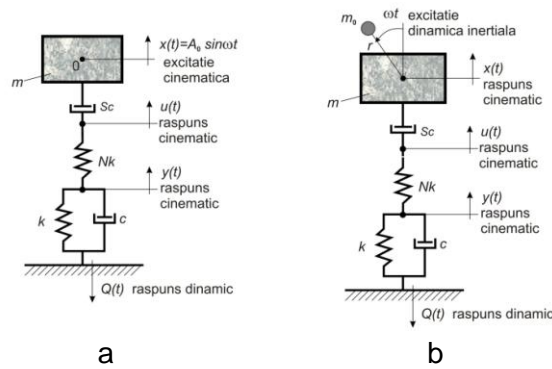


Fig. 4.6. Modelul Voigt-Kelvin-Hooke-Newton [6]

CAPITOLUL 5  
DISPOZITIVE ANTISEISMICE

5.1. Dispozitive dependente de viteză cu fluid vâscos

Amortizorul vâscos este un dispozitiv antiseismic care furnizează o forță de întindere sau compresiune care se conformează cu legea constitutivă declarată de către un producător pe un domeniu de viteze care se extinde pe cel puțin două decade în jos față de nivelul maxim calculat. Amortizorul vâscos poate fi cu fluid vâscos (FVD) sau amortizor cu resort fluid (FSD). [11]\*\*\*

5.1.1. Cerințe de alcătuire

Amortizoarele vâscoase sunt calculate astfel încât să nu se producă nicio plasticizare în urma aplicării încărcărilor de serviciu și să nu se producă cedarea în urma aplicării încărcărilor ultime. Amortizoarele vâscoase sunt calculate să suporte presiunea internă maximă care rezultă din combinația cea mai defavorabilă de date de intrare de calcul.

5.1.2. Încercările inițiale de tip

a. Încercare de presiune pentru amortizoare cu fluid vâscos și amortizoare cu resort fluid

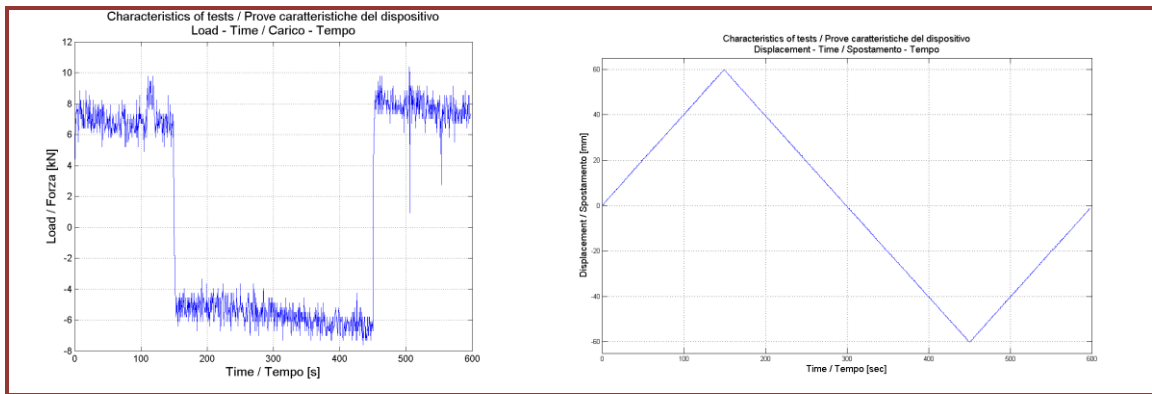
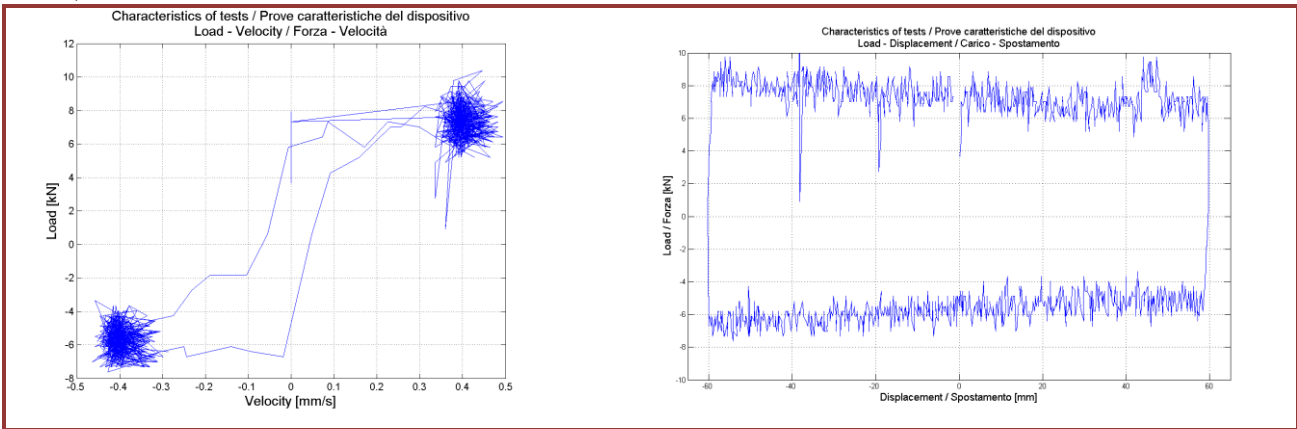
Se aplică o presiune internă fiecărui FVD sau FSD care trebuie să fie echivalentă cu 125% din încărcarea maximă a amortizorului. Aceasta presiune este menținută pentru 120 s. [11]\*\*\*



Fig. 5.2. Încercare de presiune pentru un FVD 500 ±100

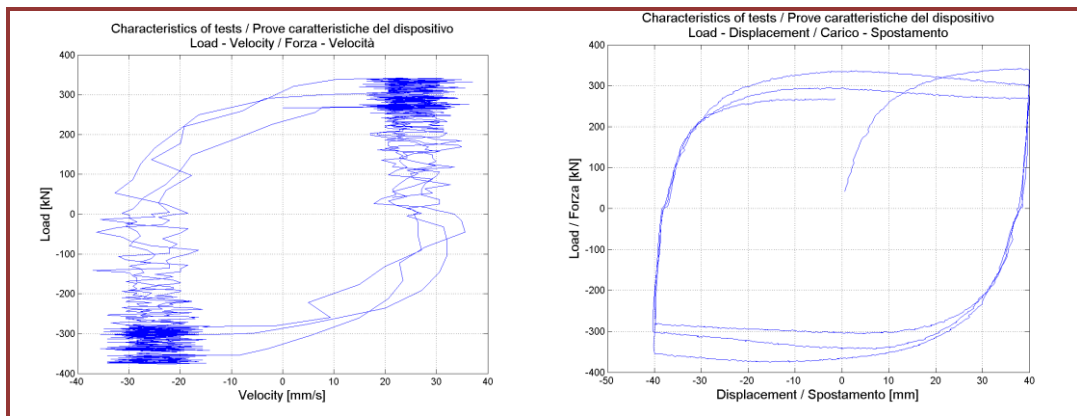
**b. Încercare la viteză redusă pentru amortizoare cu fluid vâcos**

Scopul încercării la viteză redusă îl constituie evaluarea forței axiale capabile a amortizorului în condițiile deplasărilor termice simulate.



