



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2016

CONSIDERAȚII PRIVIND INFLUENȚA VIBRAȚIILOR ALEATOARE INDUSE DE VEHICULE ȘI CALEA DE RULARE ORGANISMULUI UMAN

Marian Florin MITROI

CONSIDERATIONS REGARDING THE INFLUENCE OF RANDOM VIBRATIONS INDUCED BY VEHICLES AND HUMAN BODY RACEWAY

The Comfortability of modern vehicles is one of the most important attributes that each of buyers who want the highest possible level, increasingly more. Comfort depends on a number of external factors (raceway, damping system, insulation/soundproofing) and internal (air conditioning system, interior space, comfortability seats).

Isolation of vibration of the rails and vehicle body structure is the most important aspect in reducing the destructive effects of the spine - the main area affected, and the degradation of the muscular system, nervous, on the go. Seat level vibration perception is different from the front to the rear because of the different construction and equipment.

Keywords: random vibration, body, magnetorheological damper

Cuvinte cheie: vibrații aleatoare, organismul uman, amortizor magnetoreologic

1. Introducere

Confortul reprezintă o caracteristică subiectivă a unei stări percepute de factorul uman, greu de măsurat și interpretat. Scaunul șoferului este un subansamblu din componența fiecărui autovehicul, în

care conducătorul auto își petrece foarte mult timp și are o importanță majoră în asigurarea confortului acestuia.

Vibrațiile resimțite de către conducătorul de autovehicul, prin intermediul scaunului pe timpul deplasărilor reprezintă în fapt aprecierea nivelului de confort oferit de către acesta.

De-a lungul timpului au fost elaborate și dezvoltate o multitudine de modele și structuri de scaune, care au ridicat valoarea confortabilității oferite, dar care au redus semnificativ și nivelul vibrațiilor percepute de factorul uman pe timpul deplasărilor. Nivelul vibrațiilor și influența acestora asupra diferitelor zone și organe ale corpului uman au fost stabilite de către diferiți autori [1, 2] și în baza lor s-au creat standarde de referință precum: ISO 2631, VDI 2057, BS 6841. Totuși nivelul de vibrații perceput, cât și modul în care acestea se resimt la nivelul fiecărui individ este o caracteristică subiectivă, ce ține de o multitudine de factori, precum: sex, vârstă, temperament, forma, structura și facilitățile scaunului, timpul condus etc.

2. Vibrațiile aleatoare

Vibrațiile mecanice de tip aleator apar în cazul autovehiculelor la trecerile peste denivelări ale carosabilului, la parcurgerea unor terenuri accidentate, cu gropi sau/și greu accesibile, drumuri acoperite cu piatră spartă.

Vibrațiile aleatoare pot fi analizate și înțelese luând în observație cele două aspecte principale: cele generate de calea de rulare și cele retransmise de structura autovehiculului.

Calea de rulare reprezintă principalul factor generator de vibrații pentru autovehicule și implicit pentru personalul acestora, pe timpul deplasării. Pe lângă vibrațiile transmise, calea de rulare are o influență majoră și asupra deplasării în sine, ceea ce implică: viteza de deplasare, stabilitatea longitudinală și transversală a autovehiculului, oboseala psihică indusă conducătorului auto, cât și a celorlalți pasageri, dar și asupra viabilității autovehiculului în întregul său ansamblu.

Vibrațiile aleatoare sunt transmise prin intermediul sistemului pneu-roată (figura 1) către sistemul de amortizare al autovehiculului, format din arc și amortizor vâscos, care le retransmite într-o formă mai redusă structurii de rezistență a autovehiculului, iar aceasta către scaun.

Denivelările căii de rulare creează șocuri asupra roții, acestea fiind transformate în oscilații cu frecvențe mai reduse prin intermediul pneului și al suspensiei.

