

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea: Inginerie Mecanică

Ing. Marian Florin MITROI

**Soluții tehnice pentru ameliorarea
confortabilității postului de conducere al
vehiculelor militare**

**Technical solutions for improvement the comfort
of driving position of the military vehicles**

REZUMAT / ABSTRACT

Conducător științific

Prof.dr.ing. Anghel CHIRU

BRAȘOV, 2019

D-lui (D-nei)

COMPONENTA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universităţii Transilvania din Braşov

Nr. din

PREŞEDINTE: Prof.dr.ing. Ioan Călin ROŞCA, Universitatea Transilvania
din Braşov

CONDUCĂTOR ŞTIINŢIFIC: Prof.dr.ing. Anghel CHIRU, Universitatea Transilvania din
Braşov

REFERENŢI: Prof.dr.ing. Ion TABACU, Universitatea din Piteşti
Prof.dr.ing. Laurenţiu MANEA, Universitatea Ovidius din
Constanţa
Prof.dr.ing. Nicolae ISPAS, Universitatea Transilvania din
Braşov

Data, ora şi locul susţinerii publice a tezei de doctorat: **11.06.2019, ora 11⁰⁰,
sala NP7**

Eventualele aprecieri sau observaţii asupra conţinutului lucrării vor fi
transmise electronic, în timp util, pe adresa: rectorat@unitbv.ro şi
ejju_marian@yahoo.com

Totodată, vă invităm să luaţi parte la şedinţa publică de susţinere a tezei de
doctorat.

Vă mulţumim.

CUPRINS

	Pag. Teză	Pag. Rez.
NOTAȚII ȘI UNITĂȚI DE MĂSURĂ	vii	vi
LISTA DE ABREVIERI	viii	7
PREFAȚĂ	1	8
INTRODUCERE	2	9
	Pag. Teză	Pag. Rez.
Cap. 1. Aspecte generale privind ergonomia și confortul autovehiculelor	5	10
1.1. Considerații privind ergonomia autovehiculelor	5	10
1.1.1. Ergonomia	5	
1.1.2. Antropometria și ergonomia postului de conducere	6	
1.2. Confortabilitatea autovehiculelor	11	10
1.2.1. Criterii utilizate pentru evaluarea confortului	13	
1.2.2. Factori care influențează confortul în autovehicul	17	
1.2.3. Efectele vibrațiilor asupra organismului uman	19	
1.3. Stadiul actual al cercetărilor în domeniul scaunelor	21	11
1.3.1. Evoluția sistemelor de confort ale scaunelor	21	
1.3.2. Direcții și strategii de cercetare pentru scaune	22	
1.4. Concluzii	24	11
Cap. 2. Obiectivele tezei de doctorat	25	12
Cap. 3. Modele de scaune	28	13
3.1. Soluții constructive de scaune pentru autovehiculele speciale	28	13
3.2. Sisteme de suspensii pentru scaune	31	13
3.2.1. Suspensie pasivă	31	
3.2.2. Sistem pneumatic de suspensie	33	
3.2.3. Suspensie activă	34	
3.2.4. Sistem semi-activ de suspensie	36	
3.3. Amortizorul cu fluid magnetoreologic	39	15
3.3.1. Considerații generale asupra sistemului magnetoreologic	40	
3.3.2. Adaptarea amortizorului reologic pentru suspensiile scaunului	45	

3.4.	Sisteme electronice de control și comandă pentru amortizoare	47	17
3.4.1.	Sisteme de achiziție și control	48	
3.4.2.	Integrarea componentelor în sistemul de comandă și control	52	
3.5.	Concluzii	54	18
Cap. 4.	Modele matematice pentru studiul suspensiei scaunului	55	19
4.1.	Modele liniare utilizate în analiza suspensiei autovehiculului	55	19
4.2.	Transmisibilitatea vibrațiilor și calea de rulare	58	20
4.2.1.	Calea de rulare	58	
4.2.2.	Transmisibilitatea vibrațiilor	62	
4.3.	Model matematic pentru suspensia scaunului	67	21
4.4.	Controlul funcționării amortizorului magnetoreologic	69	23
4.5.	Concluzii	71	23
Cap. 5.	Echipeamente, tehnici și proceduri utilizate pentru achiziția și prelucrarea datelor	72	24
5.1.	Traductoare	73	
5.1.1.	Considerații generale privind traductoarele	73	
5.1.2.	Traductoare pentru măsurarea accelerațiilor și vibrațiilor	77	
5.2.	Amplificatoare și filtre de semnal	79	
5.2.1.	Amplificatoare operaționale de semnal	79	
5.2.2.	Filtre de semnal pasive	82	
5.2.3.	Filtrul Kalman	85	
5.2.4.	Filtrul Butterworth	90	
5.3.	Echipeamente utilizate pentru achiziția datelor experimentale	92	25
5.4.	Proceduri și programe pentru prelucrarea datelor	99	26
5.4.1.	Proceduri pentru achiziția datelor	99	
5.4.2.	Programe pentru achiziția și prelucrarea datelor	104	
5.5.	Echipeamente utilizate pentru testele de laborator	108	28
5.6.	Concluzii	111	28
Cap. 6.	Analiza datelor înregistrate pe modele fizice și virtuale	112	30
6.1.	Corelații drum-confort	112	30
6.1.1.	Caracteristicile drumului	112	
6.1.2.	Analiza caracteristicilor oscilațiilor caroseriei autovehiculului	115	
6.2.	Evaluarea influenței caracteristicilor drumului asupra confortului pasagerilor	117	32

6.3.	Testarea amortizorului magnetoreologic	127	33
6.4.	Simularea suspensiei scaunului conducătorului auto	143	36
	6.4.1. Caracteristicile modelării virtuale cu programul AMESim	143	
	6.4.2. Modelarea sistemului de amortizare	146	
6.5.	Modelul PID pentru controlul amortizorului magnetoreologic	149	38
6.6.	Modelarea soluţiei de suspensie a scaunului	153	39
6.7.	Evaluarea modelului experimental	163	40
6.8.	Caracteristicile și performanțele sistemului magnetoreologic al scaunului	165	
6.9.	Validarea sistemului propus	169	
6.10.	Concluzii	177	
Cap. 7.	Concluzii finale și diseminarea rezultatelor	178	
	7.1 Etape parcurse	178	44
	7.2 Concluzii finale	179	44
	7.3 Diseminarea rezultatelor	182	46
Cap. 8.	Contribuții personale și direcții viitoare de cercetare	184	47
	8.1 Contribuții personale	184	47
	8.2 Direcții viitoare de cercetare	186	47
	8.2.1. Implementarea Sistemului de Predictibilitate a drumului	186	
	8.2.2. Implementarea Sistemului de Diagnosticare a suspensiei scaunului prin magistrala CAN	187	
	8.2.3. Model matematic complex pentru studiul comportării suspensiei magnetoreologice	188	
	BIBLIOGRAFIE	189	48
	ABSTRACT	205	53
	CURRICULUM VITAE	212	54

Notații și unități de măsură

a = accelerația [m/s ²]	K = factorul de percepție [Pal]
A_s = aria suprafeței [m ²]	k = rigiditatea structurii [N/m]
A_p = aria pistonului [mm ²]	k_t = constantă
A = Amper [A]	L = inductanța [H]
B = inducția magnetică [T] [N/Am]	m = masa [kg]
c = coeficient de amortizare [Ns/m]	η = vâscozitatea dinamică a fluidului [Pas]
c_{1v} = amortizarea vâscoasă a pistonului [Ns/m]	ξ = raportul de amortizare
C = capacitatea electrică [F]	p = presiunea [N/m ²]
$^{\circ}C$ = temperatura [°C]	$p(f)$ = funcția de ponderare
d = diametrul interior [mm]	R_i = coeficientul de rugozitate al drumului
D = diametrul exterior [mm]	R = rezistența electrică [Ω]
ΔP_{fr} = presiunea de fricțiune [Pas];	t = timpul [s]
ΔP_{fr} = presiunea magnetoreologică [Pas];	T_r = factor de transmisibilitate
$E_x(f_1, f_2)$ = energia cinetică specifică vibrației aleatoare [J]	t_{dw} = timpul Dwell [s]
f = frecvența de excitație [Hz]	τ = tensiunea de forfecare [N/mm ²]
f_0 = frecvența de referință [Hz]	U = tensiunea nominală [V]
f_n = frecvența naturală de rezonanță [Hz]	V = viteza de deplasare [m/s]
F = forța [N]	V_p = viteza de deplasare a pistoului [m/s]
F_a = forța de amortizare [N]	x = deplasarea [m]
F_{mr} = forța magnetoreologică [N]	$\dot{x}(t)_{max}$ = viteza maximă [m/s]
$G_{\times}(f)$ = densitatea de putere spectrală [m ² /cicluri/m]	$\ddot{x}(t)_{max}$ = accelerația maximă [m/s ²]
g = accelerația gravitațională [m/s ²]	$\dot{\hat{x}}(t)_{max}$ = derivata accelerației maxime [m/s ³]
Υ^0 = viteza de forfecare [s ⁻¹]	σ_{\times} = accelerația verticale a vibrației [m/s ²]
H = intensitatea câmpului magnetic [A/m]	Q = debitul fluidului [m ³ /s]
h = distanța dintre piston și baza cilindrului [mm];	W = suprafața orificiilor [mm ²]
I = intensitatea curentului [A]	z, y, x = direcțiile de propagare a vibrațiilor
	ω = frecvența unghiulară [rad/s]
	Ω = frecvența spațială [rad/s]

Lista de abrevieri

ANSI = Institutul American de Standarde

BS = Standardul britanic

ER = electroreologic

FFT = transformarea rapidă Fourier

GPS = sistem de poziționare globală

ISO = Organizația Internațională de Standarde

IRI = Indicele Internațional de Rugozitate al drumului (declivitate)

MIL-ST= Standardul Militar American (NATO)

MR = magnetoreologic

Pitch, Roll, Yaw = unghiurile pe care le face axa autovehiculului cu drumul, în timpul deplasării

PSD = desitatea de putere spectrală

PAB - produsul de amplificare în bandă

RMS = rădăcina medie pătratică

SA = suspensie activă

SAE= Societatea Americană a Inginerilor de Autovehicule

SR (slow rate)- viteza de variație a semnalului la ieșire

SSA = suspensie semi-activă

Skyhook = sistem de control al amortizării

SEAT = valoarea efectivă a transmisibilității amplitudinii vibrațiilor

SDOF = un grad de libertate (sisteme mecanice)

DOF = două grade de libertate (sisteme mecanice)

VDV = valoarea vibrațiilor admise (8h)

PREFAȚĂ

Preocupat fiind de pregătirea continuă din punct de vedere teoretic, cât și practic în domeniul autovehiculelor, dar și de cea militară specifică conflictelor asimetrice, am realizat că, abordarea studiilor doctorale reprezintă o provocare și totodată o misiune importantă în dezvoltarea orizontului cunoașterii tehnicilor moderne și al activităților de cercetare științifică.

Teza de doctorat " Soluții tehnice pentru ameliorarea confortabilității postului de conducere al vehiculelor militare" a fost elaborată ca rezultat al dorinței de perfecționare ca inginer, și militar deopotrivă, sub atenta și riguroasa îndrumare a domnului Prof.dr.ing. Anghel CHIRU.

Țin să-i transmit domniei sale pe această cale, multă recunoștință, sentimentele mele de aleasă grațitudine și o deosebită stimă pentru bunavoința, înțelegerea și îndrumările acordate pe timpul studiilor doctorale.

† *Mii de mulțumiri doresc să aduc celui care mi-a îndreptat și urmărit pașii în primii ani de studii doctorale, fără de care, multe lucruri nu aş fi realizat - in memoriam Prof.DHC.dr.ing. Gheorghe BOBESCU.*

Doresc să mulțumesc, în mod deosebit, domnilor Prof.dr.ing.Nicolae ISPAS și dr.ing.Dinu COVACIU, pentru sprijinul susținut acordat în realizarea cercetărilor legate de partea electronică, pentru ideile și conceptele pe care le-am dezvoltat. Mulțumiri deosebite doresc să atribui domnului Prof.dr.ing. Mircea NĂSTĂSOIU pentru îndrumările bine direcționate aduse de-a lungul anilor de studii.

De asemenea, doresc să-i mulțumesc doamnei Prof.dr.ing. Camelia CERBU, pentru ajutorul acordat în realizarea cercetărilor de laborator, în cadrul Institutului de Cercetare al Universității Transilvania din Braşov, dar și domnului dr.ing. Daniel BUZEA din cadrul companiei SHEBERT TEHNOLOGIE SRL- Sfintu Gheorghe, pentru suportul tehnic acordat în realizarea încercărilor specifice.

Aleasă recunoștință doresc să aduc domnilor dr.ing. Mihail GROVU și dr.ing. Călin HUSAR din cadrul companiei SIEMENS INDUSTRY SOFTWARE România, pentru ajutorul și susținerea tehnică oferită cu generozitate, în realizarea analizelor virtuale.

Mulțumiri deosebite doresc să aduc domnilor profesori dr.ec.ing. Laurențiu MANEA și dr.ing. Adriana MANEA din cadrul Universității Ovidius Constanța, pentru sprijinul moral și înțelegerea acordată, dumnealor fiind cei care m-au îndemnat către studiile doctorale și activitatea pedagogică.

Transmit mulțumiri pe această cale, pentru colaborarea fructuoasă și susținută domnilor Mr.dr.ing. Cornel ARAMĂ din cadrul Academiei Forțelor Aeriene, prof.ing. Cristian DRĂGHICI director SC DCM Electronics și ing. Marinică PĂROIU, director al SC Electro AMC Total din Cernavodă.

Mulțumesc familiei pentru sprijinul moral și înțelegerea acordată !

INTRODUCERE

Lucrarea de faţă urmăreşte să ofere noi soluţii, pentru echipamentele tehnice din structurile autovehiculelor militare, dar şi noi concepte matematice de proiectare şi programare. Concepţia lucrării privind confortabilitatea conducătorului de autovehicul, prin abordarea sistemului de suspensie al scaunului se încadrează în preocupările inginerilor ergonomişti la nivel mondial. Subiectul integrează noi abordări privind necesitatea optimizării tehnice a mijloacelor destinate misiunilor de luptă, al echipamentelor şi subansamblelor integrate acestora. Se regăsesc aspecte importante privind evaluarea gradului de confort oferit de autovehiculele utilizate în misiunile de intervenţie rapidă, în zonele greu accesibile. Acestea urmăresc, analiza amortizării oscilaţiilor acceleraţiilor induse de structura autovehiculului către scaun, cât şi cele primite de conducătorul autovehiculului, în condiţiile deplasării pe drumuri cu diferite caracteristici.

De asemenea, lucrarea prezintă un nou sistem de monitorizare, în timp real, a factorilor perturbatori generaţi de drum, dar şi un sistem de atenuare a vibraţiilor transmise către scaunul şoferului, proiectate şi realizate de către autor. Sistemul dezvoltat crează noi oportunităţi funcţionale, dar prezintă şi o soluţie în ceea ce priveşte optimizarea costului pe produs. În cotextul dezvoltărilor viitoare, autorul indică câteva aspecte importante de urmat pe această direcţie.

Prezenta lucrare îmbină într-un mod armonios studiul şi cercetarea ergonomică din domeniul militar, cu ştiinţele ingineresti din domeniile: mecanică, electronică şi informatică, rezultând o cercetare atent realizată şi un punct de plecare către noi abordări ştiinţifice şi tehnice.

Cercetările dezvoltate pentru elaborarea tezei au condus la realizarea unui număr de 12 lucrări ştiinţifice indexate ISI şi BDI, cât şi la publicarea unei cărţi.

Teza de doctorat "Soluţii tehnice pentru ameliorarea confortabilităţii postului de conducere al vehiculelor militare" este structurată în opt capitole, cuprinde un număr de 219 pagini şi patru anexe.

Notă: Pentru capitole, subcapitole, tabele, figuri şi relaţii, în rezumat s-au păstrat numerele de ordine din teză.

CAPITOLUL 1

ASPECTE GENERALE PRIVIND ERGONOMIA ŞI CONFORTUL AUTOVEHICULELOR

Capitolul prezintă o analiză obiectivă a importanţei ergonomiei şi confortului postului de conducere al autovehiculelor. Studiul teoretic aprofundat realizat, scoate în evidenţă: caracteristicile ce stau la baza aprecierii confortului în scaun, solicitarea posturală, criteriile de apreciere ale acestuia, factorii care influenţează confortul, dar şi efectele vibraţiilor asupra organismului uman.

Subiectiv vorbind, confortabilitatea autovehiculelor este strâns legată de o serie de factori, care împreună generează starea de confort şi satisfacţie a celor aflaţi în interiorul acestuia şi au ca efect, deplasarea în condiţii de siguranţă cu o viteză suficient de mare, fără să producă oboseală fizică şi psihică sau deteriorarea materialelor şi a tehnicii transportate.

Senzaţia de confort poate fi apreciată ca un ansamblu de reacţii fizice şi psihice ale factorului uman, ca răspuns la multitudinea factorilor implicaţi în această stare ce acţionează asupra sa, în diferite moduri.

Confortul scaunelor este apreciat prin două caracteristici:

- Dinamice: vibraţiile transmise prin scaun, presiunea exercitată la nivelul coapselor.
- Stative: poziţia în scaun, unghiul de înclinaţie al spătarului, încălzire, ventilaţie, masaj.

Principalul element structural al organismului care este afectat de structura ergonomică a scaunului îl reprezintă coloana vertebrală. Aceasta este încărcată semnificativ (fig.1.11) pe timpul deplasărilor, ţinând cont de echipamentul suplimentar ce poate fi ataşat militarului pe timpul exerciţiilor sau acţiunilor impuse de serviciu.



Figura 1.11. Poziţia corpului sub influenţa greutăţii echipamentului

În ultimii ani cercetările și realizările din domeniul ergonomiei autovehiculelor și implicit al nivelului de confort oferit de acestea, au atins valori foarte ridicate. Dezvoltarea pe scară largă a micro-electronicii și mecatronicii a stabilit o nouă concepție privind sisteme care condiționează realizarea confortului, la nivelul performanțelor mult dorite de către oameni. Deși evoluția de moment este extraordinară, în domeniul confortabilității mai sunt încă multe lucruri de realizat. Cercetările în domeniul construcției scaunelor i-au în considerare valorile vibrațiilor transmise pe verticală asupra persoanei aflată în poziția așezat în scaun, cu și fără sprijin în zona dorsală [29][50][96][235], de asemenea cele multidirecționale [140][217], nivelul presiunii exercitate de corpul uman la nivelul șezutului, forma și nivelul presiunii în spătarul scaunului, la nivelul zonei lobare [38][67][173]. Astfel, din punct de vedere al vibrațiilor percepute de factorul uman, au fost stabilite o serie de norme ca referință (ISO 2631-1, BS6841, VDI 2057, MIL STD 1472-A).

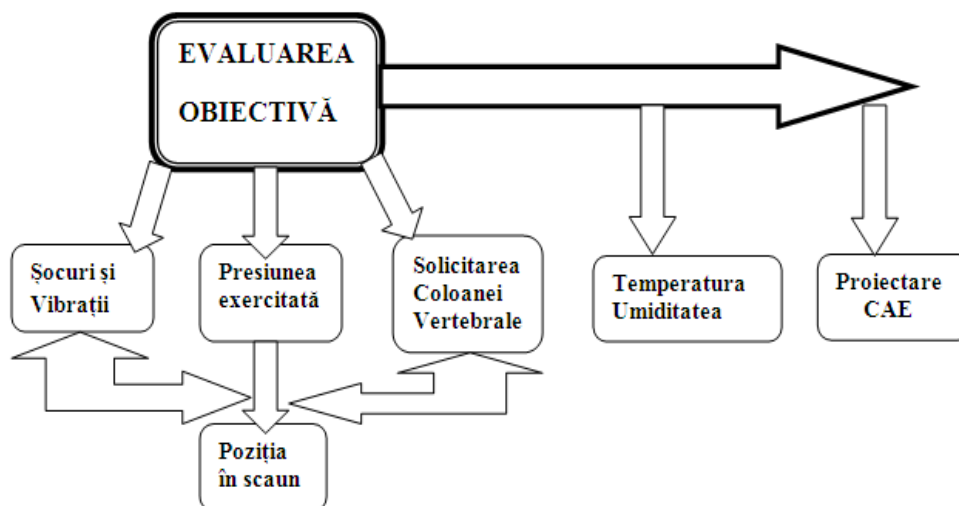


Figura 1.13. Factorii obiectivi care influențează confortul

Confortul este semnificativ influențat de următorii factori: *suspensia autovehiculului, suspensia scaunului, zgomotul și vibrațiile, microclimatul interior.*

Criteriile utilizate pentru evaluarea confortului sunt: al parametrilor cinematici ai vibrației; al energiei cinetice specifice oscilației; al parametrilor prevăzuți de norma VDI 2057; al mediei pătratice a accelerației verticale; al mediei pătratice a derivatei accelerației verticale

Procesul de fabricare al scaunelor îmbină activități de design, ergonomie, securitate și confort. Forma și structura acestora reprezintă elemente importante în reducerea șocurilor și vibrațiilor generate de drumuri, fiind stabilite prin procesul de proiectare. Dezvoltarea de noi concepte și strategii în obținerea confortului postului de conducere este vizibilă permanent. Eforturile ergonomiștilor sunt îndreptate spre asigurarea unei relaxări în timpul conducerii vehiculului, cât și anularea, pe cât posibil, a factorilor disturbatori.

CAPITOLUL 2

OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Pornind de la efectele nocive ale vibrațiilor, prezenta lucrare propune unele soluții conceptuale practice, pentru suspensia scaunului. Pentru elaborarea lucrării au fost realizate cercetări pe modele fizice, cu achiziția datelor dintr-un teren accidentat utilizând echipamente moderne și de concepție proprie. Pe durata elaborării lucrării au fost realizate achiziții de date privind cinematica automobilului și a scaunelor, rezultate în urma deplasării acestuia pe diverse categorii de drum. Informațiile obținute și prelucrate au fost valorificate în cadrul cercetărilor întreprinse pe modele fizice și virtuale, în laboratoarele de specialitate ale Institutului de Cercetări al Universității TRANSILVANIA din Braşov.

Obiectivul tezei a fost acela al realizării unui model de suspensie pentru scaun, cu un concept modern, care să asigure atenuarea vibrațiilor periculoase și ameliorarea confortului conducătorului auto.