**c. Încercarea legii de comportare pentru amortizoare cu fluid vâcos**

Scopul încercării îl constituie determinarea curbei caracteristice a FSD, adică a parametrilor  $F_0$  (pre-încărcare),  $K$  (rigiditate),  $C$  și  $\alpha$  (amortizare), care definesc o parte din legea ei caracteristică.



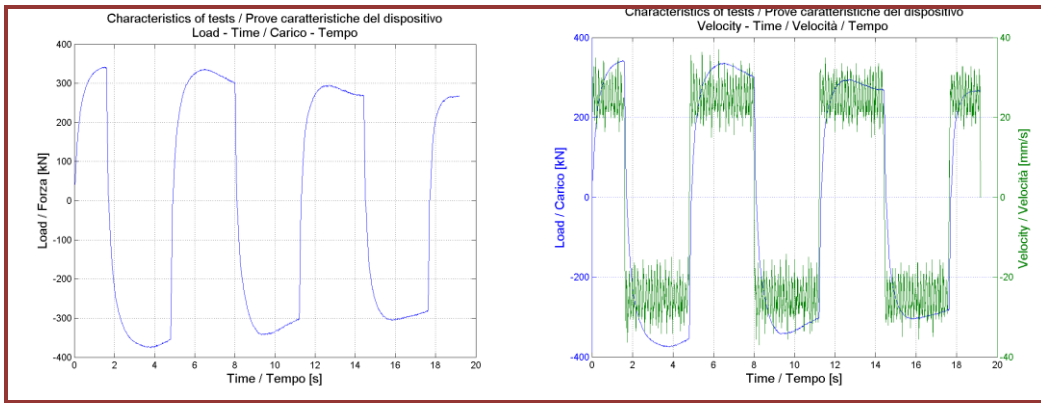


Fig 5.9. Diagrama încărcare-timp Fig 5.10. Diagrama viteză-timp

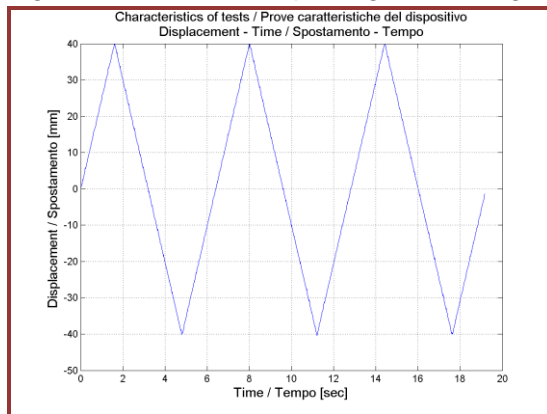


Fig 5.11. Diagrama deplasare-timp

**d. Încercarea eficienței amortizorului**

Scopul încercării eficienței amortizorului îl constituie evaluarea capacității dispozitivului de disipare a energiei și stabilitatea reacțiunii.

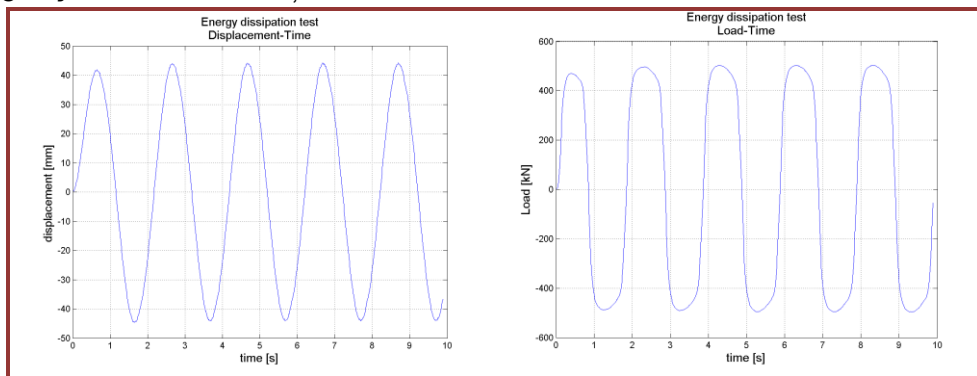


Fig.5.12. Diagrama deplasare-timp

Fig.5.13. Diagrama încărcare-timp

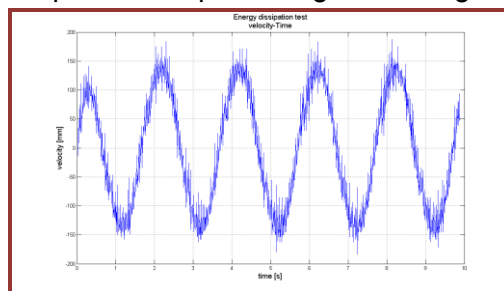


Fig.5.14. Diagrama viteză-timp

**e. Încercarea uzurii etanșeității**

Scopul încercării îl constituie garantarea rezistenței etanșeității sub deplasările de origine termică pe durata de serviciu prevăzută, fără scurgeri de fluid.