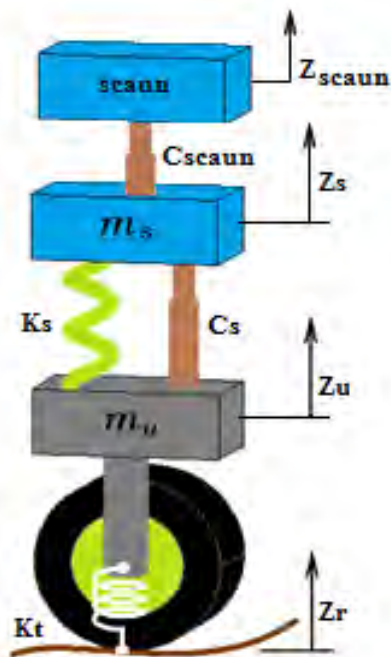


Fig.1 Transmiterea vibrațiilor aleatoare prin stemul pneu-roată [3]
unde: Z_r, Z_u, Z_s = vibrațiile aleatoare;
 K_t, K_s = factori de amortizare mecanică; m_u, m_s = masele suspendate aflate în mișcare

În cazul deplasărilor pe un carosabil amenajat putem considera cu aproximație că, perturbațiile generate de neregularitățile căii de rulare pot varia după o lege apropiată de cea periodică.

Pe de altă parte, deplasările pe drumuri forestiere, de carieră sau în porțiuni cu neregularități pronunțate pe toată lungimea, perturbațiile sunt aleatoare și prezintă valori ridicate ale amplitudinilor sale.

Profilul căii de rulare este caracterizat de dimensiunile (l, h) și forma acestuia, de

succesiunea și frecvența neregularităților.

Realizând o analiză simplă a acestuia putem observa:

Dacă luăm în considerare că profilul neregularităților este sinusoidal, ecuația profilului căii de rulare este de forma:

$$h = \frac{1}{2} h_0 (1 - \cos \omega t) \quad (1)$$

unde:

$$\omega = 2\pi v/l \quad \text{pulsăția perturbatoare} \quad (2)$$

v = viteza de deplasare a autovehiculului; l = lungimea denivelării.

Dacă profilul neregularităților este semi-sinusoidal, ecuația profilului căii de rulare este de forma:

$$h = h_0 \sin \omega t \quad \text{unde: } \omega t \in [0, T] \quad (3)$$

Totuși, acțiunea drumurilor asupra autovehiculelor poate fi observată pe baza cunoașterii caracteristicilor statice ale profilelor acestora.

În situația în care profilul căii de rulare este mai complicat și nu poate fi descris printr-o funcție armonică simplă, se folosesc funcțiile periodice exprimate prin *serii Fourier* de forma:

$$h(t) = b_0 + b_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + b_2 \sin(\omega t + \varphi_2) + \dots + b_n \sin(\omega t + \varphi_n) \quad (4)$$

unde: $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ = amplitudinile componentelor armonice; ω = pulsația perturbatoare

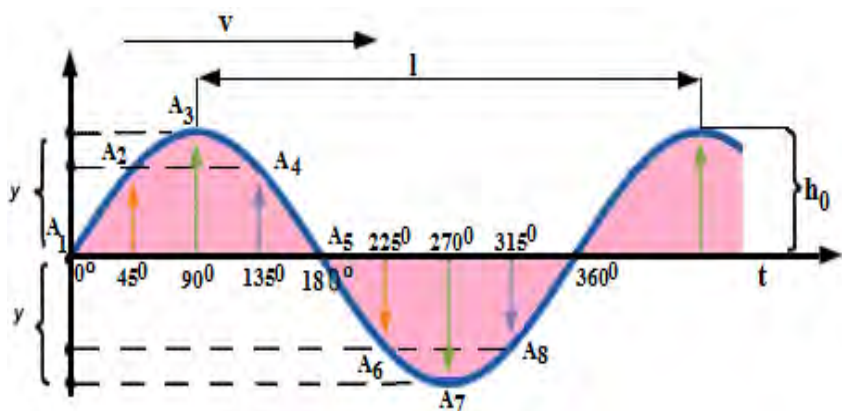


Fig. 2 Profilul sinusoidal al drumului și reprezentarea amplitudinilor [3]
 y = mărimea frontului de undă = A – amplitudinea; A_3 = amplitudinea maximă pozitivă; A_7 = amplitudinea maximă negativă