Structura obiectivelor urmărite și interacțiunile realizate în urma studiilor și cercetărilor teoretice și experimentale sunt prezentate în schema 2.1.

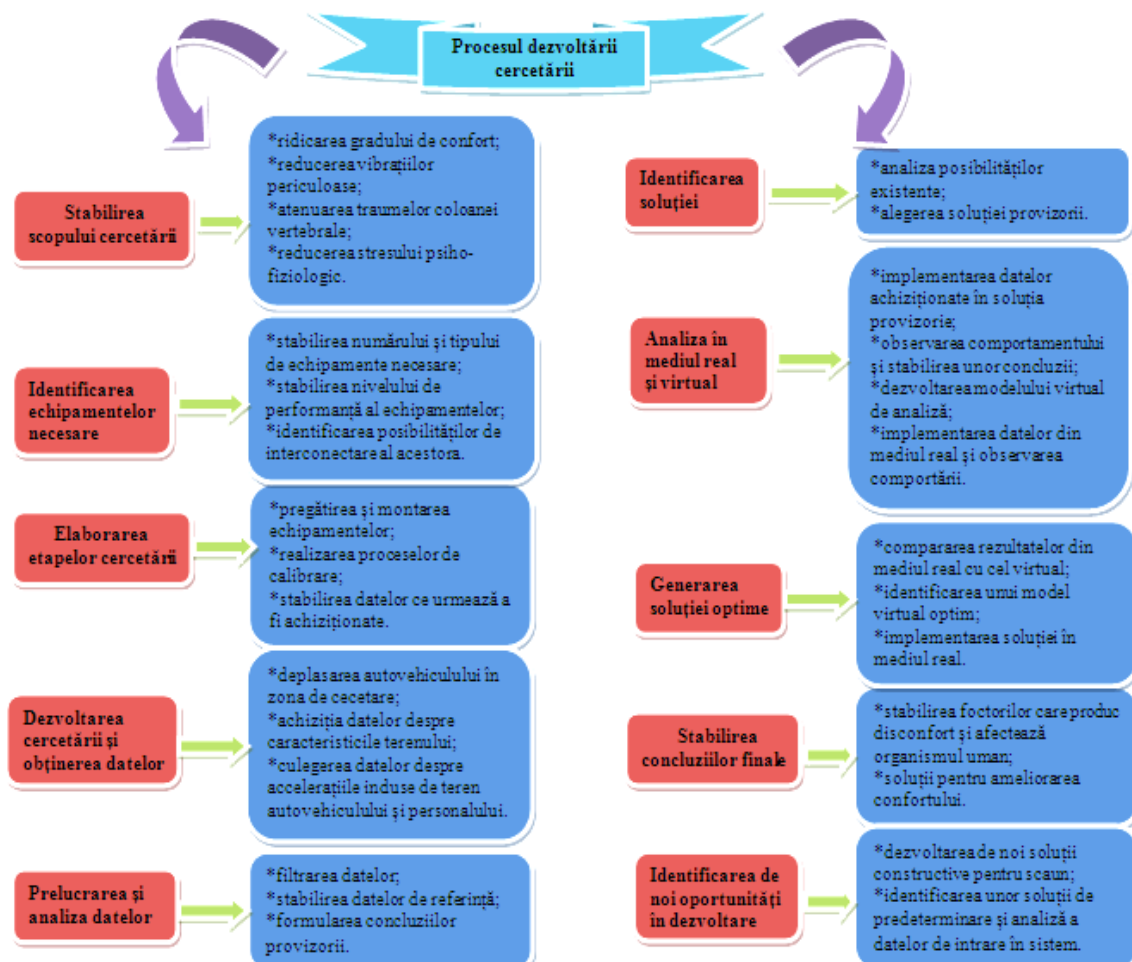


Figura 2.1. Procesul de dezvoltare al cercetării

CAPITOLUL 3

MODELE DE SCAUNE ŞI SOLUŢII CONSTRUCTIVE

Astăzi, datorită faptului că, în domeniul militar, chiar și perioadele de așteptare se transformă în acțiuni dinamice, cu o angajare a resurselor fizice, psihice și morale ale executanților, strategiile de cercetare în ceea ce privește confortul au multe elemente noi.

Capitolul tratează cu atenție evoluția scaunelor de vehicule militare, dar și diferitele tipuri de sisteme de suspensie destinate acestora. Sunt puse în evidență caracteristicile și performanțele sistemului de suspensie: pasiv, activ, semi-activ. A fost realizată o analiză a sistemelor ce utilizează amortizoare: electrohidraulice, electroreologice și magnetoreologice.

În concordanță cu cercetările în domeniu, se pot identifica factorii caracteristici ai scaunelor (fig.3.1).

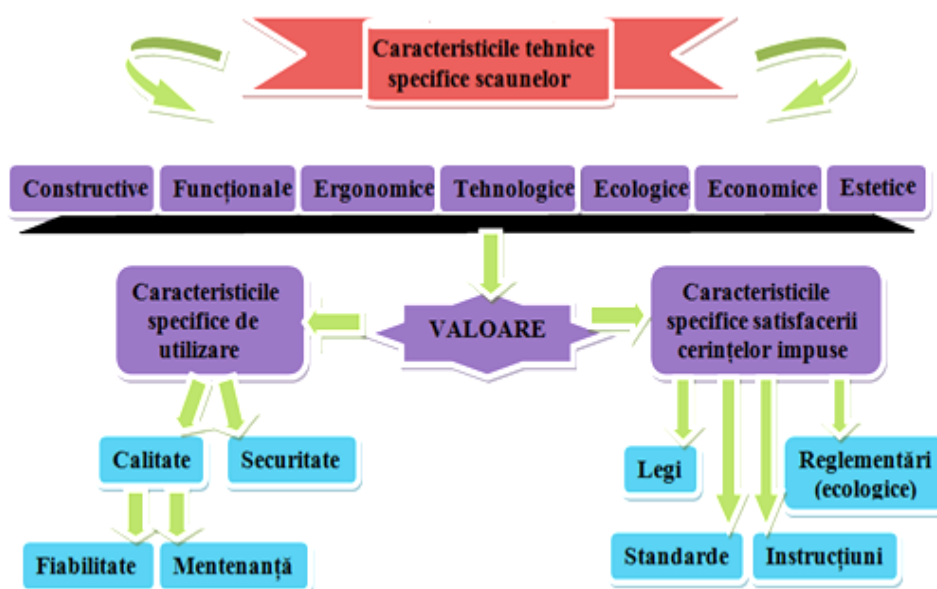


Figura 3.1. Factorii caracteristici ai scaunelor

În figura 3.3 se pot observa o serie de scaune militare și evoluția acestora.



Figura 3.3. Modele de scaune militare [251] [252]

Caracteristicile elastice ale sistemului de amortizare a vibrațiilor influențează frecvențele proprii de vibrație ale scaunului. Realizarea unei suspensii performante implică cercetări teoretice și experimentale laborioase, care impun utilizarea tehnicilor moderne de calcul și proiectare. Figura 3.6. prezintă evoluția, în timp, a suspensiilor pentru scaune.

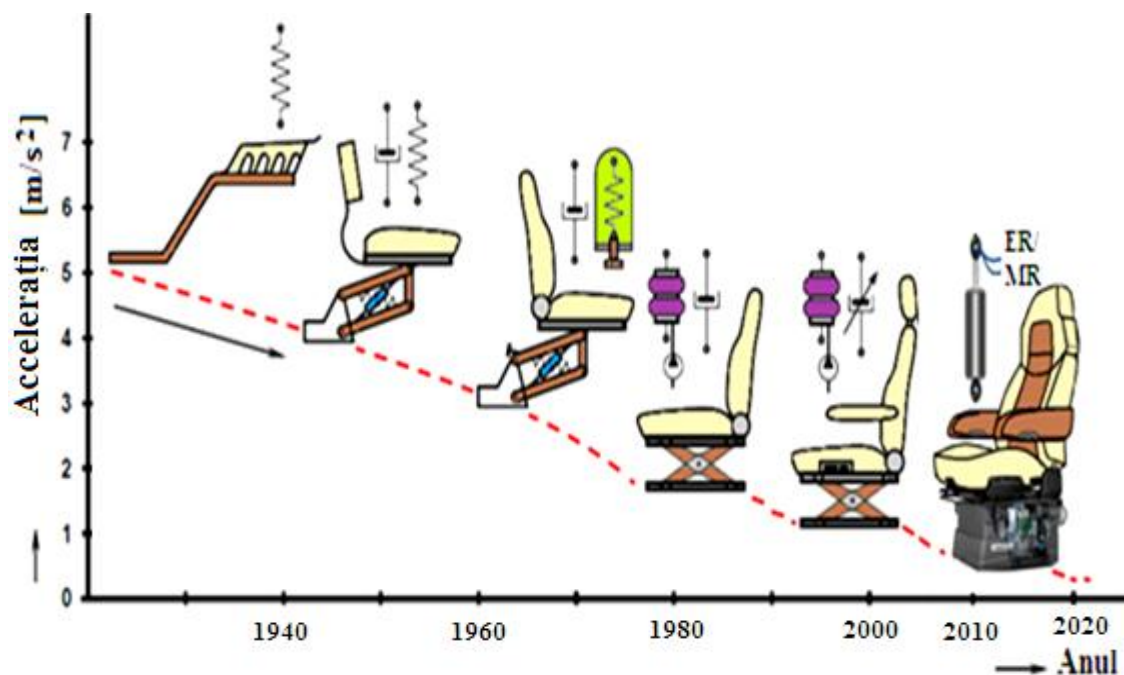


Figura 3.6. Evoluția în timp a sistemelor de suspensie la izolarea vibrațiilor

În cazul amortizoarelor reologice, cercetările au condus la observarea caracteristicilor funcționale și a avantajelor acestora în construcția suspensiilor semi-active (tab.3.1).

Tabelul 3.1. Caracteristicile de funcționare ale amortizoarelor reologice

Caracteristici specifice	Electroreologic	Magnetoreologic
Tensiunea de funcționare	2–5 kV/1–10 mA	2–24 V/1–2 A
Densitatea de energie	0,001 J/cm ³	0,1 J/cm ³
Presiunea maximă generată	2–5 kPa	50–100 kPa
Temperatura de funcționare	-25°C ... > 125°C	-40°C... >150°C
Timpul de răspuns	foarte redus(ms)	foarte redus(ms)

Principalele avantaje ale suspensiilor semi-active sunt:

- putere neglijabilă;
- siguranță: întregul sistem rămâne disipativ;
- costuri și greutate reduse;
- un impact semnificativ asupra performanței vehiculului-prin modificarea raportului de amortizare a suspensiei, pot fi influențate semnificativ confortul și performanța generală de transport.

Pentru amortizorul magnetoreologic, cercetările au pus în evidență structura, caracteristicile și influența fluidului reologic asupra performanțelor acestuia.

Modificarea vâscozității fluidului se poate realiza continuu și reversibil.

Proprietățile magnetoreologice ale fluidului depind de dimensiunile și numărul particulelor metalice aflate în suspensie, aditivii și agenții de stabilizare utilizați.

Vâscozitatea dinamică ce caracterizează fluidul se exprimă cu relația:

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma} \quad [\text{Pas}] \quad , \quad (3.4)$$

unde: τ = tensiunea de forfecare $[\text{N}/\text{mm}^2]$; γ = viteza de forfecare $[\text{s}^{-1}]$.

Deoarece prin modificarea intensității câmpului magnetic se poate influența vâscozitatea fluidului, rezultă că, valoarea maximă a tensiunii de forfecare este dată de relația:

$$\tau = \eta_0(H) + \eta\gamma \quad , \quad (3.5)$$

unde: $\eta_0(H)$ = vâscozitatea fluidului $[\text{Pas}]$; H = intensitatea câmpului magnetic $[\text{A}/\text{m}]$.

În conformitate cu specificațiile fluidelor magnetoreologice produse de firma LORD Corporation, în graficul din figura 3.20 se prezintă caracteristicile unor fluide, în funcție de intensitatea câmpului magnetic aplicat. [15]

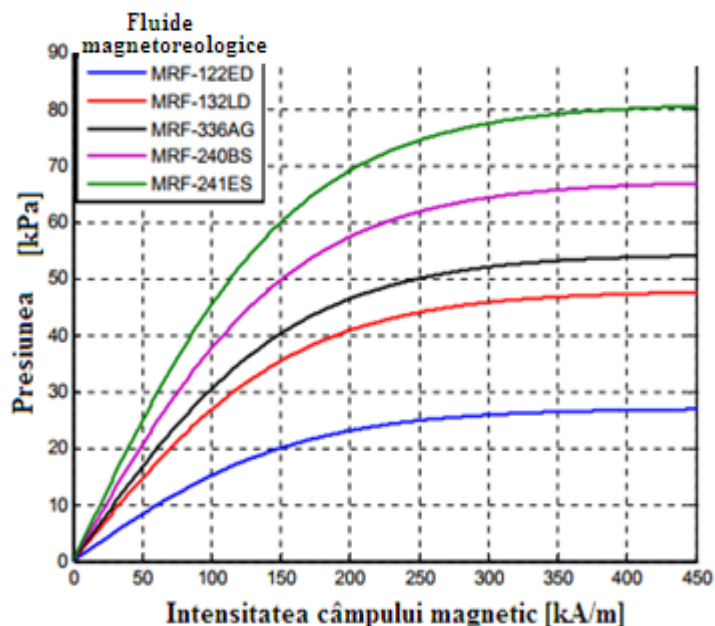


Figura 3.20. Comportamentul unor fluide magnetoreologice (Lord) [15]

Un alt factor care influențează comportamentul fluidului magnetoreologic este timpul de staționare (Dwell), în câmpul magnetic. Acesta are influență asupra eficienței amortizorului și este dependent, la rândul său, de viteza de curgere a fluidului, prin orificii și de dimensiunile acestora. Timpul Dwell se determină cu relația:

$$t_{dw} = \frac{L_{mrv}}{V_{med}} \quad [\text{s}] \quad , \quad (3.6)$$

unde: L_{mrv} = diametrul valvei $[\text{mm}^2]$; V_{med} = viteza medie de curgere a fluidului $[\text{mm}/\text{s}]$.

În figura 3.21 se prezintă dependența timpului Dwell de viteza de curgere pentru anumite diametre ale orificiilor [15].

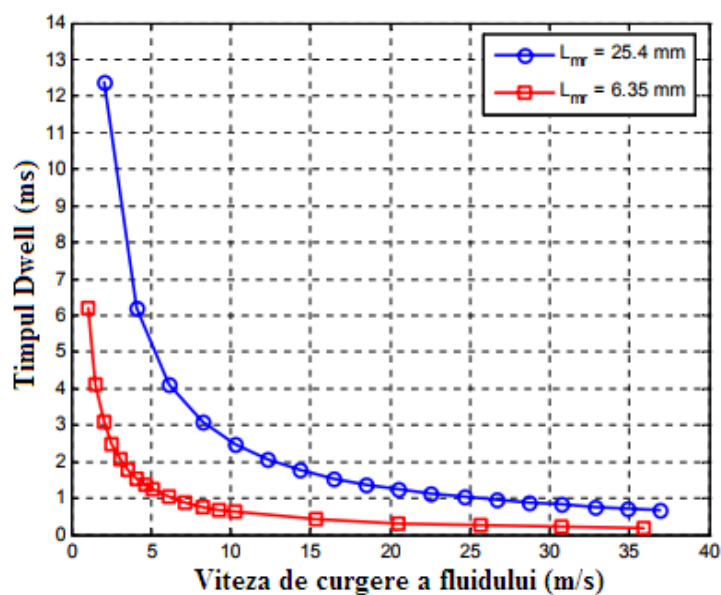


Figura 3.21. Comportamentul fluidului prin diferite orificii de curgere [15]

Forța de amortizare se poate determina în aceste condiții, cu relația:

$$F_{h(x_r, v_r)} = c_1 v + K_1 (x_r - x_0) \quad [N] \quad , \quad (3.8)$$

unde: c_1 = amortizarea vâscoasă a pistonului [Ns/m];

k_1 = amortizarea dată de resort [N/m]; y = deplasarea pistonului [mm];

x_r, x_0 = mărimi ce reprezintă poziția inițială și de deplasarea pistonului.

Conform celor prezentate, se poate aprecia că, performanța unui amortizor magneto-reologic este dependentă de mai mulți factori constructivi și funcționali (fig.3.25).

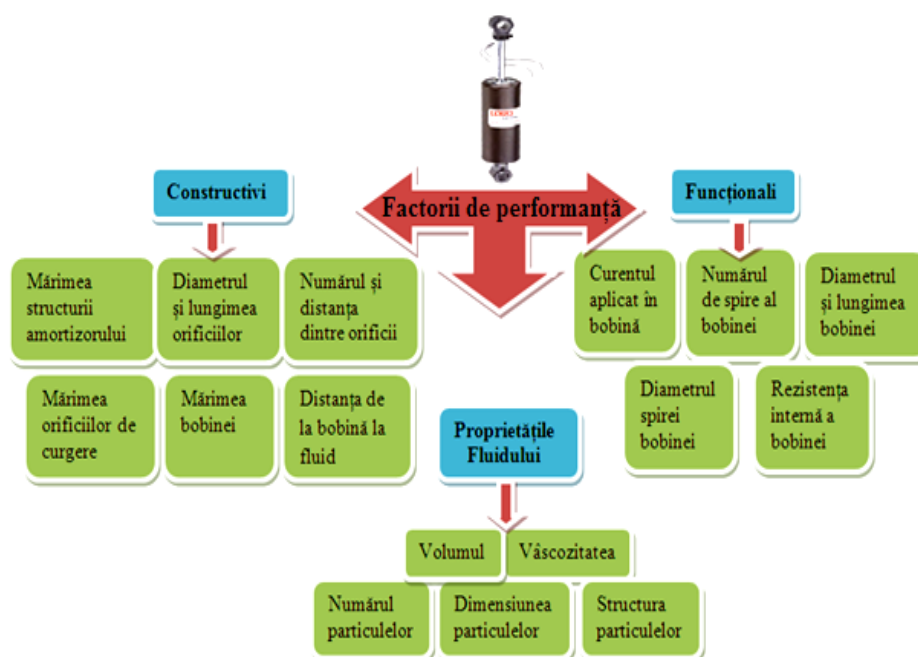


Figura 3.25. Factorii care influențează caracteristicile funcționale ale amortizorului magnetoreologic

La realizarea sistemului de suspensie conceput a fost utilizat un amortizor magnetoreologic. Pentru a se obține un nivel de confort adecvat, a fost conceput un sistem electronic de control al forței de amortizare, a cestuia. Sistemul are la bază un accelerometru triaxial, de tip ADXL 345 [244] (capabil să măsoare accelerații în domeniul de ± 16 g, cu rezoluție de 13 biți), care este montat pe podeaua caroseriei autovehiculului și conectat la o placă de achiziție și prelucrare a datelor, tip MEGA 2560.v3 [244]. Funcționarea sistemului se realizează cu ajutorul unui bloc de relee de comandă tip G5LE -14-DC5 [244], care gestionează tensiunile și curenții, ce alimentează bobina amortizorului. Alimentarea la tensiunile necesare, în concordanță cu accelerațiile induse de structura autovehiculului se realizează prin intermediul unor rezistențe de putere, calibrate, conectate la relele de comandă.

În structura echipamentului au fost integrate suplimentar două module, pentru înregistrarea datelor și monitorizarea în timp real a funcționării sistemului de suspensie, respectiv Data LOGGER – SD și un ecran tip LCD 2,4". [250]. Schema bloc a sistemului, conceput, este reprezentată în figura 3.27.

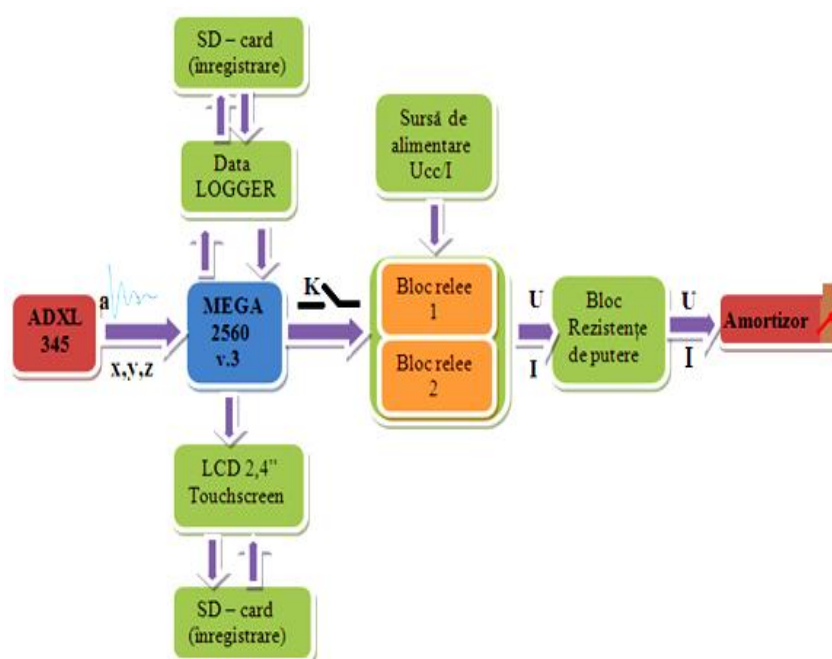


Figura 3.27. Schema bloc a sistemului de control și monitorizare ale amortizorului

Schema de cuplare a echipamentelor a fost realizată pornind de la posibilitățile de comandă gestionate de placa de bază Mega 2560, prin bibliotecile de date asociate diferitelor componente. În memoria Flash a fost scris programul de lucru al sistemului. El cuprinde și datele privind compatibilitatea diferitelor componente, cu placa de bază. Conectivitatea diferitelor componente s-a realizat direct pe placa de bază, pentru unele dintre acestea (Data Logger, Vumetru), iar celelalte sunt conectate prin mufe de legătură sau fire (LCD, Bloc relee, Accelerometru) (fig.3.37). În conformitate cu procedura de achiziție și integrarea componentelor în cadrul sistemului, accelerațiile verticale sunt măsurate cu accelerometrul ADXL 345, prezentate pe dispozitivul LCD, prelucrate de placa de bază MEGA 2560 și înregistrate de către Data Logger.