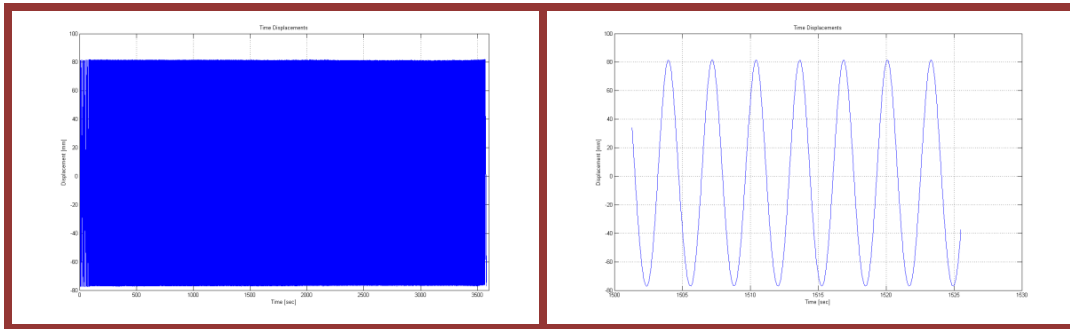


Fig.5.15. Efectuarea a 1552 cicluri cu o perioadă per ciclu de 1.57 s

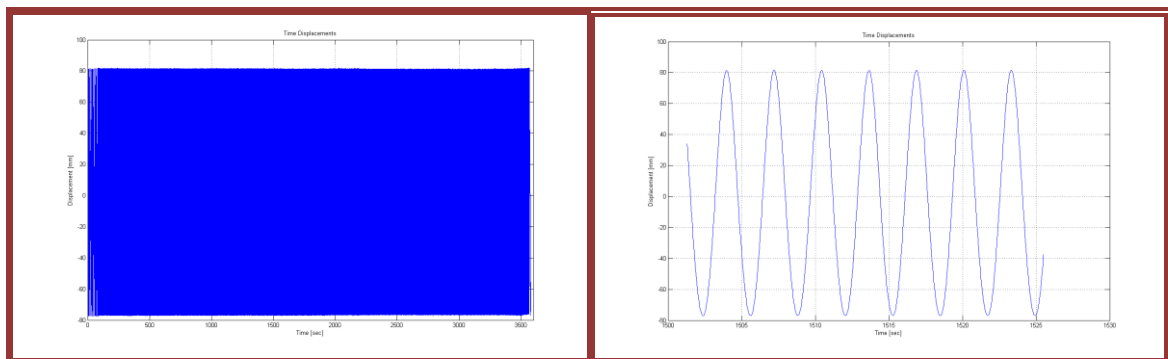


Fig 5.16. Efectuarea a 1108 cicluri cu o perioadă per ciclu de 3.14 s

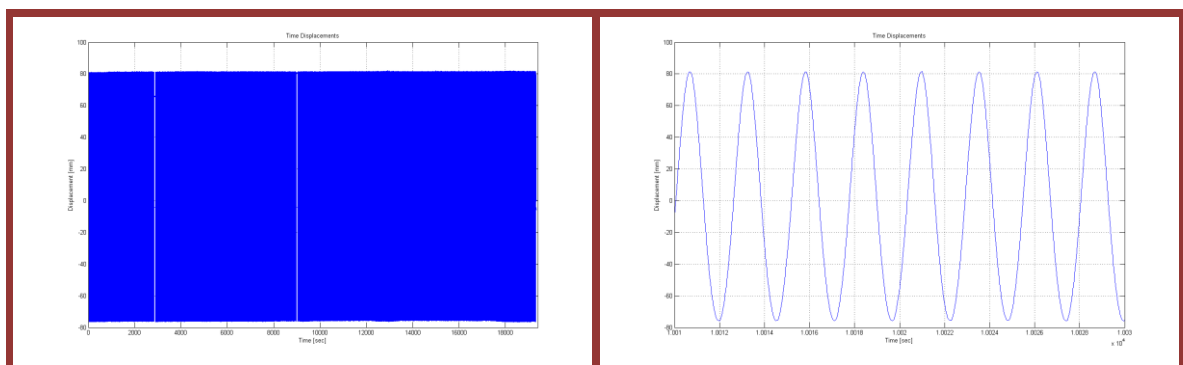


Fig 5.17. Efectuarea a 7736 cicluri cu o perioadă per ciclu de 2.5 s

**i. Încercarea de verificare a cursei**

Scopul încercării este de a se asigura că amortizorul este capabil să suporte cursa de calcul. Un ciclu cu cursă completă este aplicat amortizorului. Nu este necesar ca amortizorul să fie umplut cu fluid. Cerința este ca amortizorul să fie capabil să suporte o cursă cel puțin egală cu valoarea de calcul cu o toleranță de 1 mm.

**5.2. Dispozitive elastomericе antiseismice**

Izolatorii seismici sunt dispozitive antiseismice care preiau încărcările gravitaționale ale structurii fără a dezvolta efecte semnificative de curgere lentă și care rezistă acțiunilor ne-seismice, cum ar fi încărcarea din vânt și deplasărilor induse de variația de temperatură.

5.2.1. Izolatori din elastomeri

Izolatori din elastomer pot fi, atât de amortizare mare cât și de amortizare mică, folosite cu sau fără dispozitive complementare:

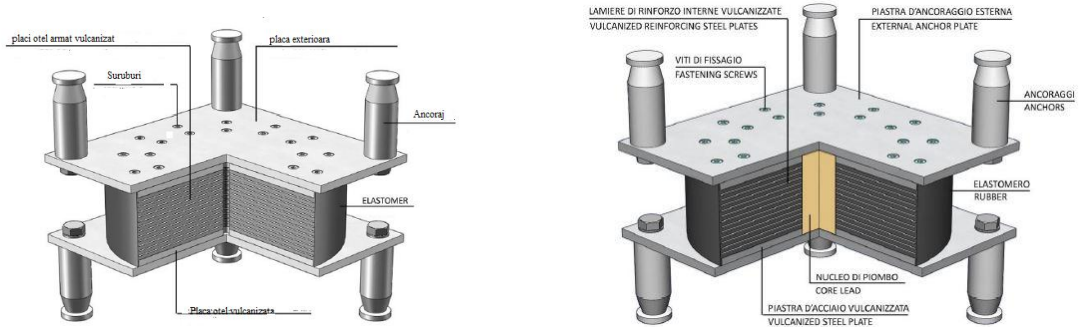


Fig 5.18. a Izolator elastomeric de tip HDRB [3]\*\*\*, b. Izolator elastomeric de tip LDRB [3]\*\*\*

a) Dependența caracteristicilor orizontale de deformația specifică de forfecare a cauciucului

Caracteristicile orizontale la încărcări ciclice sunt măsurate la următoarele niveluri ale deformației specifice de forfecare ale cauciucului: ± 5 %, ± 10 %, ± 20 %, ± 50 % și ± 100 %.

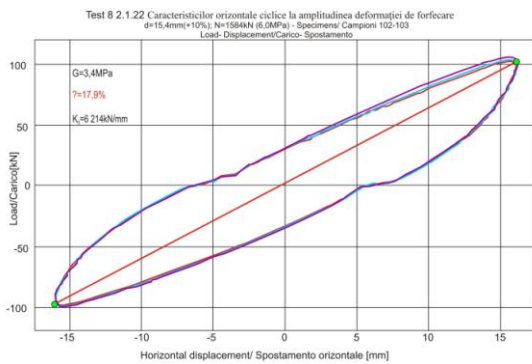


Fig.5.22. Dependența caracteristicilor orizontale de deformația specifică de forfecare a cauciucului

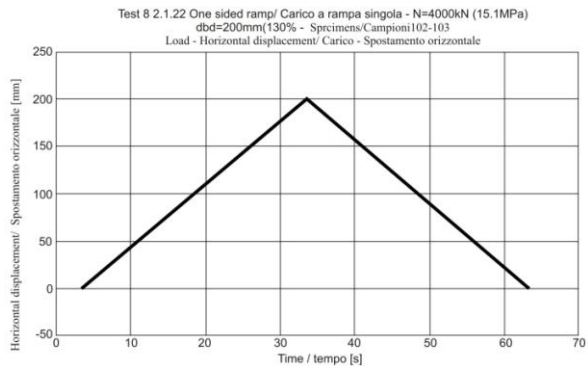


Fig 5.23. Test rampa

b) Dependența caracteristicilor orizontale de frecvență

Efectul frecvenței asupra caracteristicilor orizontale  $K_b$  și  $\xi_b$  (sau  $K_2$  și  $Q_d$ ) este determinat prin încercări la amplitudini ale deformației de forfecare ale cauciucului de ± 100 %. Caracteristicile orizontale sunt măsurate pentru trei frecvențe: 0,1 Hz, 0,5 Hz 2,0 Hz.