În realitate, interacțiunea dintre roata autovehiculului și calea de rulare are un profil aleator, funcția $h(t)$ putând fi exprimată prin relația:

$$h(t) = \int_0^{\infty} b \sin(\omega t + \varphi) dt = \int_0^{\infty} b e^{i\omega t} d\omega \quad (5)$$

Această expresie matematică permite caracterizarea acțiunii căii de rulare asupra autovehiculului pe baza proprietăților sale statice.

Confortabilitatea scaunului fiind o caracteristică ce implică direct sistemul de amortizare a vibrațiilor, a fost abordată în diferite moduri de către firmele constructoare de scaune, dar și de diverși cercetători din domeniul ergonomiei, care au demonstrat că această caracteristică trebuie aprofundată luând în considerare formele anatomice ale conducătorilor auto și necesitățile acestora în raport cu autovehiculul.

Principalele elemente structurale cu rol în amortizarea vibrațiilor sunt: sistemul de prindere și amortizare față de structura portantă a autovehiculului, perna și spătarul scaunului.

Datorită domeniului foarte larg al amplitudinilor și frecvențelor vibrațiilor preluate de către scaun, structura pernei și spătarului nu oferă suficiente proprietăți de atenuare a acestor vibrații.

Conform [2], perna scaunului asigură o micșorare a frecvenței proprii a vibrațiilor verticale de până la 2,5 Hz față de vibrațiile transmise prin structura caroseriei.

De asemenea utilizarea unei structuri de susținere a scaunului de tip elastic, realizează o vibroizolare îmbunătățită.

Factorii care concură în aprecierea calității diferitelor soluții constructive de scaune pentru autovehicule sunt:

- determinarea parametrilor mișcării vibratorii a scaunului;
- deplasarea și viteza de deplasare a autovehiculului;
- accelerația și viteza de variație a accelerației.

Vibrațiile transmise vertical prin intermediul scaunului corpului uman au cea mai mare importanță spre analiză și cercetare, deoarece ele provoacă distrugerii la nivelul structurii coloanei vertebrale în primul rând, iar în al doilea rând degradări ale sistemului muscular și vegetativ, prin modificările aduse fluxului sanguin.

3. Influențele vibrațiilor asupra organismului uman

Limitele exacte pentru siguranța și eficiența omului în activitatea sa sunt practic imposibil de indicat datorită subiectivismului fiecărui individ.

Reprezentarea din figură (figura 3) poate fi utilizată cu succes la analiza frecvențelor joase și la nivele coborâte ale oscilațiilor. Pe baza acestui sistem s-a studiat răspunsul corpului uman la efectul șocurilor și oscilațiilor, al diferite frecvențe pentru pozițiile în picioare și așezat, poziții specifice autovehiculelor [4].

Valorile de rezonanță ale corpului sunt diferite pentru fiecare parte a sistemului, conform studiilor lui Rasmunssen.

Cercetările experimentale au demonstrat că organismul uman datorită construcției sale anatomice, tolerează mai bine vibrațiile în direcția vederii decât cele laterale. Sensibilitatea organismului uman este ridicată de la picioare spre cap, la vibrațiile din gama 4 – 8 Hz, iar pe direcție orizontală în gama de frecvențe 1 – 2 Hz. Atenuarea în cazul poziției verticale, de la picioare la cap este de 30 dB, de la mâini

la corp în cazul acționării volanului este de 40 dB, iar în cazul acționării manetelor schimbătoare este în jurul valorii de 35 dB.

Luând în considerare parcurgerea unor trasee cu teren accidentat, cu profunde neregularități, în care deplasările se realizează în perioade mai lungi de timp, putem înțelege că expunerile la oscilațiile generate de traseu sunt foarte importante și trebuie atent evaluate spre a se observa nivelul de nocivitate asupra corpului uman.