Ulterior, pe baza acestora și a algoritmului pentru comanda amortizorului, MEGA 2560 trimite comanda de alimentare cu energie a amortizorului, prin intermediul blocului de releu și a rezistențelor de putere.

Dispozitivul tip *Vumetru*, atașat plăcii de bază, este setat să prezinte pe o scară de câte trei leduri, nivelul de disconfort asociat accelerațiilor verticale. Acesta se raportează la ISO 2631-1(C), BS 6841 și este prezentat în tabelul 1.3.

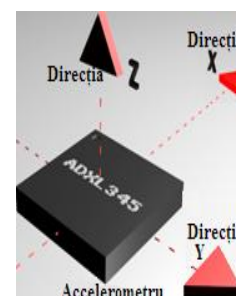


Figura 3.37. Sistemul de comandă al amortizorului magnetoreologic

În tabelul 3.7. se prezintă câteva valori înregistrate prin intermediul sistemului de achiziție date și comandă, realizat.

Tabelul 3.7. Accelerațiile înregistrate la testarea sistemului [m/s^2]

Time [msec]	X1	Xf	Y1	Yf	Z1	Zf	Zmax
0.70	-0.05	-0.01	-0.06	-0.01	0.98	0.10	0.90
0.81	-0.06	-0.01	-0.11	-0.02	0.97	0.19	0.90
0.93	-0.06	-0.02	-0.07	-0.02	0.99	0.27	0.90
1.04	-0.05	-0.02	-0.06	-0.03	0.97	0.34	0.90
1.15	-0.06	-0.02	-0.07	-0.03	0.99	0.40	0.90
1.27	-0.05	-0.03	-0.06	-0.03	0.97	0.46	0.90



Notă: x_1, y_1, z_1 = accelerațiile înregistrate pe cele trei direcții;
 x_f, y_f, z_f = accelerațiile filtrate (FTJ), pe cele trei direcții;
 Z_{max} = accelerația maximă pe direcția verticală.

CAPITOLUL 4

MODELE MATEMATICE PENTRU STUDIUL SUSPENSIEI SCAUNULUI

În acest capitol au fost analizate o serie de modele matematice utilizate în analiza sistemelor autovehiculelor. Modelele matematice analizate au condus la realizarea unui model destinat studiului transmisibilității oscilațiilor mecanice la nivelul scaun-conducător auto. Fenomenul transmisibilității a fost urmărit sub aspectul oscilației forțelor și al deplasărilor ce se manifestă la nivelul scaunului unui autovehicul, dinspre calea de rulare. Transmiterea vibrațiilor periculoase corpului uman prin expunerea prelungită, determină o stare de disconfort fizic și psihic, suprasolicită sistemul musculo-scheletal și conduce la apariția bolilor profesionale.

Modelarea matematică a interacțiunii rutiere dintre vehicul și drum, reprezintă un instrument eficient pentru rezolvarea unor sarcini reale ale practicii din inginerie. Calitatea rezultatelor obținute fiind dependentă de cea a datelor de introduse în sistem.

Conform prevederilor standardului ISO 7096 privind evaluarea sistemelor de suspensie pentru scaune, sunt indicați doi factori responsabili pentru a fi luați în considerare:

- *Seat Effectiv Amplitude Transmissibility (SEAT)* – exprimat prin valoarea raportului dintre accelerațiile verticale ale scaunului și cele ale podelei.
- *Maximum Transmissibility Ratio and Resonance Frequency (MTRRF)* – exprimat prin raportul dintre valoarea ne ponderată a accelerațiilor verticale ale scaunului și cea a podelei, la frecvența de rezonanță.

Evaluarea transmisibilității vibrațiilor percepute de organismul uman, pe timpul deplasărilor cu autovehiculul, reprezintă un aspect fundamental în determinarea nivelului de confort. Acest lucru este pus în evidență prin relația matematică:

$$SEAT = \frac{x_{ws}}{x_{w0}} \quad (4.11)$$

unde:

x_{ws} = accelerația podelei introdusă în sistem; x_{w0} = accelerația la nivelul scaunului.

Calculul transmisibilității deplasărilor trebuie realizat în vederea determinării faptului că, suportul unui sistem mecanic dat, este supus la o mișcare variabilă în timp. Urmărind ecuația matematică a transmisibilității putem observa că:

- dacă dorim o amplitudine mică a vibrațiilor trebuie ca factorul Tr să fie redus, iar η mare.
- pentru o izolare bună a vibrațiilor trebuie ca factorul ξ să fie ridicat.

O caracteristică foarte importantă a transmisibilității este că, aceasta variază în funcție de modificările în frecvență ale vibrațiilor. Factorii externi perturbatori generați de traseul accidentat și introduși în sistem, sunt puși în evidență prin realizarea analizelor tip *frecvență-timp*.

Calea de rulare (drumul), reprezintă structura cu cea mai mare importanță asupra vehiculelor rutiere, din punct de vedere dinamic.

Datorită acesteia, sunt influențate caracteristici precum viteza de deplasare, viabilitatea, cât și confortabilitatea vehiculului. Prin urmare, este foarte necesar să se analizeze efectul rugozității drumului asupra răspunsului la vibrații a vehiculului. Cunoașterea sarcinilor reale, care acționează asupra autovehiculului pe drumuri, precum compoziția în frecvență, variabilitatea în timp, sunt necesare pentru identificarea unor soluții de proiectare, care să crească durata de viață a autovehiculelor.

Cercetările realizate au condus la abordarea unor trasee cu caracteristici diferite. Astfel, pentru deplasarea autovehiculului în terenul accidentat, cu viteza (v), se poate descrie relația neuniformității drumului (PSD), printr-o funcție matematică, precum:

$$G_H(\omega) = G_H(\Omega) / v \quad , \quad (4.15)$$

unde: ω = viteza unghiulară [rad /s], Ω = numărul de cicluri, iar $\omega = \Omega v$.

Cunoscând faptul că, frecvența de excitație, în domeniul timp, este dată de relația:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{\lambda} \quad , \quad \text{unde: } \lambda = \text{lungimea de undă} \quad (4.16)$$

și că, oscilațiile se propagă prin structura vehiculelor cu frecvențe cuprinse în intervalul $f = 0,5 - 15$ Hz, iar corpul uman este sensibil la oscilațiile cu frecvențele $f = 1- 2$ Hz; $4 - 8$ Hz și $10 -12$ Hz, se apreciază că, intervalul de frecvențe $\nu = 0,5 -15$ Hz este acoperit de undele, care satisfac relația:

$$0,5 \text{ Hz} \leq \frac{v}{\lambda} \leq 15 \text{ Hz} \quad , \quad \text{unde: } \nu = \text{frecvența oscilației} \quad (4.17)$$

Viteza maximă de deplasare în terenul accidentat a fost de $V_{\max} = 59$ km/h, iar cea medie $V_{\text{med}} = 27,4$ km/h. În figura 4.4. se prezintă deplasarea autovehiculului militar în terenul accidentat.



Figura 4.4. Deplasarea pe terenul accidentat

Cu relația 4.17, se poate calcula valoarea lungimii de undă oscilației generată de drumul pe care autovehiculul s-a deplasat:

- la $V_{\max}: 59 \text{ km/h}$
 pentru $\nu = 15 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda = 1,092 \text{ m}^{-1}$
 pentru $\nu = 0,5 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda = 32,76 \text{ m}^{-1}$

- la $V_{\text{med}}: 27,4 \text{ km/h}$
 pentru $\nu = 15 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda = 0,507 \text{ m}^{-1}$
 pentru $\nu = 0,5 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda = 15,22 \text{ m}^{-1}$

Pe baza valorilor calculate se poate afirma că, pentru sectoarele de drum unde viteza de deplasare a fost mai ridicată, rugozitatea drumului nu a creat probleme autovehiculului, față de sectoarele cu λ mare, unde drumul a generat situații total diferite.

Informațiile despre rugozitatea drumului sunt importante pentru evaluarea răspunsului dinamic al vehiculului.

Pornind de la principiul analizei $\frac{1}{4}$ vehicul, în evaluarea confortului conducătorului acestuia, stabilind criteriile de referință cât și obiectivele, putem identifica anumite direcții de cercetare:

A). Definirea frecvențelor oscilațiilor, aferente deplasării autovehiculului pe drumuri accidentate și greu accesibile, respectiv frecvențele propagate pe direcția verticală (z), manifestate la nivelul scaunului și resimțite de către ocupant.

B). Conceperea strategiei de control a sistemului de amortizare al vibrațiilor, pentru scaunul conducătorului de autovehicul.

C). Determinarea valorii intensității curentului necesar alimentării bobinei amortizorului, pentru a genera o forță capabilă să reducă vibrațiile și șocurile, provocate de drumurile accidentate.

Strategia Skyhook (fig.4.9) la nivelul suspensiei scaunelor, a fost adoptată pentru a ridica valoarea confortului persoanelor din autovehicul. Cercetări privind utilizarea strategiei tip Skyhook, pentru controlul semi-activ al suspensiei autovehiculelor au fost realizate de către diverși specialiști [4][189], care au demonstrat utilitatea acestei soluții.

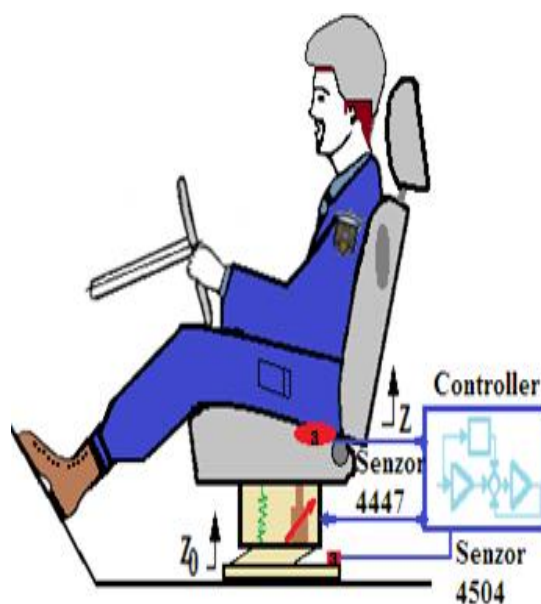


Figura 4.9. Sistemul de amortizare pentru scaun utilizat în cercetări

În cadrul cercetărilor, pentru preluarea corectă a datelor transmise au fost utilizați doi senzori de accelerație (fig.4.10): unul la nivelul structurii metalice, pentru identificarea valorilor provenite de la sistemul de suspensie, iar celălalt la nivelul pernei scaunului, pentru furnizarea datelor transmise către conducătorul autovehiculului. Prin compararea valorilor mărimilor înregistrate, a fost posibilă determinarea factorului de transmisibilitate.

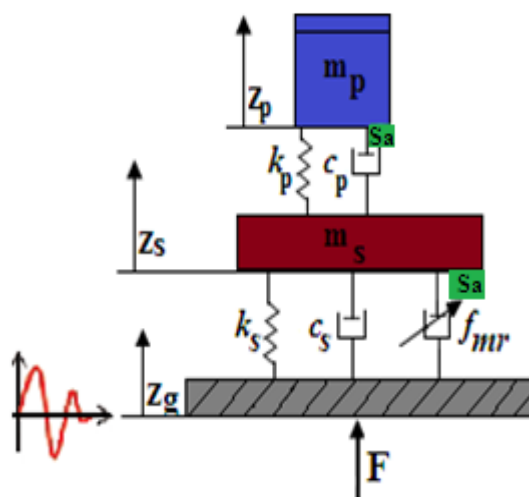


Figura 4.10. Structura modelului matematic pentru analiză

Fără a lua în considerare mișcările de *pitch* și *roll* ale autovehiculului, pe timpul deplasării, se pot stabili relațiile care descriu comportamentul sistemului analizat:

$$m_p \ddot{z}_p = -k_p(z_p - z_s) + c_p(\dot{z}_p - \dot{z}_s) \quad , \quad (4.39)$$

$$m_s \ddot{z}_s = -k_s(z_s - z_g) - c_s(\dot{z}_s - \dot{z}_g) + k_p(z_p - z_s) + c_p(\dot{z}_p - \dot{z}_s) + f_{mr} \quad , \quad (4.40)$$

unde: m_p = masa persoanei așezată pe scaun; m_s = masa scaunului;

S_a = senzorii de accelerație; F = forța perturbatoare;

k_p, k_s = constanta de rigiditate a persoanei/scaunului;

c_p, c_s = coeficientul de amortizare al persoanei/scaunului;

Z_p, Z_s, Z_g = deplasările structurilor (maselor) sub efectul oscilațiilor;

f_{mr} = forța de amortizare magnetoreologică;

Prin corelarea modului de lucru al sistemului de control tip SkyHook și a celui de funcționare al amortizorului magnetoreologic, se pot stabili condițiile de lucru ale controller-ului (I_{max} și I_{min}). Astfel:

$$I = \begin{cases} I_{min} & , \quad \dot{Z} \cdot (\dot{Z} - \dot{Z}_0) < 0 \\ I_{max} & , \quad \dot{Z} \cdot (\dot{Z} - \dot{Z}_0) \geq 0 \end{cases} \quad , \quad (4.41)$$

unde: I_{min} = curentul minim de alimentare al bobinei amortizorului;

I_{max} = curentul maxim de alimentare al bobinei amortizorului.

În cercetări a fost utilizat, pentru controlul funcționării amortizorului, un echipament ce are la bază microcontrolerul Atmega 2560. În el se regăsește convertorul de semnal AD-DA.

Acesta are un rol esențial în controlul semnalului tip buclă închisă. Microcontrolerul stabilește nivelul de alimentare a bobinei (U/I), amortizarea prin valoarea intensității câmpului magnetic creat (H), astfel încât se obține forța de amortizare (F_{mag}) dorită.

Imaginea 4.11. prezintă strategia de funcționare a sistemului.

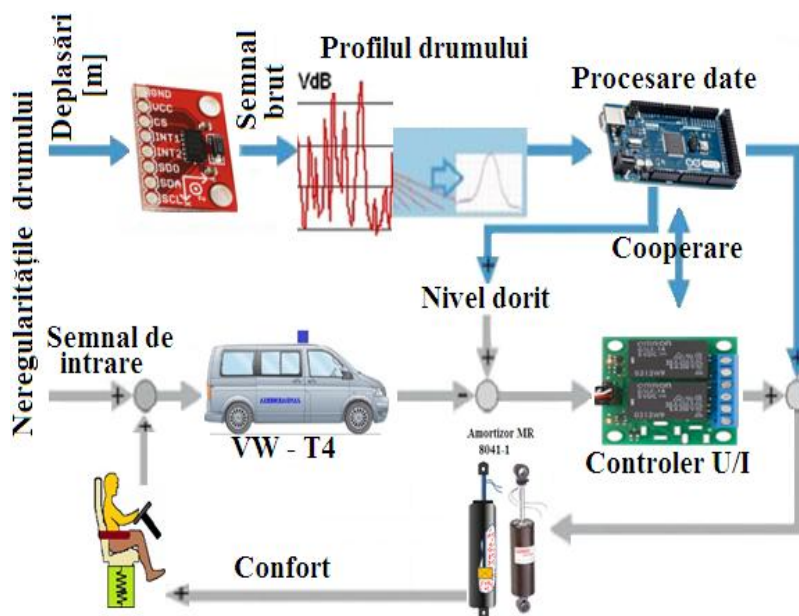


Figura 4.11. Schema strategiei de funcționare a sistemului

Strategia de control este definită de relațiile:

$$F_{mag} = c_{sky} \cdot v \quad , \quad (4.42)$$

$$c_{sky} = \max \quad x > 0 \Rightarrow I_{max} \quad , \quad (4.43)$$

$$c_{sky} = \min \quad x \leq 0 \Rightarrow I_{min} \quad , \quad (4.44)$$

unde: v = viteza [m/s]; c_{sky} = coeficientul de amortizare [Ns/m].

Această strategie de control a fost adaptată prin introducerea unui parametru de amortizare intermediar, care să asigure un factor de amortizare mediu. Prin acest algoritm, se pot asigura amortizări în funcție de condițiile de deplasare pe drum.

$$c_{sky} = \text{med} \quad x > 0 \Rightarrow c_{s.min} < c_{s.med} < c_{s.max} = I_{med} \quad , \quad (4.45)$$

unde: c_{sky} = coeficientul de amortizare [Ns/m];

I = intensitatea curentului de alimentare a bobinei amortizorului [A].

CAPITOLUL 5

ECHIPAMENTE, TEHNICI ŞI PROCEDURI UTILIZATE PENTRU ACHIZIȚIA ŞI PRELUCRAREA DATELOR

În dezvoltarea cercetării au fost necesare achiziții de date despre: caracteristicile diferitelor tipuri de drum, dinamica autovehiculului, interacțiunea drum-autovehicul-conducător auto. De asemenea, s-a identificat modul de lucru al amortizorului magnetoreologic, în vederea determinării performanțelor.

Astfel, pentru a se obține date reale despre terenul, în care s-au desfășurat cercetările, au fost necesare o serie de echipamente performante, care să poată fi corelate permanent cu sistemele GPS. Acestea au fost destinate achiziției a două tipuri de date, care ulterior, în procesul de analiză să poată fi coroborate, spre înțelegerea fenomenelor existente. Echipamentele au urmărit înregistrarea datelor despre:

- Traseu: lungime, altitudini, viteze de deplasare.
- Vibrații: la nivelul structurii autovehiculului, al scaunului și al conducătorului de autovehicul.

Sistemele GPS (antene, echipamente de înregistrare) au fost utilizate pentru identificarea caracteristicilor traseelor parcurse și corelarea acestora cu parametrii oscilațiilor înregistrați. De asemenea, prin intermediul acestora au fost înregistrate vitezele de deplasare ale autovehiculului, distanțele și timpul, pe fiecare porțiune de drum.

Echipamente folosite, au fost calibrate, înaintea demarării procesului de achiziție și prelucrare a datelor, pentru a se reduce erorile. Pentru măsurători au fost utilizate: traductoare (de deplasare și viteză, accelerometre triaxiale), filtre pentru semnale (Kalman, RCL, Butterworth), amplificatoare de semnal și echipamente de achiziție a datelor (Vbox, SpeedBox, Sistem GPS 1-10, accelerometre), instrumente pentru analiza datelor înregistrate pe standul de încercare electrohidraulic WALTER – Bai. Conceptul general al procesului de încercare și achiziție al datelor, pe timpul cercetărilor este prezentat în figura 5.1.

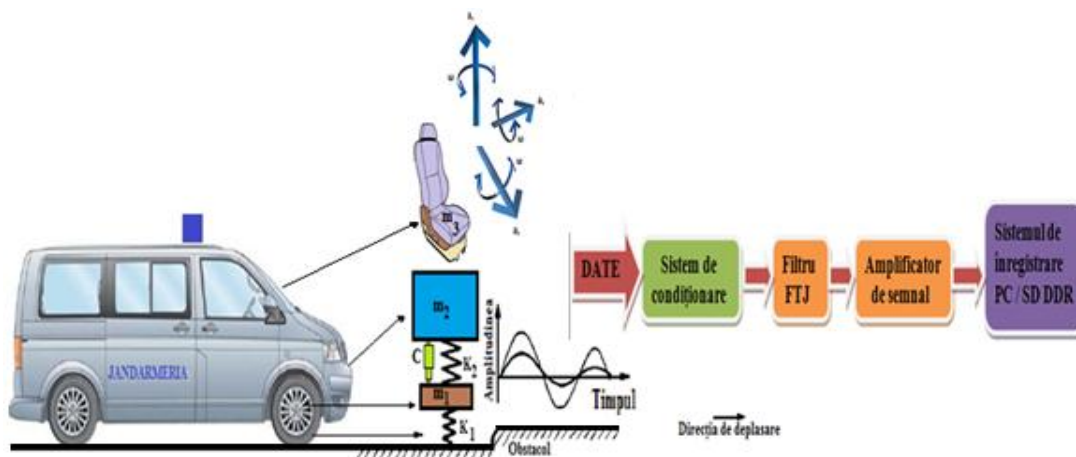


Figura 5.1. Conceptul de achiziție al datelor la deplasarea autovehiculului

Echipamentele utilizate pentru achiziția datelor, referitoare la configurația și caracteristicile drumului și a vibrațiilor induse de denivelările căii de rulare, la nivelul structurii autovehiculului, au fost: SpeedBox, Vbox, GPS sensor, GPS 1-10, senzori de vibrații 4326A/4447 și accelerometrul RLVB IMU03 (conectat la Vbox). Cu dispozitivul SpeedBox a fost înregistrat configurația și caracteristicile terenului (altitudine, rampe), cu sistemul Vbox (+ accelerometrul RLVB IMU 03) au fost înregistrate accelerațiile la nivelul structurii autovehiculului, iar cu sistemul GPS 1-10 au fost înregistrate datele despre poziționarea și deplasarea autovehiculului. Pentru vibrațiile la nivelul scaunului a fost utilizat senzorul 4325-A, iar pentru vibrațiile resimțite de conducătorul auto a fost utilizat senzorul tip 4447.

În figura 5.22. se prezintă modul de amplasare al senzorilor accelerometrici și al echipamentelor de achiziție a datelor, pe structura autovehiculului.

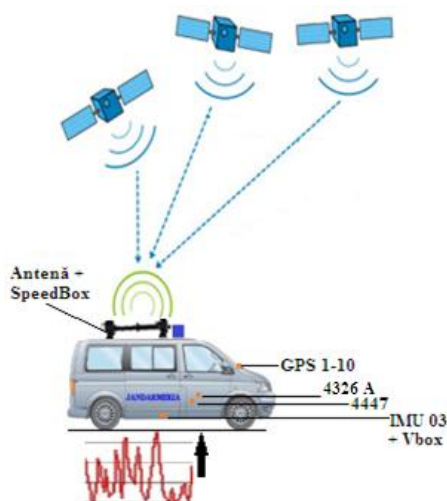


Figura 5.22. Poziționarea echipamentelor pentru achiziția datelor, pe autovehicul

Sistemul GPS 1-10 - este un echipament destinat achiziției datelor de poziționare a vehiculului, pe timpul deplasării. Echipamentul a fost dezvoltat de autor prin utilizarea unei platforme Leonardo și are la bază un microcontroler tip ATmega 32U4. Rata maximă de achiziție a datelor este de 10 Hz și poate fi setată pentru frecvențe de 1-5-10 Hz. Receptorul GPS este un modul de tip PA6H (Global Top Technology) și oferă posibilitatea de înregistrare a datelor pe un card de memorie tip SD, prin intermediul unui Data Logger. Pentru achiziția datelor, dispozitivul GPS 1-10, a fost montat la partea centrală a bordului autovehiculului (fig.5.29).