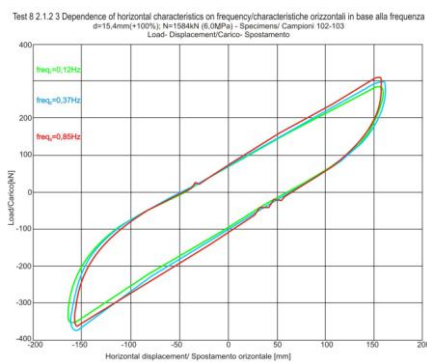


Fig. 5.24. Dependența caracteristicilor orizontale de frecvență

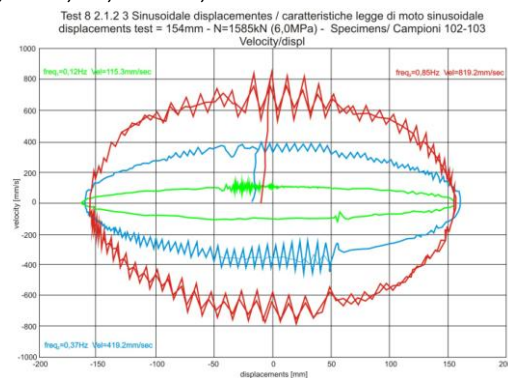


Fig. 5.25. Deplasările sinusoidale

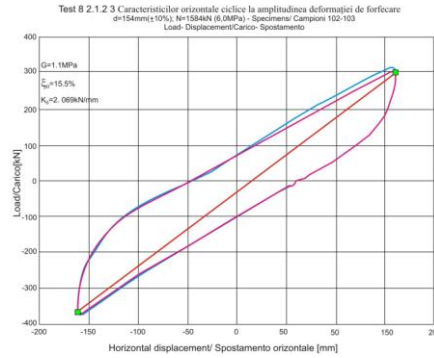


Fig. 5.26. Caracteristicile orizontale la deformații ciclice

**c) Capacitatea la compresiune la o deplasare laterală egală cu zero**

Această încercare se realizează aplicând o forță verticală până la valoarea  $N_{sd}$  și menținând această forță constantă pentru cel puțin 3 min, în timp ce izolatorul este examinat pentru semne de cedare. Se determină caracteristica forță-deplasare.

**d) Capacitatea la compresiune la o deplasare laterală egală cu zero**

Această încercare se realizează aplicând o forță verticală până la valoarea  $N_{sd}$  și menținând această forță constantă pentru cel puțin 3 min, în timp ce izolatorul este examinat pentru semne de cedare. Se determină caracteristica forță-deplasare.

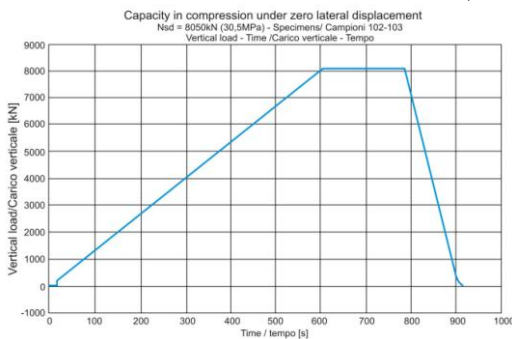


Fig. 5.27. Capacitatea la compresiune la o deplasare laterală egală cu zero

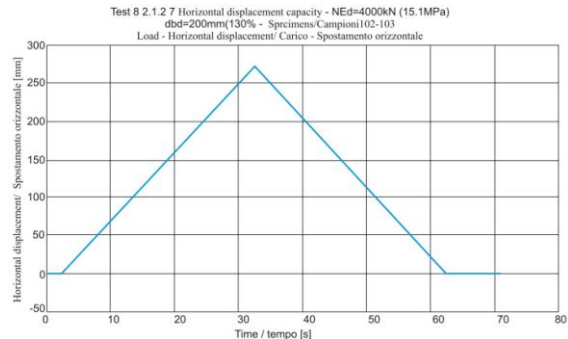


Fig. 5.28. Capacitatea de deplasare orizontală

**e) Capacitatea de deplasare orizontală**

Încercarea este efectuată la o încărcare în rampă. Diagrama este reprezentată în figura 5.28.

**f) Rigiditatea la compresiune**

Este determinată valoarea  $K_v$ .

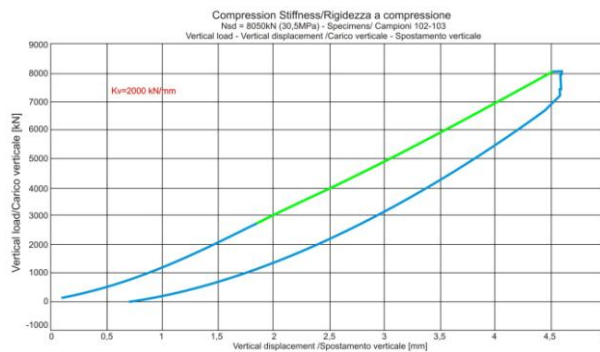


Fig. 5.29. Rigiditatea secantă la compresiune

**5.2.2 Materialele componente ale izolatoarelor elastomerici**

Elastomerii pot fi cu amortizare mică sau cu amortizare mare și îndeplinesc cerințele referitoare la proprietățile mecanice și fizice din SR EN 15129:2010.



### 5.3. Izolarea bazei cu dispozitive elastomerice antiseismice

#### 5.3.1. Evaluarea gradului de izolare la șocuri seismice a clădirilor rezemate pe dispozitive elastomerice

Clădirile realizate cu structuri din beton armat au deformații ne semnificative la acțiunile dinamice exterioare provenite din cutremure de pământ. În acest caz, acestea pot fi modelate ca sisteme rigide încastrate în terenul de fundare.

#### 5.3.2. Alcătuirea sistemului de izolare a bazei

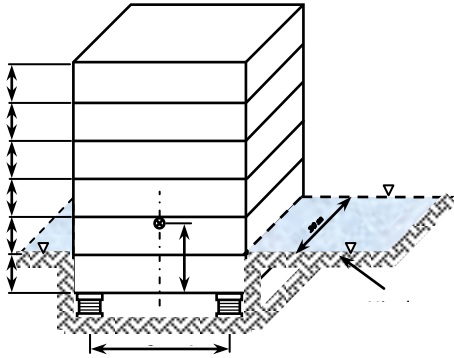


Fig. 5.31. Modelul unei clădiri rezemată elastic [29]

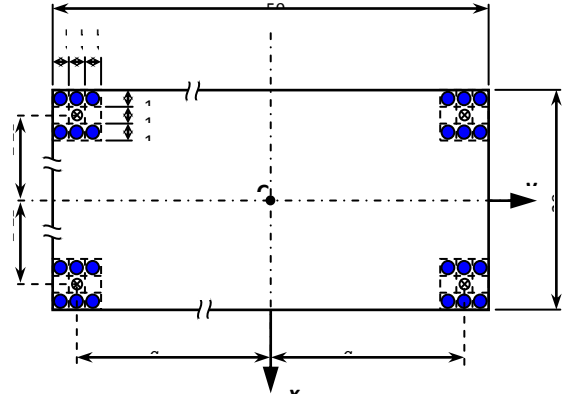


Fig. 5.32. Poziția dispozitivelor elastomerice de la baza clădirii [29]

## CAPITOLUL VI

### CERINȚE FUNCȚIONALE ȘI STRUCTURALE CONDIȚIONATE DE TRANSMISIBILITATEA FORȚELOR SEISMICE DE EXCITAȚIE

#### 6.1. Răspunsul la acțiuni dinamice seismice ale sistemului de ancore cu toroane lungi pentru consolidarea și fixarea masivelor de pământ natural din componența versanților înclinați

Consolidarea terenului natural pentru evitarea alunecărilor este procedeul care se realizează în mod eficient cu ancore din toroane de oțel lungi și care formează un bulb de fixare la capătul înglobat.