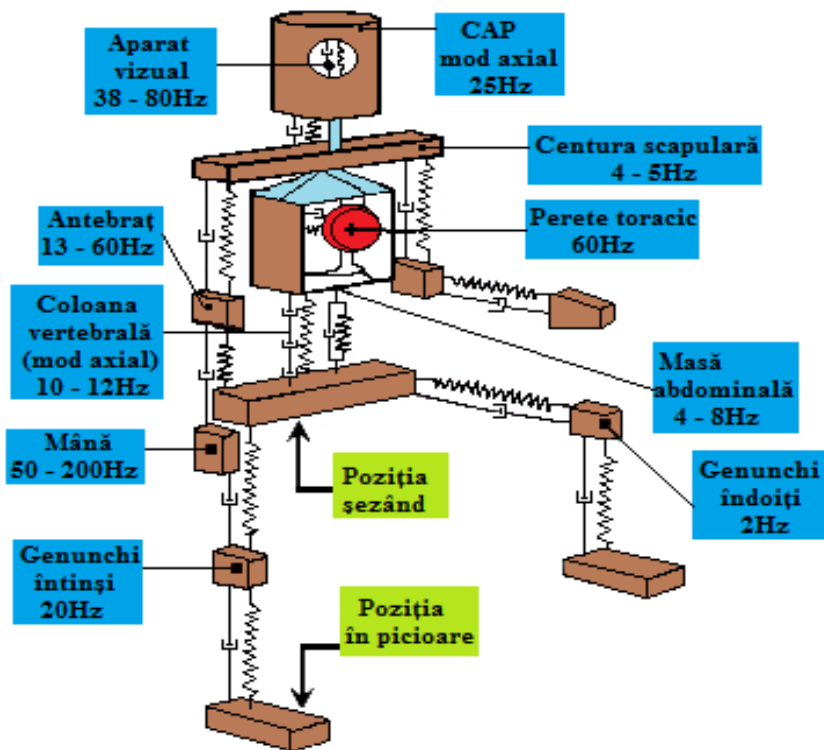


Fig. 3 Valori de rezonanță ale organismului uman

Pentru a studia răspunsul factorului uman la acțiunea vibrațiilor asupra sa trebuie să se țină seama și de modul de transmitere al acestora.

Se întâlnesc următoarele situații:

- vibrații transmise simultan întregii suprafețe a corpului uman sau unei mari părți a acestuia;

- vibrații transmise corpului prin suprafețe de sprijin (cazul autovehiculelor);

- vibrații transmise prin anumite părți ale corpului: cap, mâini, picioare de către rezemători sau sistemele de acționare.

Limitele expunerii la vibrații se stabilesc diferit, în funcție de criteriul ales: pentru menținerea confortului; pentru conservarea randamentului activității; pentru conservarea sănătății și securității.

Efectele vibrațiilor și șocurilor asupra corpului uman pot fi privite sub diferite aspecte:

- *efectul fizic* – apare ca urmare a interferării directe a vibrației cu activitatea fizică executată de om, lucru care duce la reducerea randamentului unor activități, îngreuierea unor procese umane;

- *efectul mecanic* – apare ca urmare a depășirii anumitor limite de propagare și sunt caracterizate prin apariția leziunilor, cele mai întâlnite fiind ale plămânilor și inimii, rupturile sau distrugerile de țesuturilor moi;

- *efectul biologic* – apare ca urmare a stimulării receptorilor senzoriali sau a excitației sistemului nervos și conduc la apariția stării de oboseală, scăderea atenției și a capacității de muncă, iar în unele cazuri la modificări hormonale sau ale secreției gastrice.