Figura 5.29. GPS 1-10 și modul de amplasare la bordul autovehiculului

Achiziția datelor pe timpul cercetărilor s-a realizat cu îndeplinirea condițiilor:

- Temperatura mediului: 18°C.
- Viteza vântului: 1,2 m/s.
- Calitatea drumului: 2500 m asfalt, 3500 m beton-piatră și 5500 m teren mixt (forestier-pietriș), cu pronunțate declivități.

Înregistrările realizate, în timpul deplasării autovehiculului, au permis:

- Determinarea profilului terenului, a timpului parcurs pe diferite porțiuni de drum, a vitezelor și accelerațiilor;
- Evaluarea parametrilor vibrațiilor induse de calea de rulare, pe cele trei direcții (x, y, z) autovehiculului și conducătorului auto.

Cuplarea echipamentelor pe autovehicul se observă în figura 5.34 și 5.37.

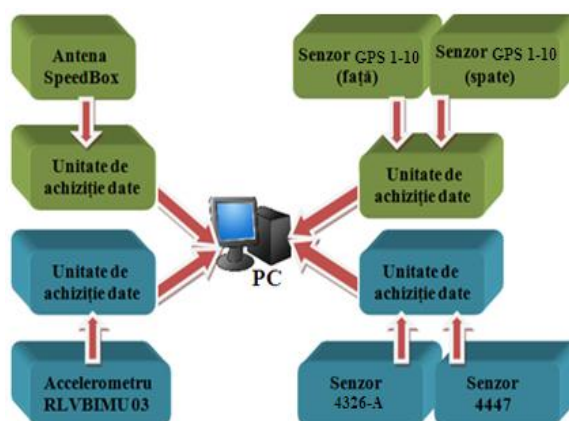


Figura 5.34. Schema bloc generală, pentru cuplarea echipamentelor

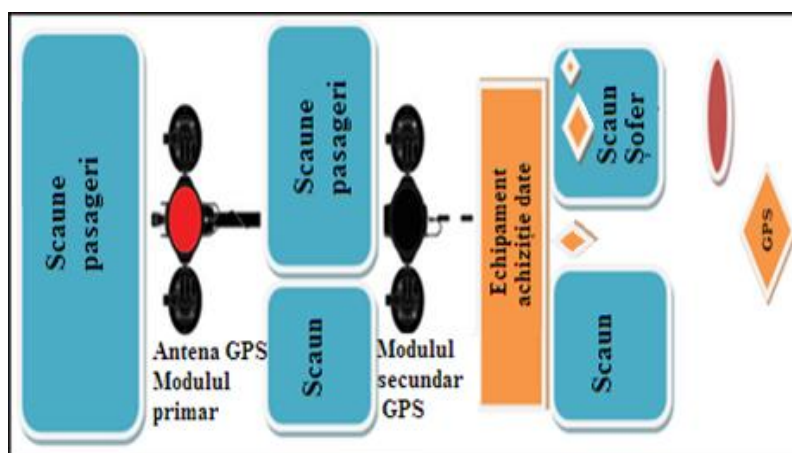


Figura 5.37. Amplasarea echipamentelor de achiziție a datelor

Cu programele specifice sistemelor de achiziție (Vbox, Speedbox, DION 7) s-au înregistrat date referitoare la traseul parcurs, dinamica autovehiculului, accelerațiile transmise dinspre drum către conducătorul auto, prin intermediul maselor suspendate și nesuspendate, funcționării amortizorului magnetoreologic.

În figura 5.38. sunt prezentate informații referitoare la traseul parcurs și date privind dinamica autovehiculului pe timpul deplasării.

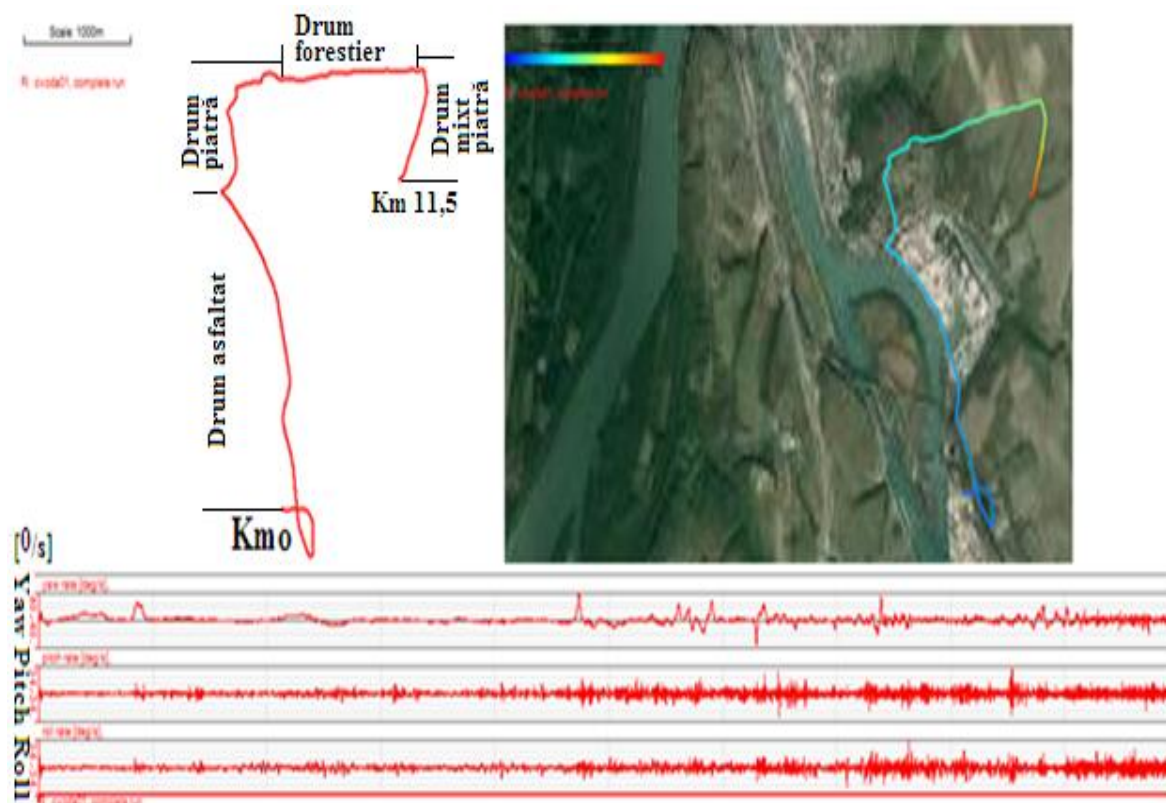


Figura 5.38. Traseul analizat și unele caracteristici induse deplasării autovehiculului

Sistemul de achiziție GPS 1-10, a asigurat obținerea datelor referitoare la comportamentul dinamic al autovehiculului, în timpul deplasării. Datele înregistrate de sistemul GPS 1-10, sunt secvențe NMEA [246][251]. Sistemul GPS1-10 utilizează un singur tip de secvențe NMEA, care conțin date tip PVT: poziție, viteză, timp (tab.5.4).

Tabelul 5.4. Explicația datelor înregistrate cu GPS 1-10

Date de început	Date finale	Interpretarea datelor
\$GPRMC	\$GPRMC	Identificatorul
073726.4	074124.6	Ora înregistrării: de început/sfârșit
A	A	Semnal activ
4421.0102,N	4420.1779,N	Coordonata geografică: Latitudinea N
02801.8743,E	02801.8935,E	Coordonata geografică: Longitudinea E
10.38	0.00	Viteza în noduri a autovehiculului
18.90	127.13	Direcția de deplasare, în grade, față de nord
130516	130516	Data înregistrării
D*64-	D*69	Valoare de control

Înregistrarea oscilațiilor induse în structura scaunului și corpul conducătorului auto sunt prezentate în figurile 5.42 și 5.43. Astfel, accelerometrul triaxial RLVBIMU 03, montat pe structura metalică a autovehiculului, a furnizat date referitoare la accelerațiile verticale (fig.5.42), iar pentru determinarea oscilațiilor transmise de la autovehicul către structura scaunului, a fost utilizat un senzor piezoelectric, tip 4326-A. Oscilațiile accelerației verticale induse în corpul conducătorului autovehiculului au fost monitorizate printr-un senzor special, tip 4447. Acesta din urmă, a fost montat pe scaun, sub șezutul șoferului (fig.5.43).

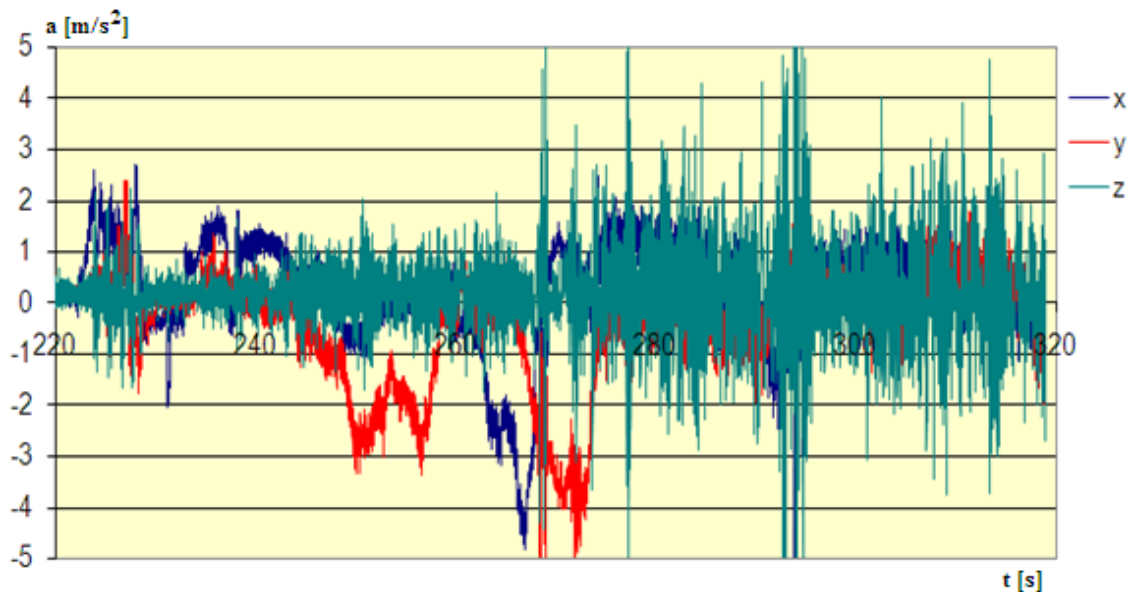


Figura 5.42. Accelerațiile verticale înregistrate la nivelul autovehiculului VW-T4

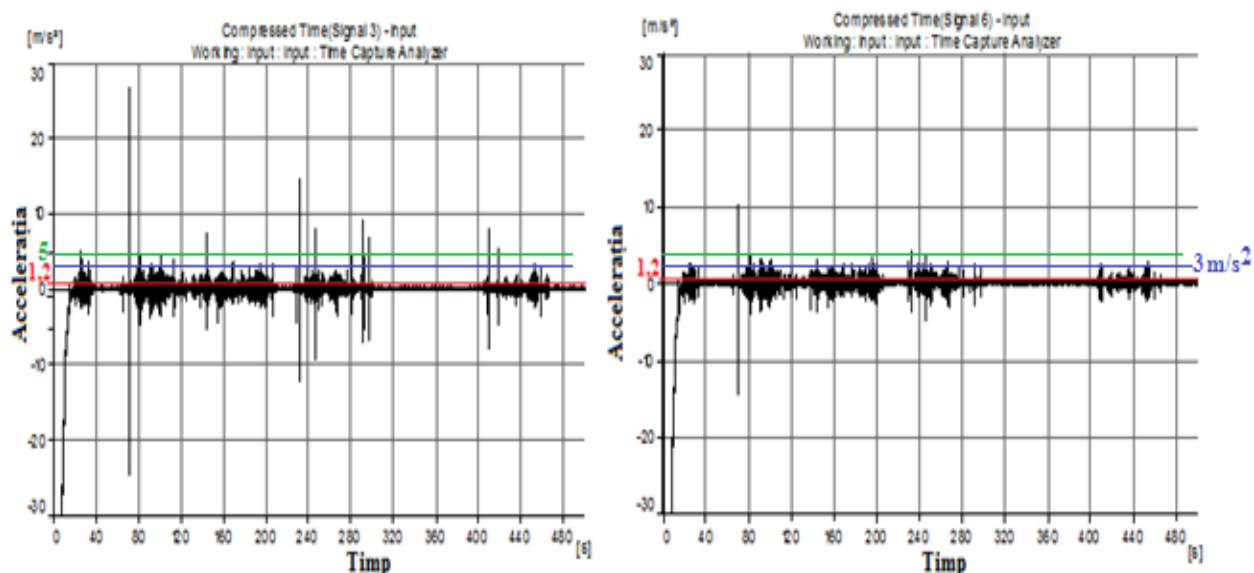


Figura 5.43. Accelerațiile verticale (a_z) în domeniul timp, pe structura și șezutul scaunului

Pentru evaluarea performanțelor amortizorului magnetoreologic, a fost utilizat standul electrohidraulic Walter-Bai 1451-K22305 și programul de lucru DION 7. În figura 5.45. se observă amortizorul magnetoreologic și echipamentul electrohidraulic de încercare (fig.5.45).



Figura 5.45. Echipamentul Walter-Bai 1451-K22305

Testele din mediul real au permis să se înregistreze accelerații verticale $>3\text{m/s}^2$, peste nivelul de confort stabilit prin normele internaționale, iar șocurile au prezentat valori ridicate $>5\text{ m/s}^2$. Programele utilizate pentru prelucrarea datelor au avut încorporate facilități de filtrare a semnalelor, de tip trece-jos (FTJ), Kalman și Butterworth. Filtrarea datelor s-a realizat astfel încât, să poată fi observată comportarea sistemului de amortizare magnetoreologic, în intervalul de frecvențe sensibil pentru organismul uman (4-6 Hz).

Mărimile rezultate în urma încercărilor de laborator au fost prelucrate cu ajutorul programului de funcționare al sistemului Walter-Bai (DION 7). Ulterior acestea au fost exportate în Excel și analizate. Erorile de măsurare au fost reduse ($\pm 0,1\%$), ceea ce demonstrează un nivel ridicat de acuratețe. Sistemul Walter-Bai a generat în urma testelor, pentru amortizor, o forță de $F= 2442\text{ N}$ și $E= 97,68$ la un curent de $I= 2\text{ A}$, iar pentru $I= 0,6\text{ A}$ forța a fost de $F= 1589\text{ N}$.

CAPITOLUL 6

ANALIZA DATELOR ÎNREGISTRATE ÎN MEDIILE REAL ŞI VIRTUAL

Capitolul are ca obiectiv prelucrarea și analiza datelor privind oscilațiile acceleratiilor generate de traseele parcurse de autovehicul, evaluarea performanțelor amortizorului magnetoreologic, modelarea virtuală a soluției propuse, cât și evaluarea performanțelor sistemului de suspensie realizat.

În timpul procesului de cercetare s-a urmărit identificarea cu exactitate a caracteristicilor fizice ale terenului. Astfel, echipamentele și programele utilizate prin raportarea la sistemul GPS, au permis identificarea în timp și spațiu a vibrațiilor aleatoare transmise autovehiculului. În figura 6.3. se pune în evidență influența altitudinii terenului asupra vitezei de deplasare, a autovehiculului.

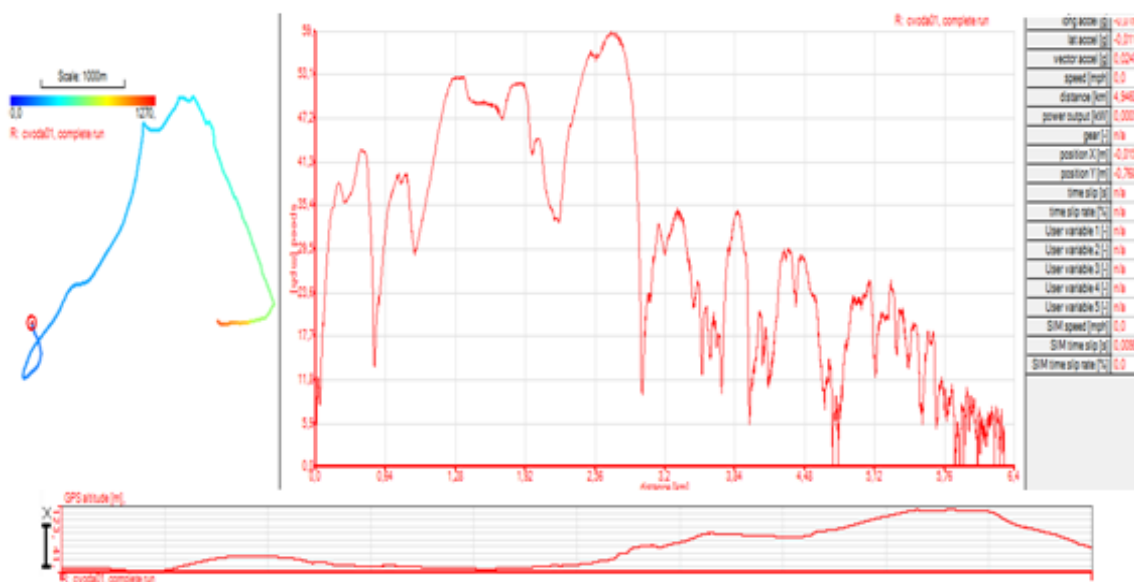


Figura 6.3. Evoluția vitezei prin raportarea la altitudinea terenului

Cunoscând că, traseul accidentat prezintă variații multiple ale caracteristicilor sale, în figurile 6.4; 6.5 și 6.6. sunt prezentate mișcările de Pitch, Roll și Yaw ale autovehiculului, pe timpul deplasării.

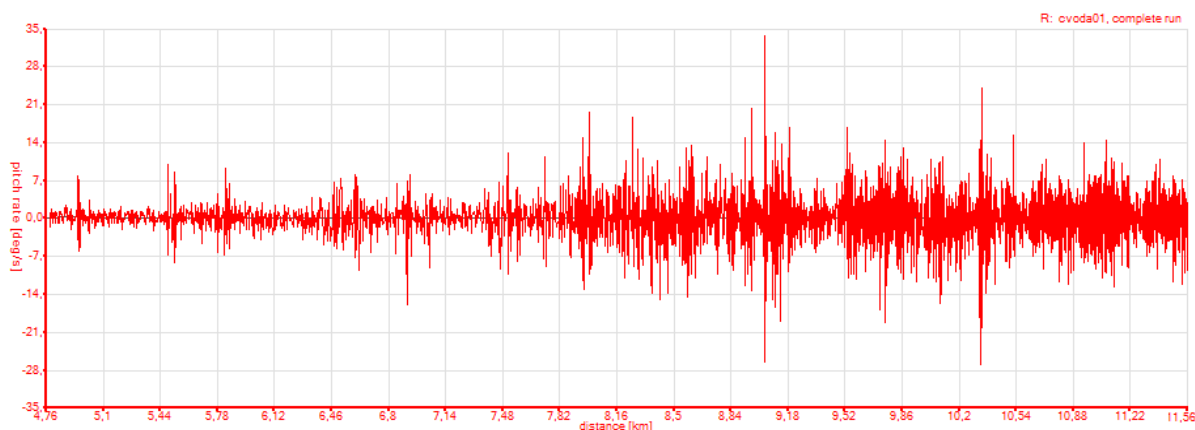


Figura 6.4. Evoluția în timp a mișcării de "Pitch" a autovehiculului

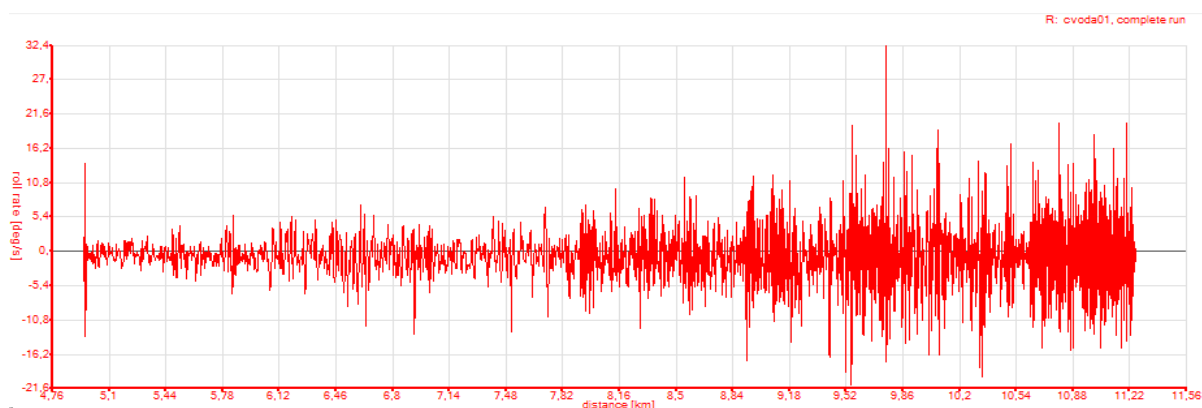


Figura 6.5. Evoluția în timp a mișcării de "Roll" a autovehiculului

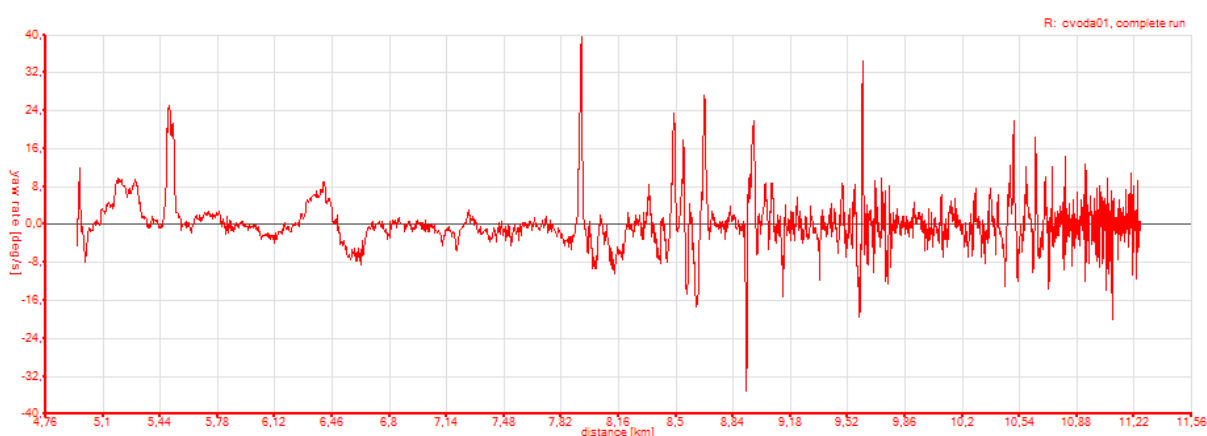


Figura 6.6. Evoluția în timp a mișcării de "Yaw" a autovehiculului

De o importanță deosebită în stabilirea nivelului de confort este realizarea determinărilor corecte asupra accelerațiilor verticale, datorită influenței negative asupra organismului uman. Valoarea amplitudinii acestora este direct proporțională cu disconfortul creat.