##### 6.1.1. Modelul dinamic de calcul

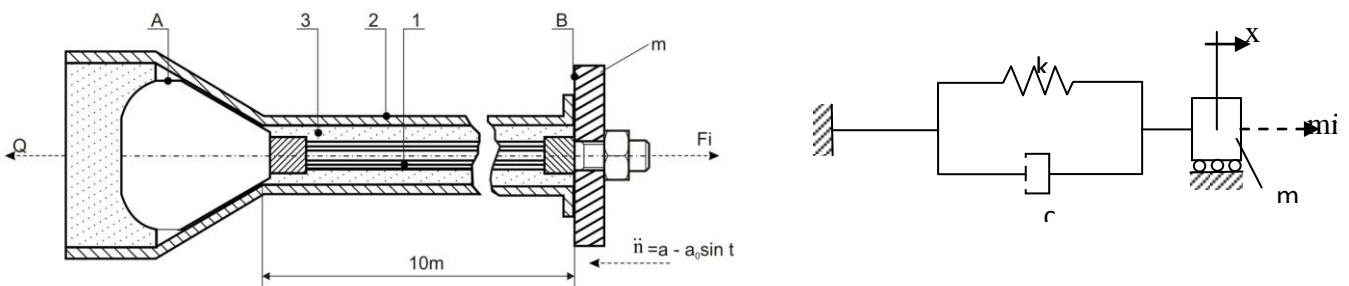


Fig 6.2. Modelul dinamic de calcul al ansamblului de consolidare cu un singur toron [61]

### 6.1.2. Capacitatea portantă

Se determină forța transmisă  $Q_0$  pe baza relației transmissibilității  $T(\Omega, \xi)$ , astfel:

$$Q_0 = F_0 T(\Omega, \xi) \quad (6.7)$$

În figura 6.3 se prezintă familia de curbe  $T(\Omega, f)$  pentru  $\Omega = 0, \dots, 5$  și cu valori discrete  $\xi = 0,15; 0,25; 0,35$ .

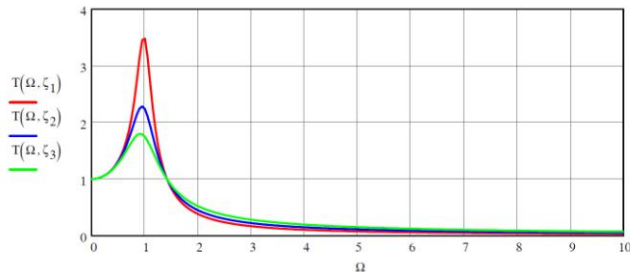


Fig 6.3. Familia de curbe  $T(\Omega, f)$  pentru  $\xi = 0,15; 0,25; 0,35$ . [61]

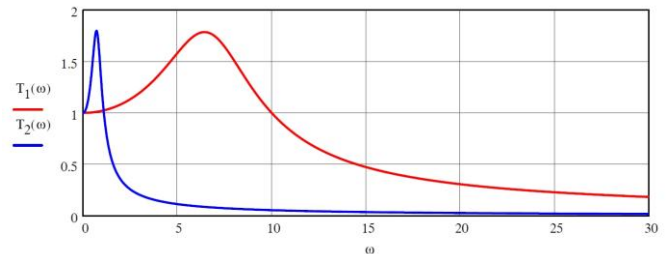


Fig 6.4. Familia de curbe  $T_1(\omega)$  și  $T_2(\omega)$  [61]

## 6.2. Comportarea dinamică a îmbinării ancoră metalică-beton pentru asigurarea montajului echipamentelor cu rotor la anvelopa clădirii

Pentru fixarea, montarea și instalarea echipamentelor industriale, energetice și de procesare cu funcționare în regim dinamic, se utilizează în mod frecvent, cu mare eficiență, sisteme de ancore expandabile din oțel.

### 6.2.1. Schematizarea sistemului experimental

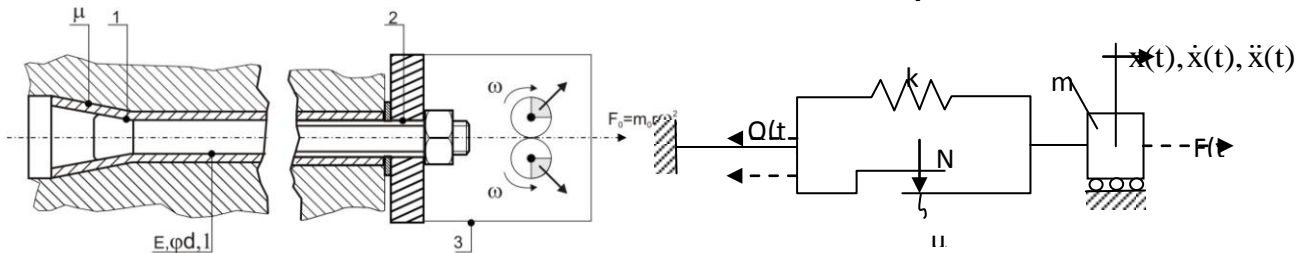


Fig 6.6. Modelul dinamic complet linear al unei ancore din oțel expandată [109]

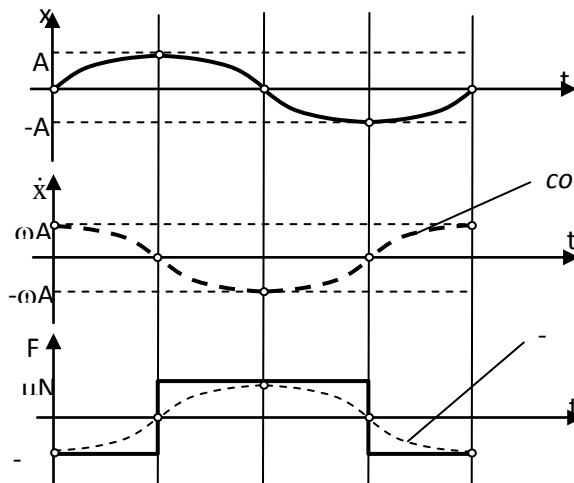


Fig 6.7. Curbele  $x$ ,  $\dot{x}$  și  $F_f$  în domeniul timp [109]