Luând în calcul criteriul parametrilor cinematici ai vibrațiilor s-a constatat că în cazul vibrațiilor pe verticală, cele mai importante de observat pentru deplasările în teren accidentat, efectele neplăcute se fac simțite la valori maxime ale accelerației pentru: frecvențe $f \leq 5$ Hz, valori maxime ale vitezelor cuprinse între $5 \text{ Hz} < f \leq 40$ Hz și valori maxime ale deplasării $f > 40$ Hz, unde:

$$\text{deplasarea} = x(t) = X \sin 2\pi ft \quad (6)$$

$$\text{viteza maximă: } \dot{x}(t)_{\max} = 2\pi f X \quad (7)$$

$$\text{acelerația maximă: } \ddot{x}(t)_{\max} = 4\pi^2 f^2 X \quad (8)$$

4. Amortizorul magnetoreologic pentru scaun

În prezent pe plan mondial se pune accent tot mai mult pe tehnologiile semiactive de combatere a vibrațiilor, alături de cele active. La nivelul autovehiculelor, sistemele de amortizare a șocurilor și vibrațiilor sunt abordate diferit de fiecare producător, în funcție de valoarea de piață a fiecărui model prezentat.

Scaunele au în general aceeași formă, însă structura internă și sistemele suplimentare dedicate asigurării confortului diferă în linii mari de la un tip de autovehicul la altul. Ceea ce întâlnim la autoturisme nu

regăsim pe autocamionete sau autovehicule grele și mai cu seamă pe cele militare. Astfel, putem aprecia că amortizarea vibrațiilor se realizează complet diferit și deci perceperea senzațiilor la nivelul corpului uman este alta.

Dacă la nivelul autoturismelor, dat fiind faptul că deplasarea acestora se realizează într-o foarte mare măsură pe carosabil bun și foarte bun din punct de vedere constructiv, au fost găsite o multitudine de soluții care să ridice gradul de confort al scaunului la diferite nivele de apreciere, în cazul autovehiculelor mijlocii și mai cu seamă a celor de mare tonaj, lucrurile nu sunt la aceeași valoare.

Ultimele modele de scaune aflate în dotarea unor astfel de autovehicule, prevăd pentru reducerea șocurilor, un sistem pneumatic care realizează un grad de confortabilitate sporit, însă insuficient ca valoare în reducerea nivelului vibrațiilor resimțite pe drumurile accidentate, în comparație cu autoturismele.

Datorită acestui fapt, s-au întreprins diferite cercetări care au luat în evidență realizarea și la nivelul scaunelor a unui sistem semiactiv de reducere a nivelului vibrațiilor, bazat pe amortizoare magnetoreologice.

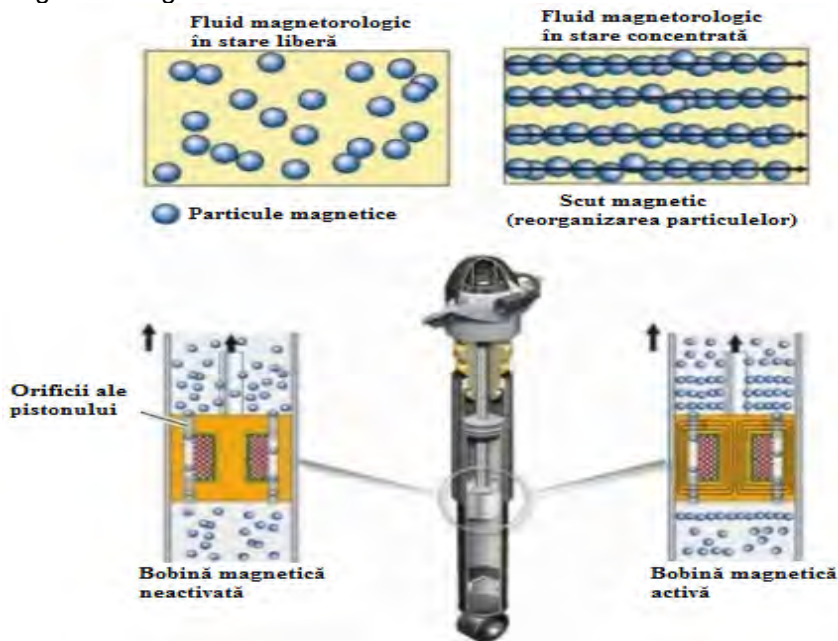


Fig.4 Amortizor magnetoreologic tip Delphi MagneRide

Aceste tipuri de amortizoare cu eficiență ridicată sunt utilizate la o scară redusă datorită costurilor pe care le au, pentru sistemul de amortizare existent la nivelul caroserie autovehiculelor.