În timpul deplasării autovehiculului au fost înregistrate valorile accelerațiilor verticale, pe fiecare porțiune de teren (fig.6.11).

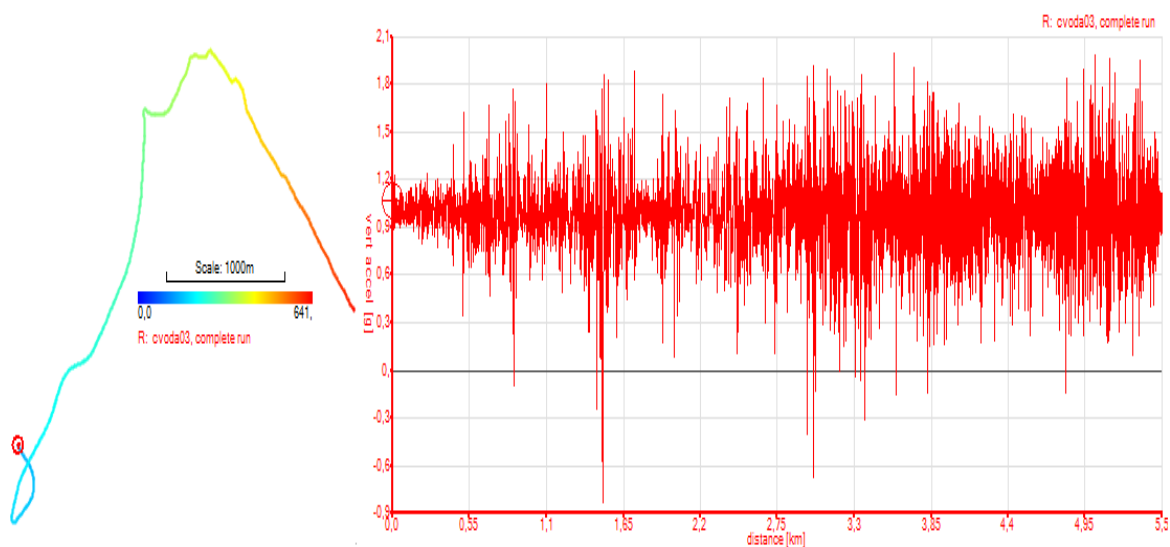


Figura 6.11. Accelerațiile verticale înregistrate în timpul deplasării

Evaluarea regimurilor periculoase pentru organism, ale accelerației verticale, a scos în relief valori ridicate, mult peste valoare prevăzută în normele ISO 2631, BS 6841, VDI2057 ($1,2 /s^2$). Gradul de confort, pentru fiecare sector de drum parcurs a fost apreciat în conformitate cu criteriile de evaluare a confortului, menționate în subcapitolul 1.21.

Sectoarele de drum betonat-pietruit și mixt-forestier au prezentat valori ale amplitudinii accelerației verticale de peste $5 m/s^2$, ceea ce au indus conducătorului auto un nivel al disconfortului mult prea ridicat. În figurile 6.12 și 6.13. sunt prezentate accelerațiile verticale pentru aceste sectoare de drum.

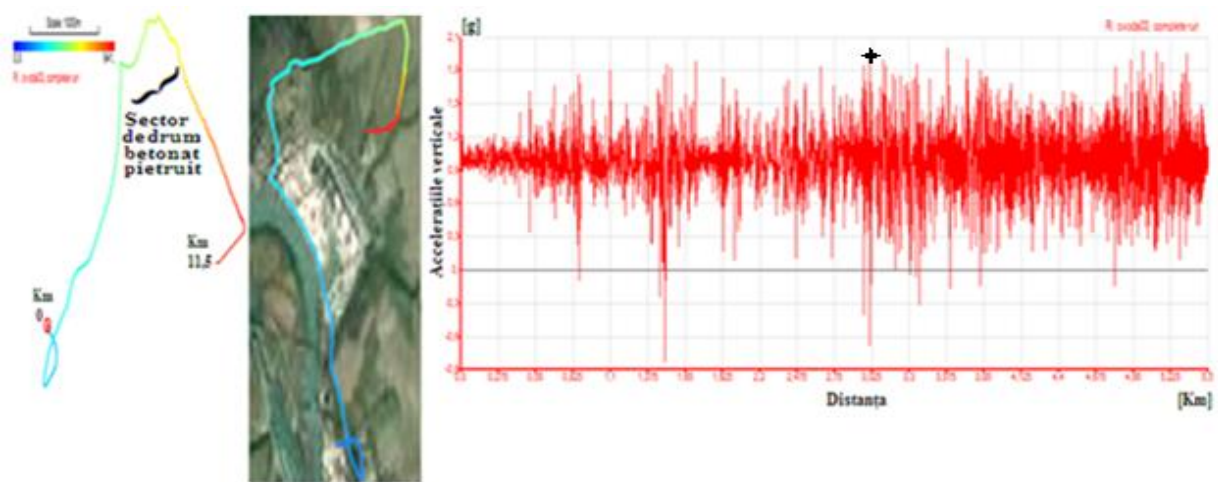


Figura 6.12. Accelerația verticală produsă pe sectorul de drum betonat-pietruit

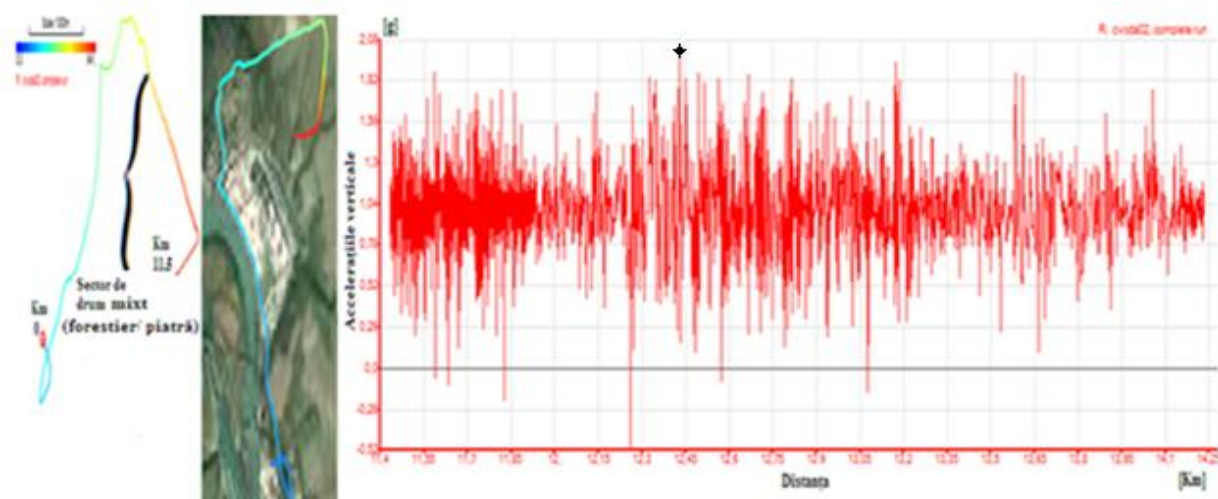


Figura 6.13. Accelerația verticală produsă pe sectorul de drum mixt/forestier

Performanțele amortizorului magnetoreologic au fost stabilite prin încercări ciclice, pe standul electrohidraulic Walter-bai. Amortizorul a fost testat prin alimentarea cu tensiunea de $U=12 V$ și diferiți curenți $I= 0,6; 1; 1,2; 1,6; 1,8; 2 A$. Pentru verificări au fost stabile două curse ale pistonului 20 mm și 40 mm, o viteză de deplasare a acestuia de 5 cm/s. Frecvențele de lucru au fost de: 1, 2, 4, 5, 6, 7 Hz. În figura 6.22. se observă schema sistemului de încercare a amortizorului.

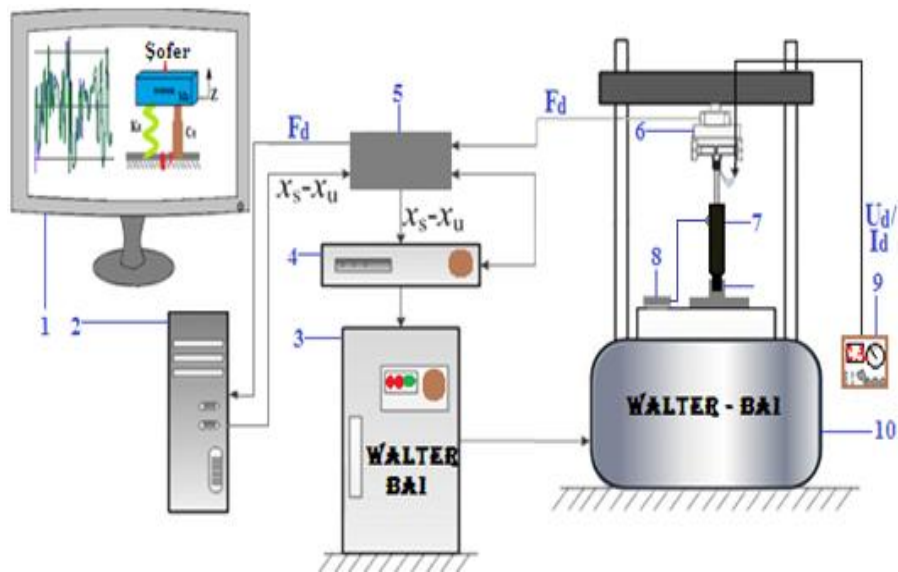


Figura 6.22. Sistemul utilizat la încercarea amortizorului

1-monitor; 2-unitate PC; 3-sistem de comandă hidraulic; 4-sistem de control; 5-unitate de conversie; 6-cap prindere și acționare; 7-amortizor MR; 8-echipament detecție temperatură fluid reologic; 9- unitate de control U/I; 10- structură fixare echipament electrohidraulic.

Fixarea amortizorului la echipamentul electrohidraulic Walter-Bai (fig.6.25) a fost realizată concomitent cu alinierea pe verticală al acestuia, cu capul pistonului, pentru a preveni acțiunile de torsionare în timpul încercărilor. Performanțele amortizorului se observă în figurile 6.27; 6.29 și 6.31.



Figura 6.25. Fixarea amortizorului de capul hidraulic al sistemului

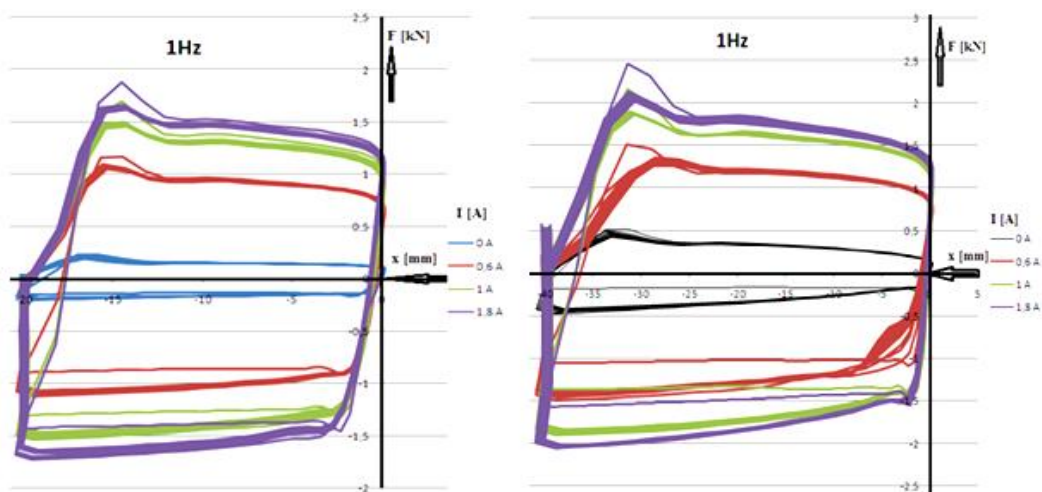


Figura 6.27. Variația forței în funcție de deplasare ($x = 20 \text{ mm}/40 \text{ mm}$), pentru un curent variabil și un semnal sinusoidal (1 Hz).

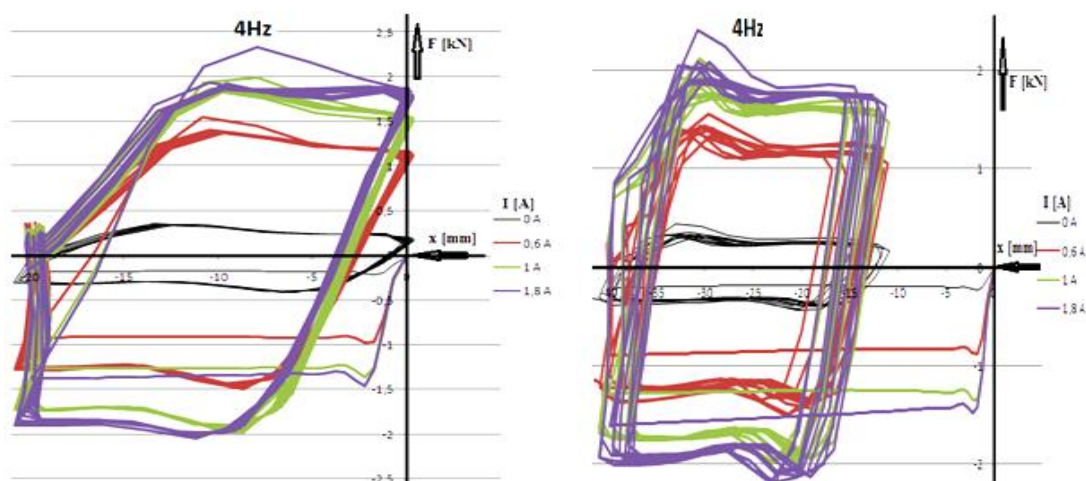


Figura 6.29. Variația forței în funcție de deplasare ($x = 20 \text{ mm}/40 \text{ mm}$), pentru un curent variabil și un semnal sinusoidal (4 Hz).

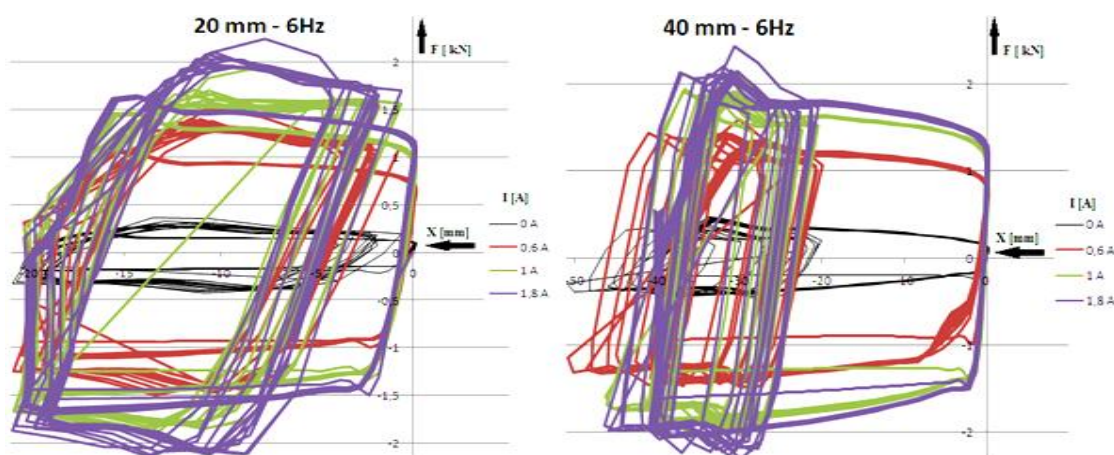


Figura 6.31. Variația forței în funcție de deplasare ($x = 20 \text{ mm}/40 \text{ mm}$), pentru un curent variabil și un semnal sinusoidal (6 Hz).

Înregistrările arată că, energia de amortizare creşte odată cu majorarea intensităţii curentului de alimentare a bobinei amortizorului. La un curent de 2 A forţa dezvoltată de amortizor a fost între 2218 şi 2442 N (fig.6.32).

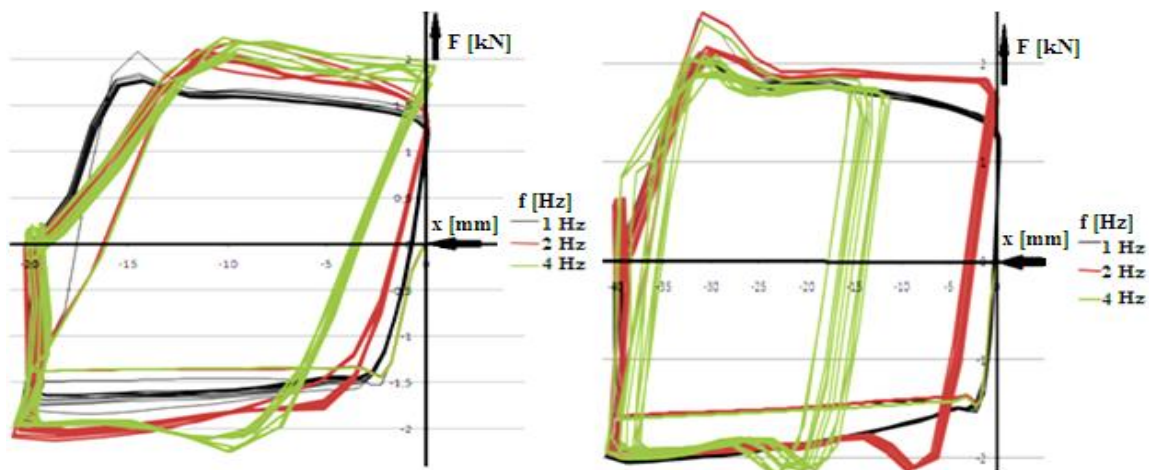


Figura 6.32. Energia de amortizare dezvoltată de amortizor, la o încărcare ciclică sinusoidală de (1...4 Hz) şi un curent de 2 A, pentru cursele pistonului de: stânga 20 mm; dreapta 40 mm.

Intensitatea curentului are un efect pozitiv asupra modului de lucru al amortizorului, datorită amplificării câmpului magnetic creat. La schimbarea frecvenţei de lucru curba de histerezis descrisă de amortizor se modifică, aspect datorat timpului de funcţionare al pistonului. Chiar dacă frecvenţa de încărcare creşte, amortizorul îşi menţine valoarea forţei la un nivel ridicat (6 Hz = 2218 N). Se constată că, pentru $I = 2\text{ A}$, forţa de amortizare creşte cu 200 N până la 407 N, pentru frecvenţele utilizate, la majorarea cursei pistonului de la 0,02 la 0,04 m (fig.6.32).

În figurile 6.33 şi 6.34. se observă dependenţa forţei de amortizare, în funcţie de cursa pistonului de (20 şi 40 mm), în condiţiile creşterii curentului de alimentare a bobinei de la 0,6 la 2 A şi a frecvenţei de lucru a pistonului, de la 1 la 6 Hz.

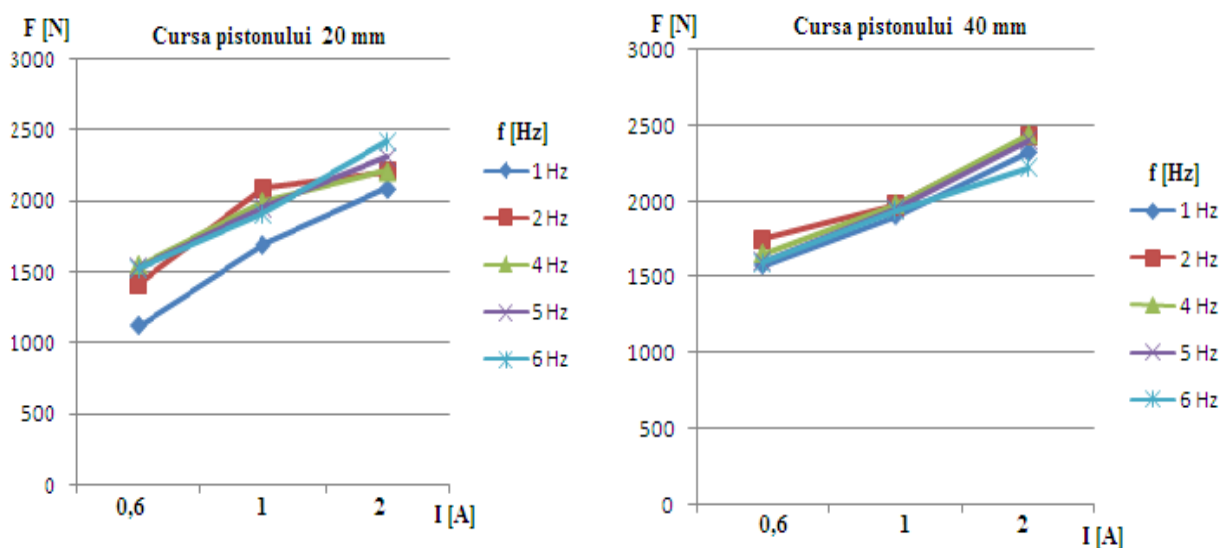


Figura 6.33. Variaţia forţei în funcţie de frecvenţa aplicată

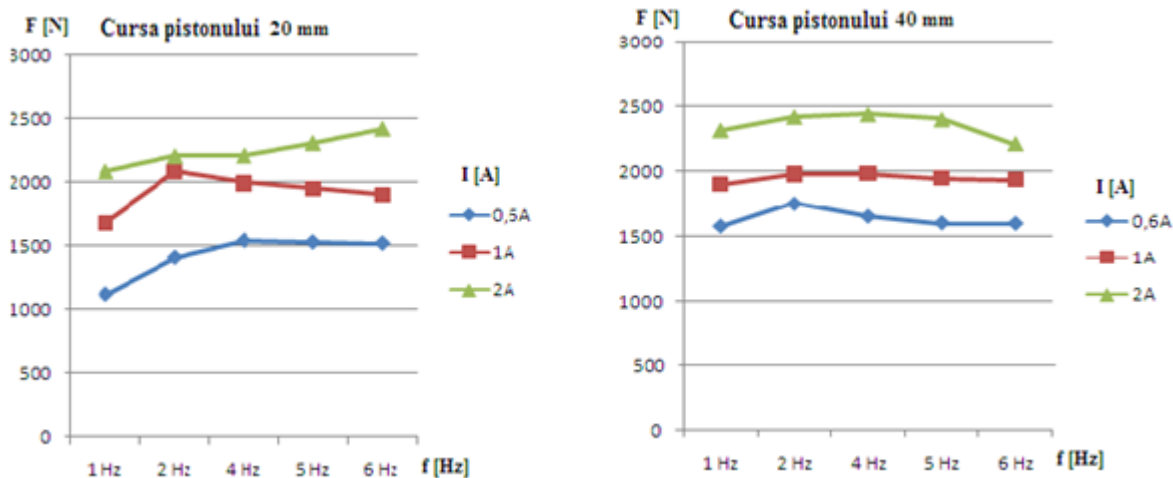


Figura 6.34. Variația forței în funcție de curentul aplicat

Se constată că, forța de amortizare maximă se înregistrează pentru o cursă a pistonului de 40 mm. Ea are valoarea de 2442 N la un curent de 2 A, aplicat bobinei amortizorului.