LISTA LUCRĂRI PUBLICATE ȘI PREZENTATE

- [1] **Alexandru, C.**, - Instalatii pentru constructii si confort ambiental”: Evaluarea solicitarilor dinamice din elementele de fixare ale unor echipamente de instalatii; Efectul incercarilor seismice asupra elementelor de prindere a rezervoarelor de apa, Timisoara, 1996.
- [2] **Alexandru, C.**, - Echipamente in constructii pentru asigurarea calitatii, confortului si sigurantei mediului construit”: Modelarea dinamica a rezervoarelor paralelipipedice supuse sarcinilor seismice; Tensiuni si deformatii in elementele de fixare la structura a aerotermelor de tavan, Sinaia, 1996.
- [3] **Alexandru, C.**, - Utilizarea metodei maselor echivalente pentru analiza seismica si calculul la stabilitate a rezervoarelor cilindrice inalte, Simpozion Arad, 1996.
- [4] **Alexandru, C.**, Tomsa, A., - Modelarea matematica a rezervoarelor paralelipipedice supuse sarcinilor seismice - Simpozion Sinaia, 1996.
- [5] **Alexandru, C.**, Rizzoli, C- Tensiuni si deformatii in elementele de fixare la structura a aerotermelor de tavan – Simpozion Sinaia , 1996.
- [6] **Alexandru, C.**, - Evaluarea solicitarilor dinamice din elementele de fixare ale unor echipamente de instalatii; Efectul incercarilor seismice asupra elementelor de prindere a rezervoarelor de apa – Simpozion Sinaia , 1996.
- [7] **Alexandru, C.**, - Modelarea dinamica a rezervoarelor paralelipipedice supuse sarcinilor seismice; Tensiuni si deformatii in elementele de fixare la structura a aerotermelor de tavan, Simpozion Sinaia , 1996.
- [8] **Alexandru, C.**, - Cerinte pentru atestarea conformitatii armaturilor de otel beton in functie de documentul de referinta specific. Agrementare tehnica. Certificarea de conformitate. Galati, 2008.
- [9] **Alexandru, C.**, - Sistemul de atestarea conformitatii otelului beton procesat din bobine si colaci, Contel 2010, Sibiu, 2010.
- [10] **Alexandru, C.**, - Comportarea dinamică a îmbinării ancoră metalică-beton pentru asigurarea montajului echipamentelor cu rotor la anvelopa cladirii , A 36-a Conferinta pentru Mecanica Solidelor, Acustica si Vibratii ICMSAV XXXVI, Cluj 23-26.10.2012
- [12] **Alexandru, C.**, - Răspunsul la acțiuni dinamice seismice ale sistemului de ancore cu toroane lungi pentru consolidarea și fixarea masivelor de pământ natural din componența versanților inclinați, A 36-a Conferinta pentru Mecanica Solidelor, Acustica si Vibratii ICMSAV XXXVI, Cluj 23-26.10.2012.
- [13] **Alexandru, C.**, - Probleme actuale ale urbanismului si amenajarii teritoriului, Chisinau 15-16 noiembrie 2012, ISBN 978-9975-71-315-3.
- [14] **Alexandru, C.**, - Analiza comportării dinamice a sistemelor de ancorare-fixare pentru stabilizarea versanților supuși acțiunii seismice, **S.I.N.U.C. 2012 - Simpozionul Național de Utilaje și Construcții, UTCB, 16-21.12.2012.**
- [15] **Alexandru, C.**, - Evaluation the Degree of Compactability of Fresh Concrete Through Vibration Based on the Dissipated Energy Estimation, Conferinta “Advances in Cement and Concrete Technology in Africa” , ACCTA 2013/28.01-03.02.2013, ISBN 978-3-9815360-3-4, 2012.
- [16] Bratu, P., **Alexandru, C.**, - Optimization of the Vibration Process of Fresh Concrete by Estimating the Dissipated Energy for Structural Reinforced Elements, Conferinta “Advances in Cement and Concrete Technology in Africa” ACCTA 2013/28.01-03.02.2013 ISBN 978-3-9815360-3-4, 2012.
- [17] **Alexandru, C.**, - Comportarea parametrică a izolatoarelor elastomerice antivibratile la încercarea pe stand în funcție de excitația, ICOME, Craiova, pp 635-640, ISBN 978-606-14-0692-0, 16-17.05.2013.
- [18] **Alexandru, C.**, - Experimental evaluation of dynamic isolation systems composed by elastomeric devices, Conferinta 25-27.05.2013, "10<sup>th</sup> HSTAM International Congress on Mechanics" , ISBN 978-960-845-18-2, Creta, Grecia, **BDI**

- [19] **Alexandru, C.**, - - Algoritm operațional pentru evaluarea performanțelor elastice și de amortizare a dispozitivelor elastomerică antivibratorile, A 37-a Conferință Națională de Mecanica Solidelor, Acustică și Vibrații CNMSAV XXXVII, Bucuresti. 6-8.06.2013.
- [21] **Alexandru, C.**, - Parametric correlations between experimental results and the base isolation, in situ, structural ones- Cea de-a cincea ediție a conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, arhitectură, urbanism și dezvoltare teritorială, INCERC 2013, 19.04.2013.
- [22] Bratu, P., Vasile, O., **Alexandru, C.**, Murzea.,P- Concepts, models and procedures regarding the functional performance behaviour of anti-seismic devices for the base isolation system-Cea de-a cincea ediție a conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, arhitectură, urbanism și dezvoltare teritorială, INCERC 19.04.2013
- [23] Bratu, P., **Alexandru, C.**, - Compare analysis of dynamic response of an elastic-dissipative system with Voight-Kelvin or Maxwell Rheological behaviour, 20<sup>th</sup> ICSV, Bangkok, 07-11.07.2013, ISBN 978-616-335-398-6.
- [24] **Alexandru, C.**, -Evaluation of internal dissipated energy for anti-vibration isolators, 20<sup>th</sup> ICSV, Bangkok, 07-11.07.2013, pp 1325-1331, ISBN ISBN 978-616-335-398-6, indexata **SCOPUS**.
- [25] **Alexandru, C.**, - Analysis of the dynamic behavior of the antiseismic elastomeric isolators based on the evaluation of the internal dissipated energy, (2013) Applied Mechanics and Materials, 430, pp. 317-322, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.430.317, **ISI Proceedings**.
- [26] **Alexandru, C.**, - The influence of the dynamic regime on the hysteretic damping characteristics, SISOM 2013, Bucharest, Romania, 21-22.05.2013.
- [27] **Alexandru, C.**, - Identification of the rheological behaviour of the linear vasco-elastic materials modelled as Kelvin-Voigt at harmonic dynamic actions, SISOM 2013, Bucharest, Romania, 21-22.05.2013.
- [28] Bratu, P., **Alexandru, C.**, - Evaluarea acțiunilor ondulatorii provenite din miscari vibratorii si socuri seismice asupra mediului construit- Danube-Black Sea 3E-Energy, Enviorement&Efficiency, 18-21.09.2013, Galati, Romania.
- [29] **Alexandru, C.**, - Răspunsul dinamic în regim forțat al unui sistem antivibratil în funcție de unghiul de așezare al izolatoarelor elastomerică- SYS STRUC, Resita, 26-28.09.2013.
- [30] Bratu, P., **Alexandru, C.**, - Optimizarea amortizării structurale prin variații discrete parametrice a sistemelor de izolare a bazei la miscari seismice, Zilele Academiei de Științe Tehnice din România, Brașov, 04 - 05.10.2013.
- [31] Giorgio De Marco, **Carmen A. Alexandru**- The constructive, dynamic and technological performance of anchors with strands for strengthening the foundation systems of buildings, Congress on Materials & Structural CMSS 2013, Rabat, Maroc, 27-30.11.2013, ISBN 978-9954-32-689-3.
- [32] Polidor P. Bratu, Giorgio de Marco, **Carmen A. Alexandru**, Reinforcement and prestressing systems of concrete at the execution of structural elements, Congress on Materials & Structural CMSS 2013, Rabat, Maroc, 27-30.11.2013, ISBN 978-9954-32-689-3, **indexata SCOPUS**.
- [33] **Alexandru, C.**, - Dynamic response analyses for achieving technological performances for vibrations sorting and isolation in case of inertial vibrating screens, A 2-a Conferinta nationalade echipamente pentru procese industriale, EPI 60- 16.05.2014, UPB Bucuresti, ISBN 978-606-23-0212-2.
- [34] **Alexandru, C.**, - Rheological models of vibration isolation systems for elastomeric materials, 21<sup>th</sup> ICSV, Beijing, China, 13-17.07.2014, pp. 589-595, indexata SCOPUS, ISBN 978-83-62652-65-5.
- [35] Bratu P., **Alexandru C.**, Vasile O.- Evaluation of seismic isolation shock capacity of propped building on elastomeric devices, 21<sup>th</sup> ICSV, Beijing, China, 13-17.07.2014, indexata SCOPUS.