Conform cercetărilor teoretice [1] un asemenea amortizor (figura 4) instalat la nivelul scaunelor ar putea realiza o îmbunătățire substanțială a factorului de amortizare a vibrațiilor. Graficul următor (figura 5) [1] are în vedere un studiu comparativ de reducere a vibrațiilor, combinând mai multe posibilități viabile.

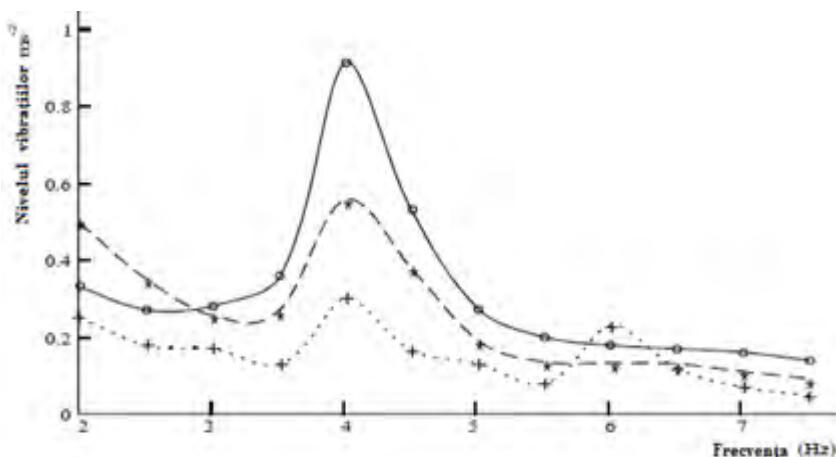


Fig.5 Diferențe între nivelele de amortizare a br unor sisteme unde: ° = amortizare pasivă; x = amortizare semiactivă a scaunului; + = amortizare semiactivă a suspensiei și a scaunului

Nivelul ponderat al vibrațiilor a fost calculat pentru fiecare frecvență în intervalul cuprins 2-7,5 Hz. pentru o viteză a vehiculului de 15 m/s.

5. Concluzii

■ Din cele relatate putem spune că ameliorarea vibrațiilor transmise prin intermediul scaunului se poate realiza folosind tehnologia magnetoreologică.

■ Baza de cercetări în domeniu trebuie dezvoltată pentru viteze mai ridicate ale autovehiculelor, cunoscând faptul că un drum accidentat este abordat cu o viteză mai redusă de fiecare conducător auto.

■ Totuși sunt situații în care activitățile impun un ritm alert de deplasare sau în cazul activităților militare care sunt o funcție de timp, lucru care duce la primirea unor nivele ridicate de vibrații de către corpul uman.

■ De asemenea, pe baza datelor observate în cercetări vor trebui dezvoltate alte proprietăți ale amortizoarelor magnetoreologice, astfel încât să poată satisface cât mai mult necesitățile cerute.

BIBLIOGRAFIE

[1] Stammers, C.W., Sireteanu, T., *Semi-active Seat Control For Vehicle Driver Protection*, SISCAM, 2001.

[2] Drăghici, I, Ivan, M., ș.a., *Suspensii și amortizoare, Cap.3*, Editura Tehnică, București, 1970.

[3] Mitroi, M., *Referat nr.3 pentru teza de doctorat "Echipamente și proceduri destinate evaluării confortului autovehiculelor*, Brașov, 2016.

[4] Rasmunssen, G., *Human Body Vibration Exposure and its Measurement*, Bruel&Kjaer brochure, 1996.

[5] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*. Ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005.

Asist.Drd.Ing. Marian Florin MITROI
U.M. 0495 Cernavodă/Universitatea "OVIDIUS" din Constanța,
membru AGIR
ejju_marian@yahoo.com