În urma observării performanțelor amortizorului a fost stabilită strategia de control. Astfel, pentru funcționare au fost stabiliți curenții de alimentare ai acestuia, care să asigure un nivel de confort minim, mediu și maxim: $I = 0,6; 1,2$ și $1,8$ A.

Simularea sistemului de suspensie magnetoreologic cu control Skyhook a fost realizată cu programul AMESim. Pentru analiza comparativă a modului de lucru al sistemului de suspensie conceput, a fost utilizat modelul de suspensie pasivă (clasic). În analize a fost observată comportarea sistemului de suspensie al scaunului, la un semnal aleator și cu aplicarea diferitelor mase (75 kg.....125 Kg). Figura 6.65. prezintă modelul amortizorului magnetoreologic conceput.

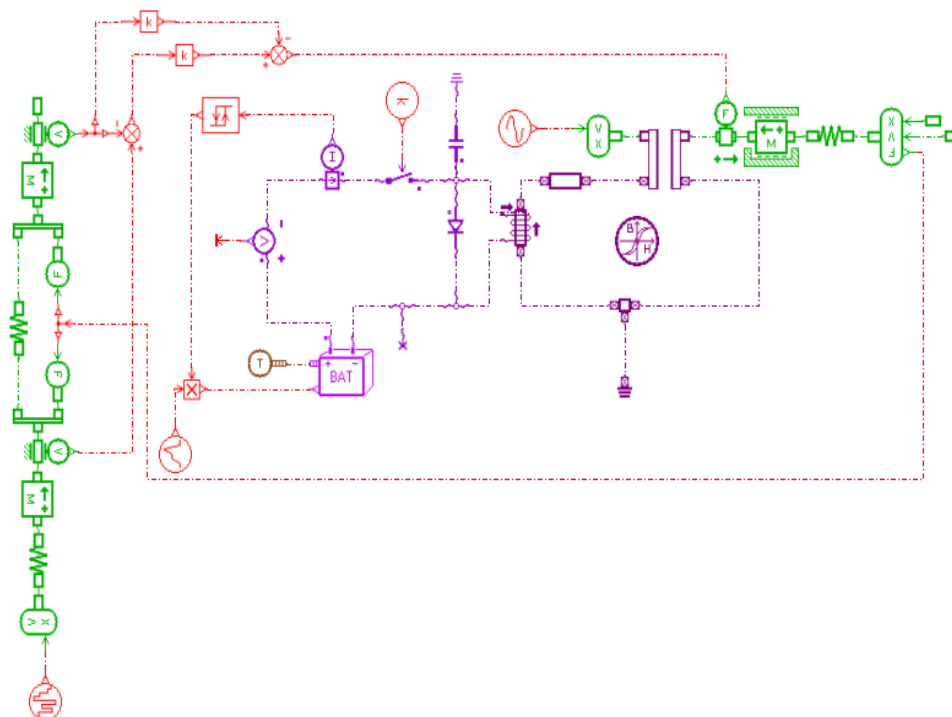


Figura 6.65. Modelul virtual al amortizorului magnetoreologic

În figurile 6.66 și 6.67 sunt prezentate principalele componente de reacție ale sistemelor electromagnetic și mecanic.

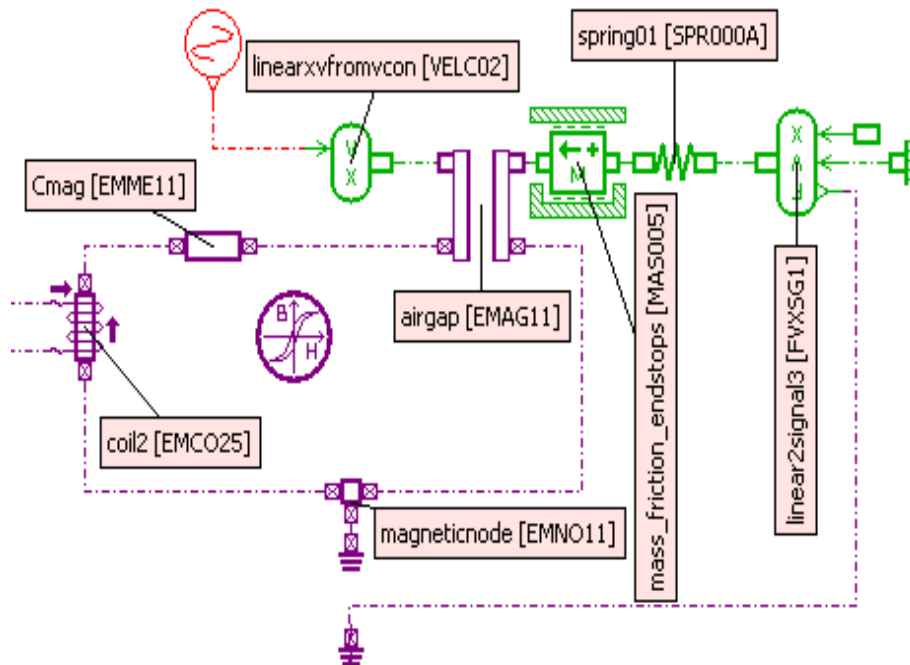


Figura 6.66. Componentele de reacție: electromagnetice și mecanice

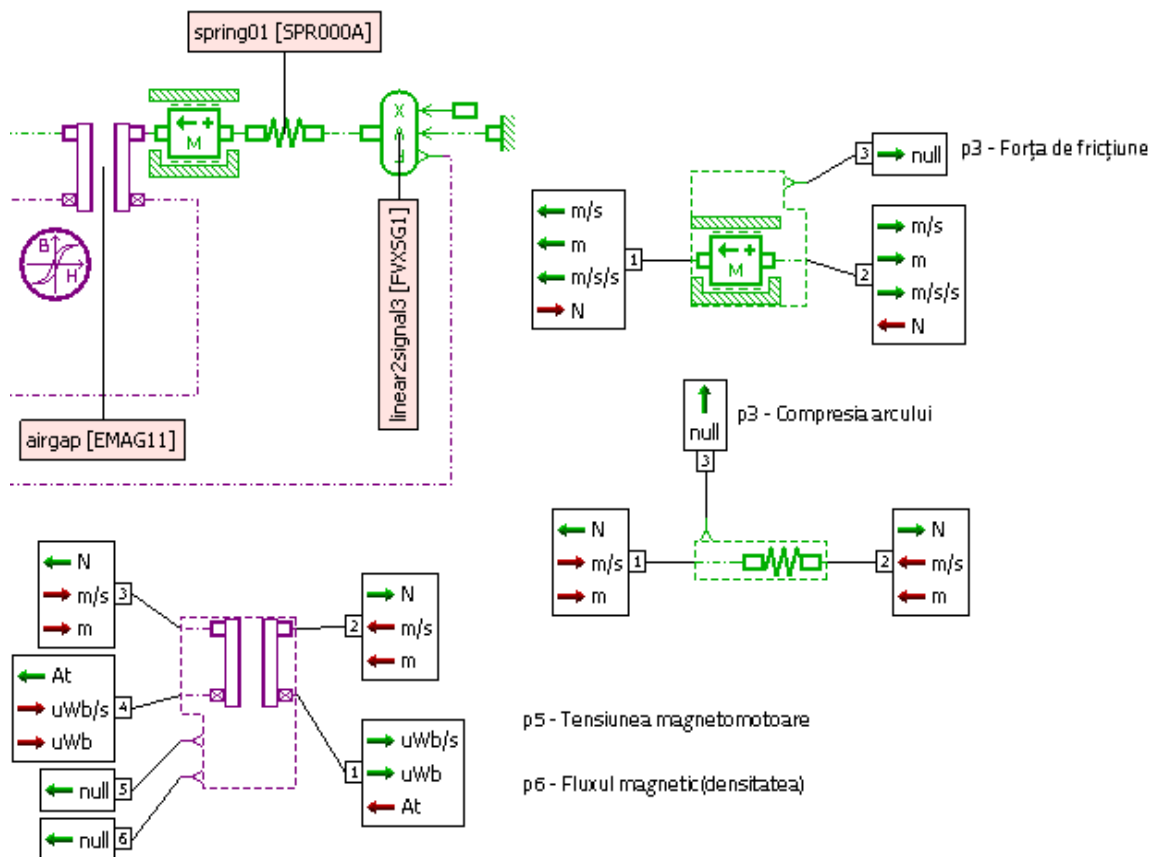


Figura 6.67. Componente de reacție și acțiunile fizice induse, prin porturi

Actuatorul, realizează legătura între domeniul magnetic și cel mecanic.

Forța magnetomotoare generată în zona de lucru se calculează cu relația:

$$F_{mm} = \frac{x}{\mu_0 A} \varphi^2 \quad [As] \quad , \quad (6.33)$$

unde: x = distanța dintre armături; A = aria zonei de lucru;

μ_0 = permeabilitatea relativă a mediului dintre armături; φ = fluxul magnetic.

Energia dezvoltată se calculează cu relația:

$$E = \int F_{mm}(\varphi, x) d\varphi \quad [J] \quad , \quad (6.34)$$

$$\Rightarrow E = \frac{x\varphi^2}{2\mu_0 A} \quad [J] \quad (6.35)$$

Forța actuatorului este dată de relația:

$$F = \frac{\varphi^2}{2\mu_0} A \quad [N] \quad (6.36)$$

Alimentarea bobinei cu diferiți curenți a permis stabilirea mărimilor caracteristice de lucru (F_{mm} , E , F) ale sistemului. În acest mod, a fost observată concordanța dintre parametrii reali de funcționare ai amortizorului și cei identificați prin simulare.

Controlerul PID ia în calcul forța de amortizare dorită și cea existentă la nivelul amortizorului. Strategia de funcționare prevede un proces de comparare al semnalului, astfel încât valoarea eronată este retrimisă procesului de analiză al controlerului.

Procesul de simulare virtuală a urmărit reducerea accelerațiilor verticale la nivelul scaunului conducătorului auto. În prima etapă s-a observat diminuarea amplitudinilor accelerației verticale, pentru un semnal pseudo-aleatoriu aplicat unor mase atașate scaunului.

În figura 6.68 se prezintă oscilația deplasării pe direcție verticală, a masei de 75 Kg, plasată pe scaunul conducătorului auto, pentru un profil de drum accidentat.

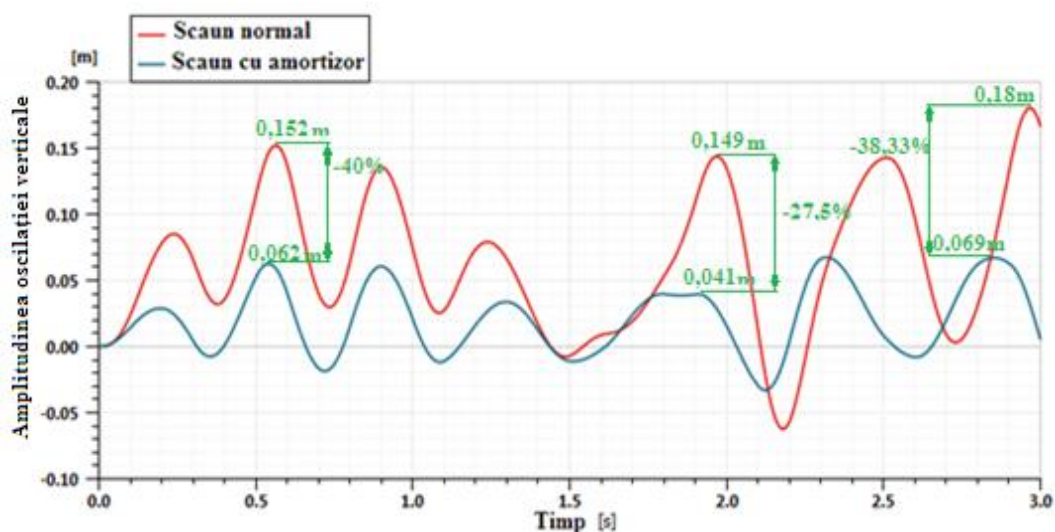


Figura 6.68. Oscilația verticală a scaunului cu/fără amortizor și o masă plasată pe acesta de 75 Kg

Figura 6.72. prezintă amplitudinile oscilațiilor verticale filtrate, pentru scaunul cu și fără amortizor, aferente masei atașate (75, 85, 95, 105, 115, 125 Kg).

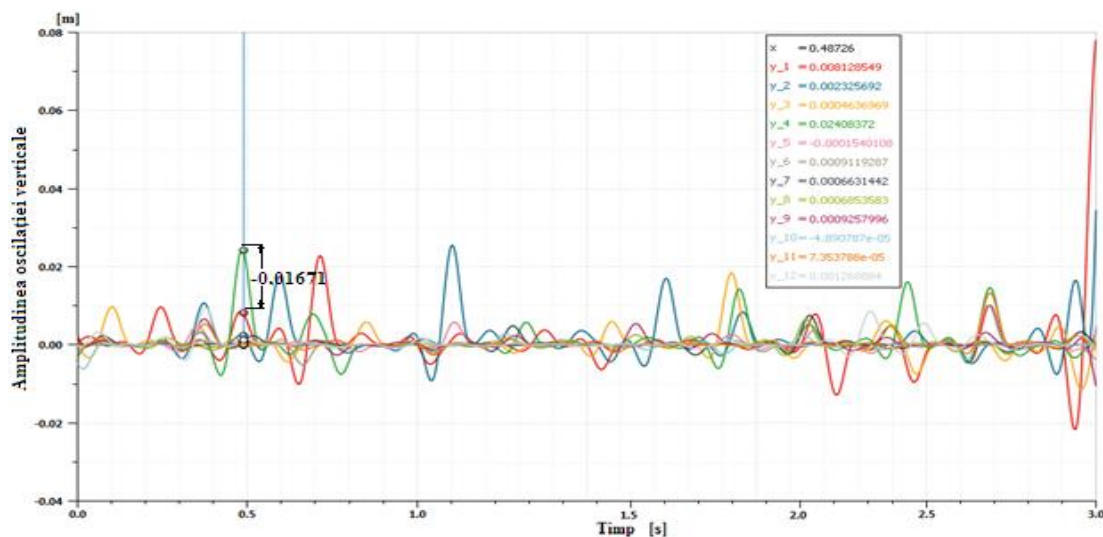


Figura 6.72. Amplitudinea oscilațiilor verticale ale scaunului cu/fără amortizor, pentru masele atașate scaunului, filtrată FTJ- Kalman și Butterworth

Modelarea virtuală demonstrează că, sistemul de amortizare magnetoreologic este capabil să diminueze, la nivelul scaunului conducătorului auto, șocurile și accelerațiile verticale. Reducerea valorilor acestora stabilește un grad de confort mai ridicat al acestuia. Confortul în scaun al conducătorului auto este influențat direct de curentul de alimentare aplicat bobinei amortizorului.

În etapa a doua, modelarea virtuală urmărește comportamentul sistemului prin introducerea datelor achiziționate în mediul real, pentru drumul betonat-pitruit și cel mixt-forestier. În figura 6.74/6.75 se observă oscilațiile accelerației verticale înregistrate pentru scaunul conducătorului auto, echipat cu sistemul de suspensie clasic/magnetoreologic, în cazul drumului betonat-pietruit.

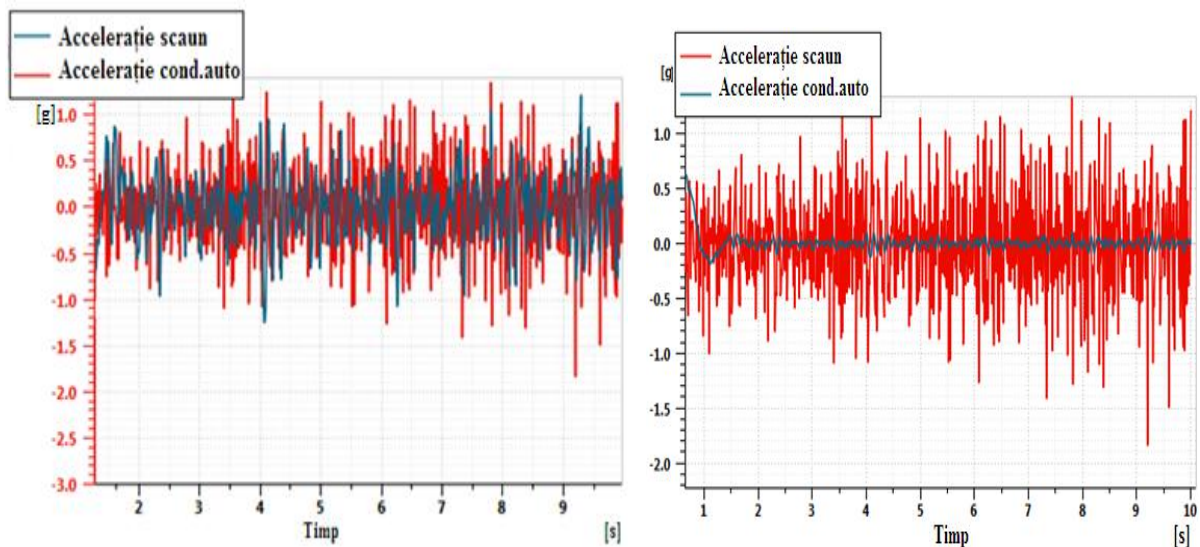


Figura 6.74./675. Oscilațiile verticale percepute de conducătorul autovehiculului: stânga –neamortizate; dreapta – amortizate

În figura 6.76/6.77 se prezintă comportarea sistemului de suspensie al scaunului fără/cu amortizor magnetoreologic, pentru cazul drumului mixt-forestier.

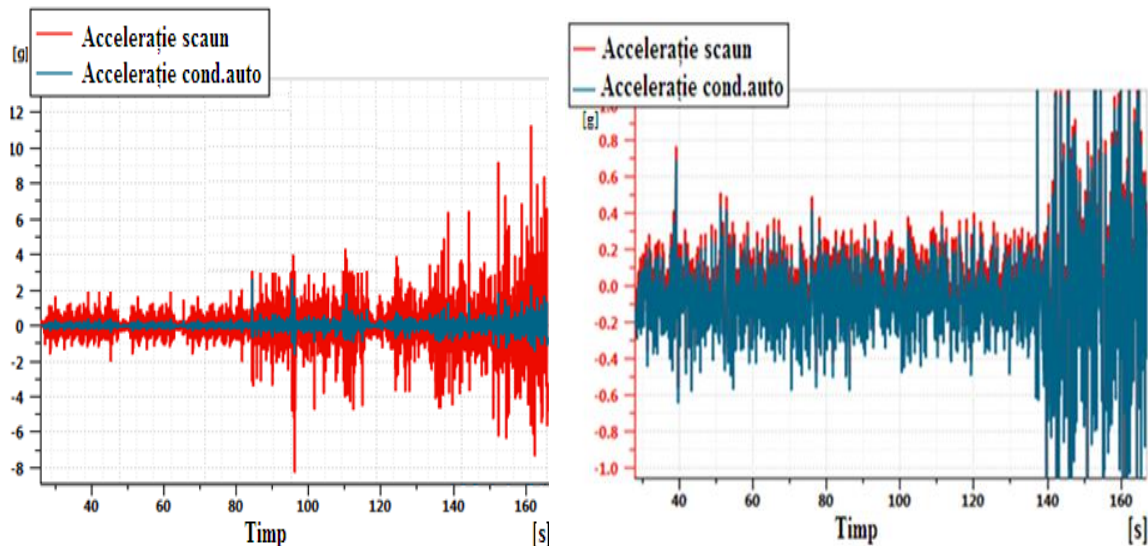


Figura 6.76./677. Oscilațiile verticale percepute de conducătorul autovehiculului: stânga –neamortizate; dreapta – amortizate

În procesul de validare a sistemului, a fost urmărită concordanța valorilor obținute prin experimente și pe modele virtuale, cu cele obținute în mediul real. Procesul de validare a sistemului (fig. 6.82) s-a desfășurat pe baza informațiilor obținute în urma parcurgerii unei porțiuni de drum accidentat, mixt (pietruit-forestier). Autovehiculul a fost echipat cu un scaun clasic și unul cu amortizor magnetoreologic.



Figura 6.82. Poziționarea sistemului de control și comandă al suspensiei scaunului

Datele înregistrate în timpul testelor, pe un drum mixt- forestier, sunt prezentate, parțial, în tabelul 1.6.