[36] **Alexandru, C.,-** Influence of position angle of elastic anti-vibration elements on the transmissibility, (2014) Romanian Journal of Acoustics and Vibration, 11 (1), pp. 59-62., ISBN 1584-7284, **BDI**.

[37] **Alexandru, C.,-** Analysis of the Dynamic Isolation Effect Based on Representative Rheological Models, 38th International Conference on Mechanics of Solids, Acoustics and Vibrations ICMSAV XXXVIII, 3-5.09.2014.

[38] **Alexandru, C.,-** Parametric analysis of dynamic isolation of harmonic actions based on a variety of rheological composed models, 22<sup>th</sup> ICSV, Florence Italy, 12-16.07.2015, ISBN 978-88-88942-49-0.

[39] **Alexandru, C.,-** Behavior of the Voigt-Kelvin Viscous-elastic Linear Materials to Stationary Dynamic Actions with Control in the Inertial Rotational Force, (2015) Romanian Journal of Acoustics and Vibration, ISBN 1584-7284, (lucrare acceptată, în curs de publicare)- **BDI**.

[40] **Alexandru, C.,-** The constructive, dynamic and technological performance of anchors with strands for strengthening the foundation system of buildings, The Annals of "Dunărea de Jos" University of Galați, Fascicle XIV Mechanical Engineering, ISSN 1224 – 5615, vol II, 2013 (lucrare acceptată, în curs de publicare) – **BDI**;

## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] **Alexandru, C.**, -Evaluation of internal dissipated energy for anti-vibration isolators, 20<sup>th</sup> ICSV, Bangkok, 07-11.07.2013, pp 1325-1331, ISBN ISBN 978-616-335-398-6.
- [2] **Alexandru, C.**, - Analysis of the dynamic behavior of the antiseismic elastomeric isolators based on the evaluation of the internal dissipated energy, (2013) Applied Mechanics and Materials, 430, pp. 317-322, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.430.317.
- [3] **Alexandru, C.**, - Rheological models of vibration isolation systems for elastomeric materials, 21<sup>th</sup> ICSV, Beijing, China, 13-17.07.2014, pp. 589-595, ISBN 978-83-62652-65-5.
- [4] **Alexandru, C.**, - Influence of position angle of elastic anti-vibration elements on the transmissibility, (2014) Romanian Journal of Acoustics and Vibration, 11 (1), pp. 59-62., ISBN 1584-7284, **BDI**.
- [6] **Alexandru, C.**, - Parametric analysis of dynamic isolation of harmonic actions based on a variety of rheological composed models, 22<sup>th</sup> ICSV, Florence Italy, 12-16.07.2015, ISBN 978-88-88942-49-0.
- [13] Bratu, P., *Influența sistemului elastic de amortizare asupra parametrilor dinamici la cilindrii compactori vibratorii*. Teză de doctorat. Institutul de Construcții București, 1980;
- [14] Bratu, P., *Izolarea și amortizarea vibrațiilor la utilaje de construcții*, Ed. INCERC, București, 1982;
- [15] Bratu, P., *Sisteme elastice de rezemare pentru mașini și utilaje*, Ed. Tehnică, București, 1990;
- [16] Bratu, P. *Vibrații mecanice*. Universitatea "Dunărea de Jos" Galați, 1994;
- [17] Bratu, P., *Vibrații mecanice. Teorie. Aplicații tehnice*, Editura Impuls, București, 1998;
- [18] Bratu, P., *Vibrațiile sistemelor elastice*, Ed. Tehnică, București, 2000;
- [19] Bratu, P., *Analiza structurilor elastice. Comportarea la acțiuni statice și dinamice*, Ed. Impuls, București, 2011;
- [20] Bratu, P., Kolumban, V., *Sisteme de rezemare cu elemente antivibratile din cauciuc*, Simpozionul internațional "Dinamica fundațiilor de mașini", Leningrad, 1989;
- [21] Bratu, P., *Estimation of the internal energy dissipated inside materials with viscous rheological non-linear inertial subjected to harmonic inertial disturbing force*, Int. Conference on Engineering Rheology, ICER, '99, Zielono Gora, 27 – 30 iunie 1999 (Polonia);
- [22] Bratu, P., *Base isolation and dissipation systems subjected to seismic action*, Proc. Int. Conf. „Constructions 2008”, Cluj-Napoca, 9 – 10 May 2008, România;
- [23] Bratu, P., *Experimental evaluation of the antivibrating damping capacity in case of elastomers used for tram railway supportins*, Materiale plastice, vol. 46, nr. 2, iunie 2009;
- [24] Bratu, P., *Rheological model of the neopren elements used for base isolation against seismic actions*, Materiale plastice, vol. 46, nr. 3, sept. 2009;
- [25] Bratu, P., *Mecanica sistemelor deformabile*. Ed. Impuls, București, 2006.
- [26] Bratu, P., *Elastic and damping parameters for vibration insulation system*, INTER-NOISE 2010, the 39th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Lisbon, Portugal, 13-16 June, 2010;
- [27] Bratu, P., *Dynamic response features at seismic actions for buildings provided with passive base isolation*, International Institute of Acoustics and Vibration (IIAV), 18<sup>th</sup> International Congress on Sound and Vibration (ICSV 18), Rio de Janeiro, Brazil, 10 -14 July 2011;
- [29] Bratu P., **Alexandru C.**, Vasile O.- Evaluation of seismic isolation shock capacity of propped building on elastomeric devices, 21<sup>th</sup> ICSV, Beijing, China, 13-17.07.2014.
- [30] Bratu, P., *Dispozitiv și sistem de protecție antiseismică*, Brevet de invenție nr. 113074 prin hotărârea nr. 7/041 din 27.02.1998, Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, București, România;
- [32] Bratu, P., Vasile, O., **Alexandru, C.**, Murzea, P.- Concepts, models and procedures regarding the functional performance behaviour of anti-seismic devices for the base isolation system-Cea de-a

cincea ediție a conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, arhitectură, urbanism și dezvoltare teritorială, INCERC 19.04.2013

[33] Bratu, P., **Alexandru, C.**, - Compare analysis of dynamic response of an elastic-dissipative system with Voight-Kelvin or Maxwell Rheological behaviour, 20<sup>th</sup> ICSV, Bangkok, 07-11.07.2013, ISBN 978-616-335-398-6.