Tabel 6.3. Valorile accelerațiilor verticale înregistrate în timpul deplasării, prin alimentarea amortizorului cu diferiți curenți [m/s²]

Timp [ms]	Curentul de alimentare al amortizorului [A]			
	Accelerații verticale [m/s ²]			
	I = 0 A	I = 0,6 A	I = 1,2 A	I = 1,8 A
0.70	0,98	0,86	0,8	0,68
0.81	0,97	0,85	0,79	0,67
0.93	0,99	0,87	0,81	0,69
1.04	0,97	0,85	0,79	0,67
1.15	0,99	0,87	0,81	0,69
1.27	0,97	0,85	0,79	0,67
1.38	0,98	0,86	0,8	0,68
1.49	0,99	0,87	0,81	0,69
1.61	0,98	0,86	0,8	0,68
1.73	0,98	0,86	0,8	0,68

În figura 6.84 se prezintă oscilogramele accelerației verticale, în timpul deplasării autovehiculului pe un teren accidentat.

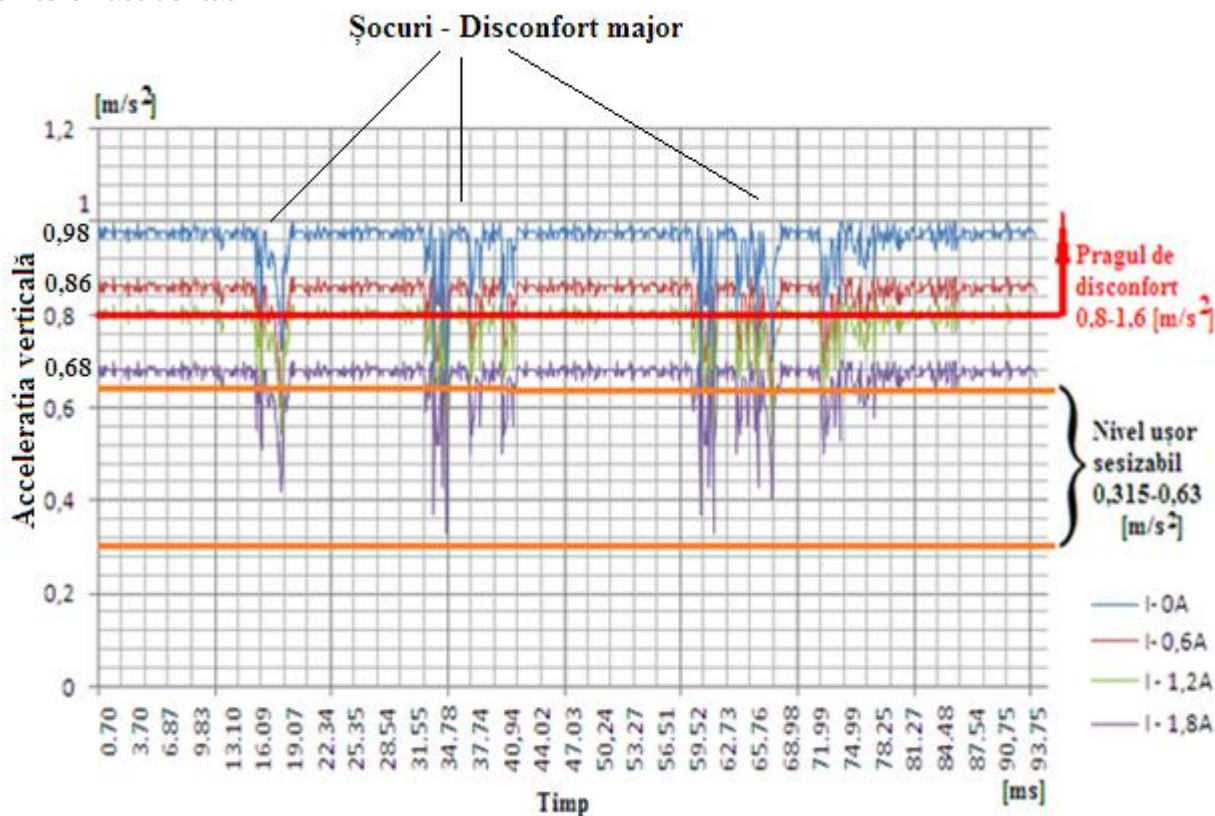


Figura 6.84. Evoluția accelerației verticale, la nivelul scaunului, în timpul deplasării

Prin raportarea la ISO 2631-1 (Anexa C), BS 6841 și tabelul 1.4, se poate constata pe baza informațiilor din figura 6.86 încadrarea sistemului în limitele normelor internaționale în vigoare ($0,68 \text{ m/s}^2$, respectiv $0,62 \text{ m/s}^2$).

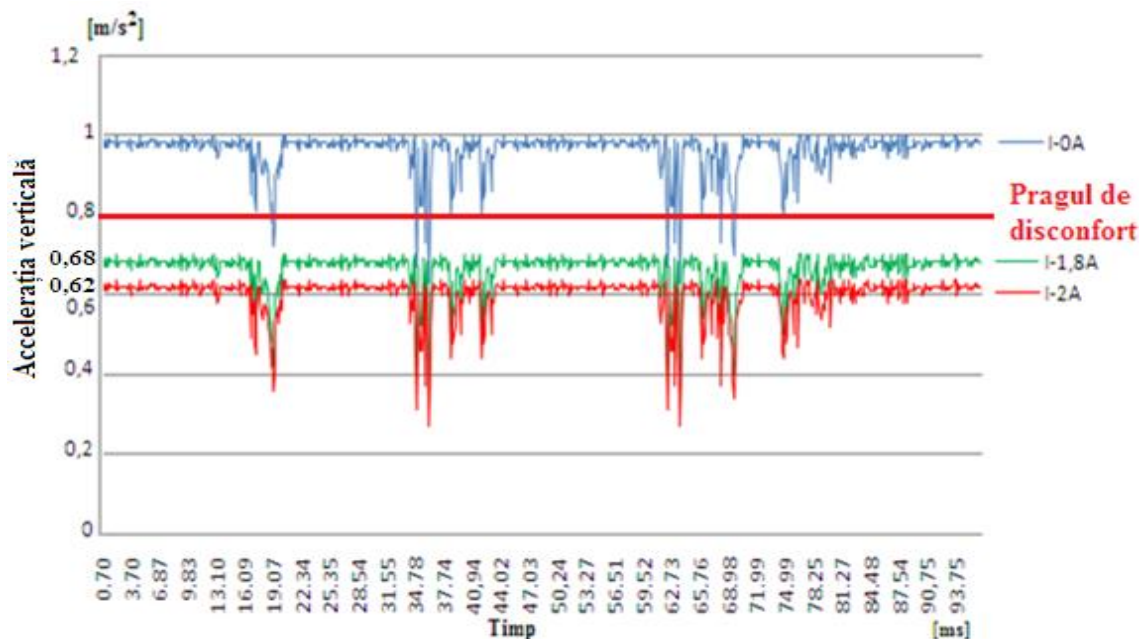


Figura 6.86. Influența intensității curentului de alimentare a bobinei asupra amplitudinii oscilației accelerației verticale

Oscilația accelerației a înregistrat o diminuare maximă de $0,36 \text{ m/s}^2$, la curentul de alimentare al amortizorului de $I = 2 \text{ A}$. Nivelul de disconfort s-a redus substanțial, devenind imperceptibil la această valoare a accelerației verticale.

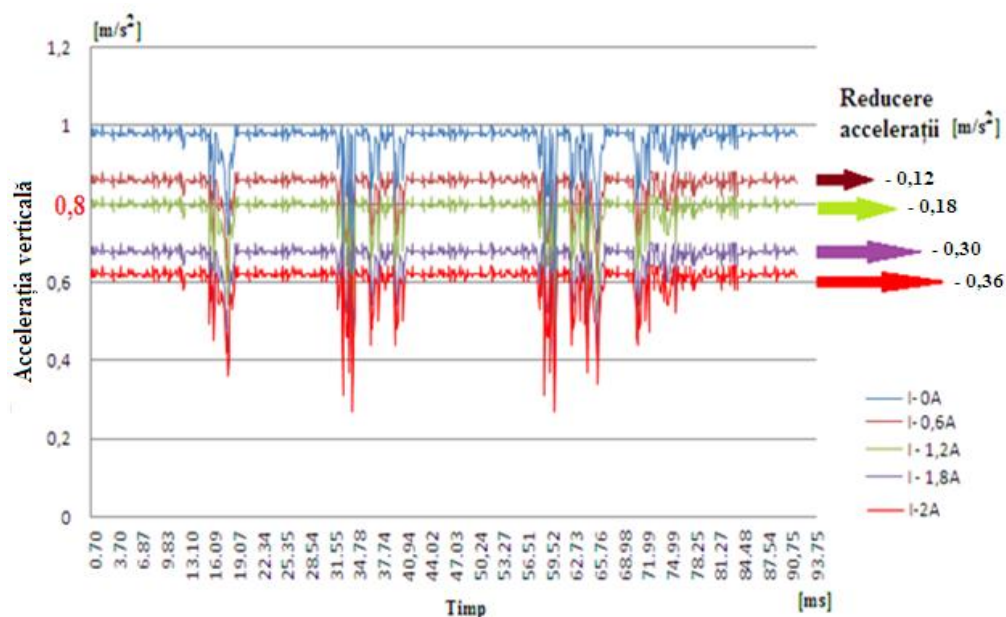


Figura 6.87. Variația amplitudinii accelerației șezutului scaunului, în funcție de mărimea curentului de alimentare a amortizorului

Ca urmare a cercetărilor realizate în laborator și a celor din mediul real, s-au putut identifica posibilitățile tehnice de reducere a amplitudinii oscilațiilor scaunului conducătorului auto, generate de drumurile accidentate. Se poate afirma că, sistemul de suspensie proiectat pentru scaun este capabil să reducă oscilațiile vibrațiilor verticale, în gama de frecvențe sensibile pentru organism. De asemenea, gradul de confort al conducătorului auto este menținut la un nivel corespunzător pe timpul deplasărilor în teren accidentat, prin alimentarea cu diferiți curenți a bobinei amortizorului. În figura 6.92 se prezintă proiectarea sistemului de suspensie conceput, pentru autovehiculele militare.



Figura 6.92. Suspensia magnetoreologică a scaunului

1-Senzor de accelerație; 2- conexiuni electrice; 3-amortizorul magnetoreologic; 4- sistem de fixare;
5- modulul electronic de comandă și control

CAPITOLUL 7

CONCLUZII FINALE ŞI DISEMINAREA REZULTATELOR

Concluzii finale

Studiile întreprinse pe modele fizice și virtuale, cu un aparat matematic, echipamente electronice, programe și tehnici de calcul modern, au condus la următoarele concluzii:

1. Ergonomia autovehiculelor trebuie să satisfacă nevoile de confort ale conducătorului de autovehicule, în concordanță cu normele ISO 2631, BS 6841, VDI 2057, MILSTD 1472 și Directiva CE 44/2002. În cazul autovehiculelor militare, confortul personalului are un nivel mai redus. Diferitele criterii, care permit aprecierea confortului țin cont de valoarea accelerației verticale transmisă organismului uman și frecvența oscilației acesteia. Referitor la vibrațiile transmise de la calea de rulare, se poate afirma că, elementele constructive ale scaunului influențează procesul de amortizare. Pentru optimizarea răspunsului în frecvență la vibrații al scaunului, se pot modifica atât parametrii suspensiei acestuia, cât și structura lui.
2. Pentru studiul comportării sistemului de suspensie al scaunului au fost necesare achiziții de date în mediul real. Echipamentele utilizate și procedurile adoptate, pentru achiziția datelor din teren, au fost stabilite pe baza unor proceduri specifice.
Senzorii destinați observării oscilațiilor accelerației verticale, la nivelul autovehiculului și scaunului conducătorului auto, au înregistrat valori ridicate ($>3 \text{ m/s}^2$), pentru toate zonele monitorizate.
3. Datele achiziționate despre valorile oscilației accelerației au fost înregistrate, în mod automat pe carduri de memorie tip SD, în format FAT 32, sub formă de text. În cazul datelor provenite de la sistemele GPS, acestea au fost scrise în format NMEA (GPS 1-10) și tip run (Speedbox).
4. Prelucrarea datelor înregistrate a fost realizată cu programul specific echipamentului Speedbox, care are integrat capacitatea de filtrare a semnalului de tip Kalman și prin transpunerea directă a acestora în Excel.

5. În urma analizei și prelucrării datelor au fost identificate regimurile periculoase ale oscilațiilor accelerației verticale, pentru organismul uman.
6. Analiza dinamicii sistemului de suspensie al scaunului necesită abordări teoretice și practice interdisciplinare: mecanică, fizică, informatică. La nivelul scaunelor de vehicule militare este necesar să se implementeze un sistem nou, capabil de a diminua oscilațiile periculoase pentru organism, în asemenea situații.
7. Dezvoltarea unui concept nou de suspensie pentru scaunul conducătorului auto a fost realizată astfel încât, șocurile și vibrațiile verticale să poată fi diminuate sub valoarea de disconfort ($a_z = 0,8 \text{ m/s}^2$). Sistemul de suspensie conceput a fost realizat prin utilizarea tehnologiei magnetoreologice.
8. Determinarea capacității de amortizare a scaunului a fost realizată prin utilizarea amortizorului magnetoreologic. Au fost identificate caracteristicile de răspuns ale acestuia, pentru situațiile reale de lucru. Pe baza caracteristicilor obținute și a strategiei de control necesare pentru funcționare, au fost stabilite cartogramele de reglaj.
9. Pentru funcționarea amortizorului a fost conceput modelul matematic de lucru al acestuia, care ține cont de masa conducătorului auto. Sistemul de control realizat are capacitatea de a ameliora confortul conducătorului auto, în raport cu nivelul de amortizare a oscilațiilor generate de drum. Forța de amortizare este în funcție de valoarea accelerațiilor verticale astfel încât, să se mențină un nivel de confort ridicat. În cazul accelerației verticale $a_z \leq 0,6 \text{ m/s}^2$ la nivelul scaunului se adoptă un curent $I = 0,6 \text{ A}$, iar pentru o accelerație $a_z > 1 \text{ m/s}^2$ curentul de alimentare este $I = 1,8 \text{ A}$. O amortizare medie se obține prin curentul $I = 1,2 \text{ A}$.
10. Modelarea virtuală a sistemului de suspensie al scaunului a fost realizată pe baza unei concepții originale. Astfel, a fost posibilă observarea comportamentului sistemului sub acțiunea diferitelor mase atașate scaunului ($m = 75, 85, 95, 105, 115, 125 \text{ Kg}$). Analizele întreprinse, au pus în evidență felul în care, accelerațiile verticale provenite de la un drum accidentat pot fi amortizate. Rezultatele au demonstrat capacitatea sistemului de amortizare magnetoreologic, prin utilizarea strategiei Skyhook, în comparație cu sistemul clasic, în reducerea vibrațiilor deranjante pentru organismul uman.

11. Evoluția parametrilor obținuți prin strategia de control, au condus la creșterea nivelului de confort, al persoanelor așezate în scaun.
12. Validarea sistemului de suspensie conceput pune în evidență eficacitatea acestuia în comparație cu cel clasic. Rezultatele obținute demonstrează un plus de eficiență de 36% , la un curent de $I = 2 \text{ A}$, în reducerea amplitudinilor oscilațiilor verticale. Acest lucru contribuie la creșterea gradului de confort oferit de autovehicul.

Diseminarea rezultatelor

În urma cercetărilor teoretice, cât și experimentale realizate, au fost obținute rezultate, care au fost publicate în 12 lucrări științifice, astfel:

Sinteză:

1. Lucrări indexate ISI: 4
2. Lucrări în BDI: 4
3. Lucrări în edituri internaționale: 1
4. Lucrări în volumele unor congrese științifice internaționale: 2
5. Lucrări în volumele unor congrese științifice naționale: 1

CAPITOLUL 8

CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Contribuțiile personale care au condus la realizarea sistemului de suspensie al scaunului și al tezei, au fost legate de cercetarea teoretică și experimentală, cât și cea software.

Contribuțiile teoretice fac referire la studiul aprofundat în domeniul: ergonomiei postului de conducere, al scaunelor de autovehicule, al factorilor care afectează confortul conducătorului auto. De asemenea, în domeniul fluidelor și echipamentelor reologice, al construcției, performanțelor și posibilităților de control a acestora. Astfel, au fost identificate și analizate diferite concepte tehnice electrice, mecanice și mecatronice, pentru conceperea și dezvoltarea sistemelor utilizate, în cercetări.

Contribuțiile software sunt legate de conceperea programului de achiziție și prelucrare a datelor în urma deplasării autovehiculului, dar și de funcționare și control a amortizorului magnetoreologic. De asemenea, a fost conceput un model de analiză virtuală a funcționării sistemului de suspensie magnetoreologică, cu control tip Skyhook.

Contribuțiile privind partea experimentală au condus la: conceperea strategiei de achiziție a datelor; dezvoltarea unui sistem de poziționare globală a autovehiculului (GPS 1-10); realizarea unui sistem variabil de generare a energiei, pentru alimentarea amortizorului magnetoreologic; dezvoltarea sistemului de comandă și control a amortizorului magnetoreologic; a unui sistem de fixare pentru standul de încercare electrohidraulic și unul pentru scaunul autovehiculului.

Direcții viitoare de cercetare

Complexitatea analizelor legate de factorii care influențează nivelul de confort, generează permanent noi abordări teoretice și experimentale, pentru realizarea unor noi soluții tehnice viabile.

Prezenta teză propune câteva soluții de urmat, în acest domeniu:

- * Implementarea Sistemului de Predictibilitate al Drumului.
- * Implementarea sistemului de diagnosticare a suspensiei scaunului prin magistrala CAN.
- * Implementarea unui model matematic complex pentru studiul comportării suspensiei magnetoreologice.

Bibliografie selectivă

- [1].Abdel-Malek K, Yong J., ş.a.,- *Towards Understanding the Workspace of the Upper Extremities*, SAE Technical Paper No. 2001-01-2095, USA, 2001.
- [2].Alder S, Friedrichs A, Blickhan R.,- *Analysis of Driver Seated Posture to Objectively Measure Long-term Discomfort*, Proceeding of 6th World Congress on Ergonomics, Maastricht, Nederland, 2006.
- [3].Ahmadian M, Seigler M., ş.a.,- *A Comparative Analysis of Air Inflated and Foam Seat Cushions for Truck Seat*, SAE Technical Paper No.2002-01-3108, 2001.
- [4].Ahmadian M, Baggs Christopher.,- *Safety of Effects of Operator Seat Design*, Large Commercial Vehicles, Final Report, Safety Idea Project 04, USA, 2005.
- [5].Ahn.S.J, Griffin.M.J.,- *Effects of Frequency, Magnitude, Damping and Direction on the discomfort of vertical whole-body mechanical shock*, Journal of Sound and Vibration Vol.311 (1-2), p.485-497, 2008.
- [6].Alahmer A, Abdelhamid M, Omar A.M.,- *Design for thermal sensation and confort states in vehicle cabin*, Journal of Applied Thermal Engineering, DOI: 10.1016/ j.applthemaleng. 2011.11.056, 2012.
- [7].Alem.N., - *Application of New ISO 2632-5 to Health Hazard Assessemnt of Repeated Shock in U.S. Army Vehicles*, USAARL, Alabama, USA, 2005.
- [8].Alem.N, Hiltz.E., ş.a, - *Evaluation of New Methology for Healt hazard Assessemnt of Repeated Shock in Military Tactical Ground Vehicles*, NATO – RTO Applied Vehicle Tehnology Symposium, Republic Czech, Prague, Paper No. 7, p.1-18, 2004.
- [9].Anand R, Vasudevan R., - *Semi-active Vibration Control of an 8x8 Armored Wheeled Platform*, International Journal of Vibration and Control, DOI:10.1177/1077546316638199, 2016.
- [10].Andreoni G., ş.a., - *Method for the Analysis of Posture Interfaces Pressure of Car Drivers*, Applied Ergonomics, Vol.33, p.511-522, London 2003.
- [11].Antonelli R.A, Costa L.C, ş.a.,- *Developement of Methodology Focused on the Improvement of Bath: Ergonomics and Comfort of Comercial Vehicle Seats*, 22th SAE Brasil International Congress and Display, DOI:10.4271/2013-36-0216, 2013.
- [12].Apetaur M, Buchta J., ş.a.,- *Actively Controlled Air Suspended Drivers Seat*, Laboratory to Tatra, Providing Ground, Vol.1(IV), p.6-18, 2010.
- [13].Apostolescu.N, Taraza.D.,- *Bazele cercetării experimentale a maşinilor termice*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1979.
- [14].Aramă Cornel.,- *Cercetări privind Posibilităţile de Ridicare a Performanţelor Vehiculelor de Destinaţie Specială*, Teză Doctorat, Universitatea Transilvania din Braşov, 2006.
- [15].Arne Lind.,- *Semiactive suspension systems using magneto-rheological fluids*, Norwegian Defence Research Establishment, FFI-rapport 2008/00895,1019, ISBN 978-82-464-1368-6, 2008.

- [30].Chiru Anghel,- *The Automobile and the Enviroment*, International Congress of Automotive and Transport Engineering CONAT 2010, Cambridge Scholars Publishing, Newcastle, U.K, 2011.
- [31].Chiru A, Ispas N.,- *The Automobile and the Enviroment*, International Congress of Automotive and Transport Engineering CONAT 2016, Springer, Switzerland, 2017.
- [32].Chiru Anghel,- *The International Congress of Automotive and Transport Engineering CONAT 2010*, Editura Universităţii Transilvania din Braşov, 2010.
- [33].Cho Younggun, Yoon Y.S.,- *Biomechanical Model of Human on Seat with Backrest for Evaluating Ride Quality*, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.27, p.331-345, 2001.
- [34].Choi H.S, No S., ş.a, - *Evaluation of Driver Discomfort and Postural Change Using Dynamic Body Pressure Distribution*, International Journal of Industrial Ergonomics Vol.35, p.1085-1096, 2005.
- [35].Choi S.B, Han Y.M.,- *Magneto-rheological Suspension for Vibration Control of Commercial Vehicle*, International Journal of Vehicle Design, Vol.31(2), p.202-215, 2003.
- [36].Conde C.E, ş.a, - *Generalized PI Control of Active Vehicle Suspension System with MATLAB*, DOI: 10.5772/23746, www.intechopen, 2011.
- [37].Corba.C.,- *Cercetări privind ameliorarea constructivă şi tehnologică a subansamblelor din suspensia autovehiculelor*, Teză Doctorat, Facultatea de Inginerie Managerială şi Tehnologică, Oradea, 2011.
- [38].Doma K.K, Babu V.S, ş.a.,- *A Review on Automotive Seat Comfort Design*, International of Engineering Research and Technology IJERT, Vol.4(4), 2015.
- [39].Dănescu Radu G.,- *Tehnici de viziune artificială în timp real bazate pe estimări probabilistice*, Teză Doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de Automatică şi Calculatoare, Cluj-Napoca, 2014.
- [40].De Loze M.P, ş.a.,- *Sitting Comfort and Discomfort and Relationship with Objective Measures*, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.46(10), p.985-997, 2003.
- [41].Ding Faqian.,- *Dynamics of Tracked Armored Vehicle Suspension System*, National Defence Industry Press, Beijing, 2004.
- [42].Dixon J.C.,- *The Shock Absorber Handbook*, 2nd Edition, Professional Engineering, John W& Sons Ltd., ISBN 978-0-470-51020-9, London, 2007.
- [43].Dhingra H.S, Tewari V.K, Singh R.S.,- *Discomfort Pressure Distribution and Safety in Operators Seat- A Critical Review*, Journal of International Engineering, Vol.5, p.1-16, 2003.
- [44].Dobre A, Vasiliu N, Andreescu N.Cristian.,- *Experimental Researches on the Magneto-Rheological Dampers Response to the Control Parameters*, International Congress of Automotive and Transport Engineering CONAT 2016, Braşov, Spriger p.243-250, eISBN 978-3-319-45447-4, 2016.
- [45].Dogariu.M., - *Ergonomia autovehiculelor*, Editura Universităţii Transilvania, Braşov, 2010.
- [120].Memnel A, Berberich A.,- *Variable Damping-One Solution for Solving the Conflict Between Driving Safety and Comfort for Comercial Vehicle*, 8th SAE Brasil International Suspension and Trailer Colloquium & Engineering Exhibition, DOI:10.4271/2014-36-0001, 2014.

- [121]. Michael Megiveran.,- *How Body Pressure Distribution Can Map Soldier Comfort*, International Journal of Passenger Cars: Mechanical Systems, Vol.4(1), p.605-610, SAE; DOI: 10.4271/2011-01-0803, 2011.
- [122]. Min-Sang S, Choi S.B, Sung K.G.,- *Control Strategie for Vehicle suspension System Featuring Magnetorheological Damper*, INTECH, ISBN 978-953-307-433-7, p.97-114, 2011.
- [123]. Mitroi M.F, Cerbu C.,- *Experimental research on the use of MRD to reduce shocks and vibrations in the light car seats*, International Congres of Automotive and Transport Engineering, AMMA, Cluj-Napoca, Springer, DOI: 10.1007/978-3-319-94409-8_19, 2018.
- [124]. Mitroi M.F., Tudor C, Turcanu I.,- *Virtual determinations and analyzes on the influence of the MRD magnetic field from the vehicle structure, in assessing the passenger confort during travel*, International Congres of Automotive and Transport Engineering, AMMA, Cluj-Napoca, Springer, DOI: 10.1007/978-3-319-94409-8_12, 2018.
- [125]. Mitroi M, Chiru A.,- *Reserch on optimization of test cycles for confort to the special vehicles*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol.252, Bristol, U.K, Doi: 10.1088/1757-899x/252/1/012036, 2017.
- [126]. Mitroi M, Tudor C.,- *System for collecting and aquiring the dynamic parameters of special vehicles for displacement in special conditions*, The 11th International Congress of Automotive and Transport Engineering, CAR 2017, Editura Universităţii din Piteşti, Nr.28, ISSN 1453-1100, 2017.
- [127]. Mitroi M, Chiru A.,- *Concept regarding functioning and monitoring of the M.R. systems*, Proceeding of 12th ZASTR, Zilele Academiei de Ştiinţe Tehnice din România, Constanţa, 2017.
- [128]. Mitroi Marian.,- *The implication of the random vibrations generated by rough route*, Lambert Academic Publishing, ISBN 978-620-2-02749-6, Berlin, Germany, 2017.
- [129]. Mitroi M, Chiru A.,- *Analysis of the Comfort of the Seats Used in Light Military Vehicles*, The 12th International Congress of Automotive and Transport Engineering CONAT, Braşov, Springer, ISBN 978-3-319-45446-7, Vol.1, DOI 10.1007/978-3-319-45447-4, 2016.
- [130]. Mitroi M, Chiru A.,- *Equipment and Methods Used for Assessment of the Vehicle's Systems Vibrations on Rough Terrain*, The 12th International Congress of Automotive and Transport Engineering, CONAT, Braşov, ISSN 2069-0401, Tansilvania University Press, 2016.
- [131]. Mitroi Florin Marian.,- *Considerations Regarding the Influence of Random Vibration Induced by Vehicle and Human Body Raceway*, Conferin a Interna ională multidiscplinară - "Profesorul Dorin PAVEL - fondatorul hidroenergeticii româneşti" Sebeş - Alba, Revista Ştiinţă şi Inginerie, Vol.29(91), ISSN 2067-7138 eISSN 2359 - 828X, 2016.
- [132]. Mitroi M, Chiru A.,- *Neodymium Magnets Suspension for Mechanical System of the Vehicle*, The 1th International Conference Experimental Mechanics in Engineering EMECH, Braşov, Acta Technica Corviniensis, 2016 Fascicule 4, ISSN 2067-3809, 2016.
- [133]. Mitroi M, Aramă C.,- *The Implication of Random Vibration Generated by Rough and Hardly Accessible Trails on Military Body*, International Conference Scientific Research and Education in the Air Force, Vol.1, ISSN-ISSN-L 2247-3173, DOI: 10.19062/2247-3173.2016.18.1.47, 2016.

- [134]. Aramă C, **Mitroi M.**, Aramă L, Aramă M.,– *Considerations Regarding the Improvement of the Military Driver’s Seat Comfort for the Military Special Intervention Vehicles*, International Conference Scientific Research and Education in the Air Force, Vol.1, AFASES, Braşov, ISSN-ISSN-L 2247-3173, Vol.1, DOI: 10.19062/2247-3173.2016.18.1.40, 2016.
- [135]. **Marian Mitroi.**,– *Scaun militar ergonomic cu protecție balistică / Military ergonomic seat with ballistic protection*, C&I Braşov, ISSN-2067- 3086, Revista Şcolii Doctorale, Editura Universităţii Transilvania, Vol. 7, Nr.7, 2015.
- [136]. **Marian Mitroi.**,– *Sistem hydraulic de pre-coliziune/Hydraulic pre collision system*, C&I Braşov, ISSN-2067- 3086, Revista Şcolii Doctorale, Editura Universităţii Transilvania, Vol. 7, Nr.7, 2015.
- [137]. **Mitroi M**, Aramă C.,– *On Board Diagnosis Implication on the Viability of Military Patrol and Intervention Vehicles*, International Conference Scientific Research and Education in the Air Force, Vol.1, AFASES, Braşov, ISSN-ISSN-L 2247-3173, Vol.1, 2014.
- [138]. **Mitroi Marian Florin.**,– *Cric hidraulic auto cu ac ionare rapidă/Auto hydraulic jack with rapid action*, C&I Braşov, ISSN-2067- 3086, Revista Şcolii Doctorale, Editura Universităţii Transilvania, Vol.6, Nr.6, 2014.
- [139]. **Mitroi M**, Bobescu Ghe.,– *Influența reviziilor tehnice ale autovehiculelor de intervenție rapidă în preîntâmpinarea efectelor negative asupra motoarelor*, ATIC, Chişinău, ISBN 978-9975-4448-4-2, Editura Evrica, 2013.
- [140]. **Mitroi M**, Bobescu Ghe.,– *Siguranța și traumatologia rutieră.Proceduri de intervenție ale forțelor M.A.I. în cazul accidentelor majore*, ATIC, Chişinău, ISBN 978-9975-4448-4-2, Editura Evrica, 2013.
- [180].Reed M.P, Ebert S.M.,– *The Seated Soldier Study: Posture and Body Shape in Vehicle Seats*, University of Michigan Transportation Research Institute, 2013.
- [181].Reynolds Mac.,– *Objective seating comfort scores for auto seat design*, ERL LLC, 2012.
- [182].Rinkelman B, Song W.,– *Measuring Vibration Characteristic in Seating*, SAE 2016 World Congress and Exhibition, DOI:10.4271/2016-01-1313, 2016.
- [183].Roşca C.I.,– *Vibrații mecanice*, Editura Infomarchet, Braşov, ISBN 973-8204-24-0, 2002.
- [184].Rugh P.J, Bharathan D.,– *Predicting Human Thermal Comfort in Automobiles*, Vehicle Thermal Management Systems Conference & Exhibition, DOI:10.4271/2005-01-2008, 2005.
- [185].Rutkowski P.,– *Thermal Comfort Modeling of Comfort Automotive Seats*, International Journal Passenger Cars-Mechanical System, Vol.3(1), p. 523-532, DOI: 10.4271/2010-01-0552, 2010.
- [186].Sado D.,– *Nonlinear dynamics of a non-ideal autoparametric system with MR damper*, Journal of Shock and Vibration, Vol.20, P.1065-1072, 2013.

- [187].Sathishkumar P, Jancirani J., ş.a.,- *Mathematical Modelling and Simulation Quarter Car Vehicle Suspension*, International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology, IJRSET, Vol.3(1), ISSN 2347-6710, 2014.
- [188].Satou Y, Ando H, Ishitake T.,- *Effects of Short Term Exposure to Whole Body Vibration on Wakefulness*, Proceeding to 1th American Conference of Human Vibration, p.70-71, DHHE – NIOSH, USA, 2006.
- [189].Savaresi S, Spelta C.,- *A Single Sensor Control Strategy for Semi-Active Suspension*, IEEE Transaction on Control System Technology, Vol.17(1), p.143-152, 2009.
- [190].Seidel H.,- *On the Relationship Between Whole Body Vibration Exposure and Spinal Health Risk*, International Journal of Industrial Health, Vol.43(3), p.361-377, 2005.
- [191].Sezgin A, Arshan Y.Z.,- *Analysis of the Vertical Vibration Effect on Ride Comfort of Vehicle Driver*, Journal of Vibroengineering, Vol.14(2), ISSN 1392-8716, 2012.
- [192].Siefert A.,- *Occupant Comfort-A mixture of Joint Angles, Seat Pressure and Tissue Loads*, SAE 2016 World Congress and Exhibition, DOI:10.4271/2016-01-1438, 2016.
- [193].Seigler M, Ahmadian M.,- *Evaluation of Alternative Seating Technology for Truck Seats*, Heavy Vehicle System, Vol.10(3), p.188-208, 2003.
- [194].Shen Y, Golnaraghi M.F, Heppler G.R.,- *Load Leveling Suspension System with a Magnetorheological Damper*, Vehicle System Dynamics, Vo.45(4), p.297-312, 2007.
- [195].Shin S, Lee S, Go B.,- *Study of Vehicle Seat Vibration Characteristics Through Sensitivity Analysis*, SAE 2014 World Congress & Exhibition, DOI:10.4271/2014-01-0032, 2014.
- [196].Singh P, Raina S., ş.a.,- *Effect of Fabric Type and Construction on Automotive Seating Comfort*, SAE 2013 World Congress & Exhibition, DOI:10.4271/2013-01-0654, 2013.
- [197].Sireşteanu T, Stăncioiu D, Stammers C.W.,- *Driver Seat Semi-Active Vibration Control*, SISCOM, 2002.
- [198].Smith D.R, Andrews D.M, Warwraw P.T., - *Development and Evaluation of the Automotive Seating Discomfort Questionnaire ASDQ*, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.36, p.141-149, 2006.
- [199].Solaz J.S, Page A., ş.a.,- *Functional Data Analysis as a Tool to Find Discomfort Evolution Patterns in Passenger Car Seats*, SAE Technical Paper No.2006-01-1296, USA, 2006.
- [200].Soliman A.M, Kaldas M.M.S, ş.a.,- *Fuzzy Skyhook Control for Active Suspension System Applied to a Full Vehicle Model*, International Journal of Engineering and Technology Innovation, Vol.2(2), p.85-96, 2012.
- [249]. <http://www.lordmrstore.com/lord-mr-products>
- [250]. https://www.nmea.org/content/nmea_standards/nmea_0183_v_410.asp
- [251]. <http://www.stratos.com.au/Page/defence-and-military-seats>
- [252]. <http://www.tekmilitaryseating.co.uk/protek-driver-commander-seats/c/3>

REZUMAT/ABSTRACT

SOLUȚII TEHNICE PENTRU AMELIORAREA CONFORTABILITĂȚII POSTULUI DE CONDUCERE AL VEHICULELOR MILITARE

Rezumat: Teza de doctorat cu titlul "Soluții tehnice pentru ameliorarea confortabilității postului de conducere al vehiculelor militare", realizează un studiu aprofundat asupra unor soluții moderne destinate echipării autovehiculelor militare și nu numai, în vederea obținerii unui grad de confort sporit, în timpul deplasării pe drumuri foarte accidentate. Au fost analizate efectele vibrațiilor asupra corpului uman sub diferite aspecte. În acest sens au fost realizate achiziții de date din mediul real, prin utilizarea unor echipamente concepute de autor, dar și altora, specifice acestor activități. Soluția adoptată pentru sistemul de suspensie al scaunului este atent analizată prin multiple încercări de laborator și analize virtuale. Strategia de control a funcționării sistemului de suspensie este analizată și modelată în AMESim, ulterior implementată în sistemul de control realizat de autor.

Contribuții personale: Stabilirea unei strategii pentru achiziția datelor din mediul real; Realizarea unui echipament electronic capabil să pună în evidență coordonatele de deplasare ale vehiculului; Proiectarea și realizarea unui echipament pentru controlul alimentării amortizorului; Proiectarea și realizarea unui sistem de comandă și control al funcționării amortizorului magnetoreologic; Dezvoltarea unui program de funcționare pentru sistemul de comandă și control al amortizorului; Simularea comportării modelului virtual în condițiile deplasării autovehiculului pe drumuri foarte accidentate.

TEHNICAL SOLUTIONS FOR IMPROVEMENT THE COMFORT OF DRIVING POSITION OF THE MILITARY VEHICLES

Abstract: The doctoral thesis titled "Technical Solutions for Improving the Comfort of the Military Vehicles" provides a thorough study of some modern solutions intended equipping military vehicles and not only, in order to obtain a high degree of comfort while traveling on very rough roads. The effects of vibrations on the human body have been analyzed under different aspects. For this purpose, real-time data acquisition was made using equipment designed by the author, but also to others specific to these activities. The solution adopted for the seat suspension system is carefully analyzed by multiple laboratory tests and virtual analyzes. The control strategy for the suspension system functioning is analyzed and modeled in AMESim, subsequently implemented in the control system realized by author's.

Personal contributions: Establishing a strategy for the acquisition of real-time data; Carrying out an electronic equipment capable of highlighting the vehicle's travel coordinates; Design and construction of a device for controlling the supply of the shock absorber; Design and realization of a system for comand and control of the operation of the magnetoreological damping; Development of an program for the damper comand and control system; Simulation of the virtual model behavior while driving the vehicle on very rough roads.

Curriculum Vitae

INFORMAȚII PERSONALE

MITROI MARIAN-FLORIN



ALEEA FLORILOR BI. DS 25 /11, CERNAVODĂ, 905200



+40 788 117078



ejju_marian@yahoo.com

EXPERIENȚĂ PROFESIONALĂ

2013 – prezent	Colaborator – Universitatea "OVIDIUS" din Constanța Facultatea de Inginerie Mecanică - Specializarea Autovehicule Rutiere
1996 – prezent	Cadru militar activ specialist
2006 – prezent	Membru al Societății Inginerilor de Autovehicule din România (SIAR)
2016 – prezent	Membru al Asociației Generale a Inginerilor din România (AGIR)

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

2018	Curs Postuniversitar – Psihopedagogie - Universitatea Ovidius din Constanța
2015	Curs Specializare - Managementul și Negocierea Conflictelor Universitatea Națională de Apărare
2014	Curs Specializare - Securitate și Apărare Europeană Universitatea Națională de Apărare
2013 - 2018	Doctorand – Universitatea Transilvania din Braşov
2011 - 2013	Masterat – Universitatea Ovidius din Constanța
2006 - 2010	Facultatea de Inginerie Mecanică – Autovehicule Rutiere Universitatea Transilvania din Braşov

INFORMAȚII SUPLIMENTARE

Publicații	Cărți: 1 - Lambert Academic Publishing - Berlin- GERMANY, ISBN 978-620-2-02749-6, 2017. Lucrări științifice: 13 (ISI, BDI), 5(B+)
------------	---

Curriculum Vitae

PERSONAL INFORMATION

MITROI MARIAN-FLORIN



PROFESSIONAL EXPERIENCE

2013 – present	Collaborator - "OVIDIUS" University of Constanta Faculty of Mechanical Engineering - Specialization of Motor Vehicles
1996 – present	Military specialist
2006 – present	Member of Automotive Engineering Society of Romania (SIAR)
2016 – present	Member of General Engineering Association of Romania (AGIR)

EDUCATION AND TRAINING

2018	Postgraduate Course - Psychopedagogy
2015	Specialization Course - Conflict Management and Negotiation National Defense University
2014	Specialization Course - European Security and Defense National Defense University
2013 - 2018	PhD - Transilvania University of Brasov
2011 - 2013	Master - Ovidius University of Constanta
2006 - 2010	Faculty of Mechanical Engineering - Autovehicles Engineering Transylvania University of Brasov

SUPLIMENTARY INFORMATIONS

Publications	Books: 1 - Lambert Academic Publishing - Berlin- GERMANY, ISBN 978-620-2-02749-6, 2017. Scientific papers: 13 (ISI, BDI), 5(B+)
--------------	---

CONTENTS

NOTAȚII ȘI UNITĂȚI DE MĂSURĂ	vii	
LISTA DE ABREVIERI	viii	
PREFAȚĂ	1	
INTRODUCERE	2	
	Pag.	Pag.
	Teză	Rez.
Chap.1. General aspects regarding of ergonomics and vehicles comfort	5	10
1.1. Considerations on the vehicle ergonomics	5	10
1.1.1. Ergonomics	5	
1.1.2. Anthropometry and ergonomics of the driving position	6	
1.2. Confort of the cars	11	10
1.2.1. Criteria used to assess the vehicle comfort	13	
1.2.2. Factors that influencing the comfort	17	
1.2.3. Effects of the vibrations on the Human Body	19	
1.3. Researchs on the seats comfort	21	11
1.3.1. Evolution of seats for occupants of vehicles	21	
1.3.2. Directions and research strategies for seats	22	
1.4. Conclusions	24	11
Chap.2. The objectives of the thesis	25	12
Chap.3. Modele de scaune	28	13
3.1. Construction solutions of the seats, for special vehicles	28	13
3.2. Suspension systems for seats	31	13
3.2.1. Passive suspension system	31	
3.2.2. Suspension pneumatic system	33	
3.2.3. Active suspension system	34	
3.2.4. Semi-active suspension system	36	
3.3. The damper with magnetoreological fluid	39	15
3.3.1. General considerations of the rheological system	40	
3.3.2. Adapting rheological dampers to seat suspensions	45	
3.4. Electronic control and comand systems for damper	47	17
3.4.1. Aquiring and controll systems	48	
3.4.2. Integration of components into the comand and control system	52	
3.5. Conclusions	54	18

Cap. 4.	Mathematical models for studying the seat suspensions	55	19
	4.1. Linear models used in suspension analysis of the vehicle	55	19
	4.2. Transmission of vibrations from the road	58	20
	4.2.1. The road	58	
	4.2.2. The vibrations transmissibility	62	
	4.3. The mathematical model of the seat suspension	67	21
	4.4. Control of the operation of the magnetoreological damper	69	23
	4.5. Conclusions	71	23
Cap. 5.	Equipment, techniques and procedures used for data acquisition and processing	72	24
	5.1. Transducers	73	
	5.1.1. General Considerations for Transducers	73	
	5.1.2. Transducers for measuring accelerations and vibrations	77	
	5.2. Amplifiers and signal filters	79	
	5.2.1. Operational signal amplifiers	79	
	5.2.2. Passive signal filters	82	
	5.2.3. Kalman filter	85	
	5.2.4. Butterworth filter	90	
	5.3. Equipment used for field data acquisition	92	25
	5.4. Procedures and programs used in data acquisition and processing	99	26
	5.4.1. Procedures for in land datas acquisition	99	
	5.4.2. Programs for data acquisition and processing	104	
	5.5. Equipment used for laboratory testing	108	28
	5.6. Conclusions	111	28
Cap. 6.	Analysis of data recorded on physical and virtual models	112	30
	6.1. Road-comfort correlations	112	30
	6.1.1. Road features	112	
	6.1.2. Analysis of car body oscillation characteristics	115	
	6.2. Assessing the influence of road characteristics on passenger comfort	117	32
	6.3. Testing the magnetoreological damper	127	33
	6.4. Simulating the driver's seat suspension	143	36
	6.4.1. Features of virtual modeling with AMESim program	143	
	6.4.2. Modeling the damper system	146	
	6.5. PID model for magnetoreological damper	149	38

6.6.	The modeling the seat suspension solution	153	39
6.7.	Evaluation of the experimental model	163	40
6.8.	The characteristics and performance of the seat's magnetoreological system	165	
6.9.	The validation of proposed system	169	
6.10.	Conclusions	177	
Cap. 7.	Final conclusions, personal contributions and dissemination of results	178	
7.1	Realised stages	178	44
7.2	Final conclusions	179	44
7.3	Dissemination of results	182	46
Cap. 8.	Personal contributions and future research directions	184	47
8.1	Personal contributions	184	47
8.2	Future research directions	186	47
	8.2.1. Implementing the road rredictability system	186	
	8.2.2.Implementation of the seat suspension diagnostic system via CAN Bus	187	
	8.2.3.Implementation of a complex mathematical model for the study of magnetoreological suspension behavior	188	
	BIBLIOGRAPHY	189	48
	ABSTRACT	205	53
	CURRICULUM VITAE	212	54