[47] Drăgan, N., *Studies on the Mechanical Elastic Systems with nonlinear damping. Power and amplitude numerical analysis*, Proceedings of the 10<sup>th</sup> WSEAS International Conference on AUTOMATION & INFORMATION "ICAI'09", ISBN 978-960-474-064-2, ISSN 1790-5117, Prague, March 23-25 2009, pag. 130;

[61] Giorgio De Marco, **Carmen A. Alexandru**- The constructive, dynamic and technological performance of anchors with strands for strengthening the foundation systems of buildings, Congress on Materials & Structural CMSS 2013, Rabat, Maroc, 27-30.11.2013, ISBN 978-9954-32-689-3.

[80] Kelly, M.J., Konstantinidis, A.D., *Mechanics of rubber bearings for seismic and vibration isolation*, J. Wiley&Sons Ltd., 2011;

[87] Leopa, A., Năstac, S., *Characterization of bearings nonlinearities influences on viaducts dynamic responses*, The Annals of "Dunărea de Jos" University of Galați, Fascicle XIV, Mechanical Engineering, 2012 Issue Vol 2, pp.77-82;

[95] Mudurlugu, Afet İşleri Genel, *Specification for Structures to be Built in Disaster Areas*, Ankara,Turcia, 1998;

[96] Mullins, L., *Softening of Rubber by Deformation*, Rubber Chemistry and Technology, Volume 42, No.1, February 1969;

[98] Naeim, F., Kelly, J.M., *Design of Seismic Isolated Structures from Theory to Practice*, John Wiley & Sons Inc., USA 1999;

[99] Năstac, S., *Analiza dinamică a sistemelor de izolare a vibrațiilor pentru echipamente încorporate în construcții*, Teză de doctorat susținută la Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, pentru obtinerea titlului de *Doctor în Inginerie Mecanică*, decembrie 2006;

[104] Năstac, S., Debeleac, C., *Estimations on Thermo-mechanical Dynamics of Vibration Elastomeric Isolators*, PAMM, Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics, Volume 12, Issue 1, pages 603–604, December 2012, Article first published online: 3 DEC 2012 | DOI: 10.1002/pamm.201210290;

[106] Pavel, C., *Cercetări privind comportarea dinamică a sistemului generator de vibrații-mașină de construcții*, Teza de doctorat, 2000.

[109] Polidor P. Bratu, Giorgio de Marco, **Carmen A. Alexandru**, Reinforcement and prestressing systems of concrete at the execution of structural elements, Congress on Materials & Structural CMSS 2013, Rabat, Maroc, 27-30.11.2013, ISBN 978-9954-32-689-3.

[112]Sireteanu, T., Giuclea, M., Mitu, A.M. *Identification of an extended Bouc.-Wen model with application to seismic protection through hysteretic devices*. Computational Mechanics, 45, 5, 2010.

[118] Taylor, A.W., Igusa, T., *Primer on seismic isolation*, 1<sup>st</sup> Edition American Society of Civil Engineers, Virginia, 2004;

[119] Tezcan, S.S., Cimilli, S., *Seismic Base Isolation*, Higher Education Foundation, Istanbul 2002;

[120] Thompson, A.C.T., Whittaker, A.S., Fenves, G.L., Mahin, S.A., *Property Modification Factors for Elastomeric Seismic Isolation Bearings*, Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 2000;

[121] Tolskii, V.E., *Kolebania Silovogo Agregata Avtomobila*, Moscova, 1976;

[122] Trevor, E. Kelly, *Base Isolation of Structures*, Design Guidelines, Holmes Consulting Group Ltd., July 2001;

[123] Trevor, E. Kelly, *In-Structure Damping and Energy Dissipation*, Design Guidelines, Holmes Consulting Group Ltd., July 2001;

[124] Trevor, E. Kelly, *Performance Based Evaluation of Buildings*, Nonlinear Pushover and Time History Analysis, Reference Manual, Holmes Consulting Group Ltd., October 2001;

[129] Zeveleanu, C., Bratu, P., *Vibrații neliniare*, Ed. Impuls, București, 2001;

#### Cataloage de produse, documentații tehnice

[1]\*\*\*, *14200-O-FVD 500/1400 RTC*, Relazioni Tecnica i di Calcolo, Somma Srl Italia;

[2]\*\*\*, *Vibration Isolation Systems*, GERB Schwingungsisolierungen GmbH & Co KG, 10 Edition 2000;

[3]\*\*\*, *ALGA Sism*, Prospect pentru HDRB și LRB de la firma ALGA;

#### Standarde, directive, normative, specificații tehnice

[4]\*\*\*, DIN 4150-3:1999 *Structural Vibration-Efects of Vibration on structures*;

[5]\*\*\*, *AASHTO Guide Specifications for Seismic Isolation Design*, 1991;

[6]\*\*\*, *Legea 10/1995 privind calitatea în construcții*;

[7]\*\*\*, *Uniform Building Code*, International Conference of Building Officials, California USA, 1997;

[8]\*\*\*, *Specificație tehnică privind cerințele de calitate și siguranța în funcțiune a echipamentelor vitale din dotarea construcțiilor supuse acțiunilor dinamice aleatoare*, indicativ ST 027-2000, elaborata de Institutul de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții ICECON SA, 2000;

[9]\*\*\*, *Monitorul Oficial Nr. 874 bis*, Ordin pentru aprobarea Reglementării tehnice „Ghid privind proiectarea sistemelor de izolare seismică pasivă (reazeme, disipatori) a clădirilor” indicativ GP-101-04\*, București, septembrie 2004;

[10]\*\*\*, *Standard SR EN 1337-3*, Aparate de reazem pentru structuri, Partea 3: Aparate de reazem din elastomeri, București Septembrie 2006;

[11]\*\*\*, *Standard SR EN 15129*, Dispozitive antiseismice, București Martie 2011;

[12]\*\*\*, *Procedură de încercare a aparatelor de reazem din elastomeri*, elaborată de Institutul de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții ICECON SA, 2009;

[13]\*\*\*, *HDRB for base isolation*, Prospect Bridgestone, Technical Report, Product Code:HDR-X0.6R;

[14]\*\*\*, [http://inforisx.incerc2004.ro/77-86-90\\_explicatiiBD.htm](http://inforisx.incerc2004.ro/77-86-90_explicatiiBD.htm);