A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEŞ, 2012

CONSIDERAȚII ASUPRA AMORTIZĂRII IMPACTULUI UNUI VEHICUL CU UN OBSTACOL RIGID
Partea I-a

Ioan VIDICAN, Adriana CORDOȘ, Mircea BEJAN

REFLECTIONS ON A VEHICLE WITH AN IMPACT DEPRECIATION RIGID OBSTACLE – Part I

Make a selection of work items and the factors that lead to unexpected event called "traffic accident". Are the concept of "safety" and the possibility of its optimization? The paper is presented a solution to reduce the negative effects that occur in the event of a frontal impact of vehicle with a fixed obstacle through equipping its bumper with shock absorbers magneto rheological.

Keywords: bumpers, crash, car, traffic, obstruction, safety, obstacle
Cuvinte cheie: amortizor, accident, automobil, obstacol, siguranța, circulație

1. Generalități

Pentru a asigura cerințele siguranței circulației pe căile rutiere, specialiștii din domeniul auto lucrează continuu în scopul reducerii numărul de accidente de circulație.

Principala responsabilitate revine proiectanților de autovehicule, pentru că ei sunt aceia care trebuie să perfecționeze sistemele de asigurare a securității rutiere și să dezvolte altele noi.

Cu toate că numărul autovehiculelor este în creștere, prin măsurile de securitate adoptate în ultimii ani de către factorii

responsabili, s-a diminuat numărul de accidente fatale ale ocupanților autovehiculelor.

Graficul din figura 1 arată tendința de scădere a accidentelor fatale de-a lungul ultimilor 50 de ani, în Europa, Statele Unite ale Americii, Canada, Australia, Japonia și Coreea.

În țările Uniunii Europene, prețul plătit de aproximativ 1,5 milioane de accidente de circulație care se petrec într-un an, este de 40000 de vieți omenești și 160 miliarde de euro, alături de substanțialele costuri sociale.

Uniunea Europeană și-a propus și a reușit un obiectiv îndrăzneț acela de a micșora până în 2010 numărul accidentelor de circulație fatale la jumătate față de nivelul din 2003. Uniunea Europeană, a reușit să atingă acest țel prin două seturi de măsuri:

- înăsprirea prevederilor normelor legale referitoare la regulile rutiere;
- dezvoltarea de noi tehnologii și/sau îmbunătățirea celor actuale în scopul sporirii securității rutiere.

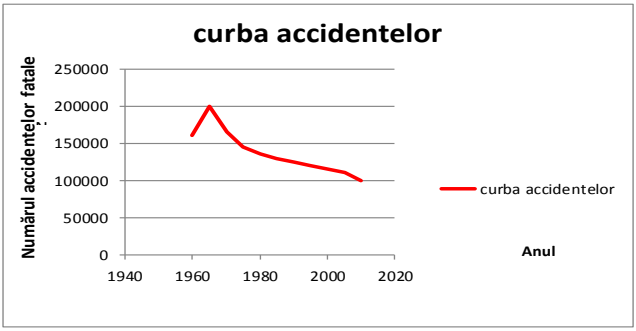

Fig. 1 Evoluția accidentelor fatale în lume ultimii 50 de anI

Din perspectiva caracteristicilor autovehiculului care contribuie la siguranța circulației, există două mari grupuri de măsuri care se iau în vederea creșterii gradului de siguranță rutieră:

1. *Grupul măsurilor de securitate activă* (include toate măsurile de optimizare a caracteristicilor autovehiculului care se iau în scopul evitării accidentelor de circulație) dintre care amintim:

- **ABS** *(Antiloc Brake Sistem) – Sistemul de antiblocare a roților la frânare;*
- **ETC** (*Electronic Traction Control) – Sistem de control al tracțiunii;*

- **EBD** (*Electronic Brakeforce Distribition) – Sistemul electronic de distribuție a forței de frânare;*
- **ESP** (*Electronic Stability Program) – Programul de control electronic al stabilității;*
- **BAS** (*Brake Assist System) – Sistemul de asistare a frânării;*
- **ACC** (*Adaptive Cruise Control) – Sistemul adaptiv de navigație;*
- **ASR** (*Accelaration Slip Regulation) – Sistemul de control al alunecării la accelerare;*
- **ABC** (*Active Body Control) – Sistemul de control activ al caroseriei.*

2. *Grupul măsurilor de securitate pasivă* (include toate măsurile de optimizare a caracteristicilor autovehiculului care se iau în scopul diminuării consecințelor accidentelor de circulație). Gradul de siguranță pasivă al autovehiculului se asigură prin:

- Conceperea unor structuri de securitate ale automobilului, capabile să preia o mare parte din energia disipată în timpul unui impact.
- Conceperea unor sisteme de reținere optimizate care să protejeze ocupanții în timpul accidentului.
- Măsuri protective pentru participanții la accident din afara autovehiculului (pieton, bicicliști etc.).
- Măsuri de siguranță post accident.

Cele mai importante măsuri de siguranță pasivă care fac parte din cele patru categorii enunțate mai sus sunt: sisteme de protecție pre-impact; sisteme inteligente de control adaptiv; sisteme protective la impact lateral; sisteme active de centuri de siguranță; sisteme airbag; elemente de deformare; parbriz duplex; apelare automată la serviciile de urgență.

În ceea ce privește această grupă de măsuri (pasivă) s-a constatat că gradul optim de protecție a pasagerilor în toate tipurile de impact (frontal, lateral, din spate sau răsturnate) se obține prin construirea unei structuri rigide în jurul habitaclului, structură realizată dintr-un ansamblu de cadre închise, formând așa numita “colivie de siguranță” (capabilă să asigure spațiul de supraviețuire în cazul unui impact.

În lucrare se prezintă o soluție pentru amortizarea efectelor care au loc în cazul impactului frontal al unui automobil cu un obstacol fix. În timpul coliziunii, când automobilul este decelerat puternic pe un spațiu extrem de mic, pasagerii în tendința de a-și păstra starea de mișcare, vor fi proiectați în față, în parbriz. Pentru a elimina consecințele grave ce apar în astfel de situații, soluția propusă este ca

pe lângă dispozitivele de reținere a pasagerilor, automobilul să fie echipat cu un sistem de amortizare (în speță, *amortizor magnetoreologic)* montat în partea frontală a automobilului care are drept scop de a reduce viteza automobilului înainte de impact[1].

2. Studiul impactului frontal al unui automobil

În figura 2 este reprezentat modelul simplificat destinat studiului impactului frontal al autovehiculului care este format din două mase m_1 – masa autovehiculului care are o mișcare de translație cu viteza v_1 pe direcția axei care unește cele două corpuri și m_0 – masa barierei rigide nedeformabile (corp aflat în repaus).

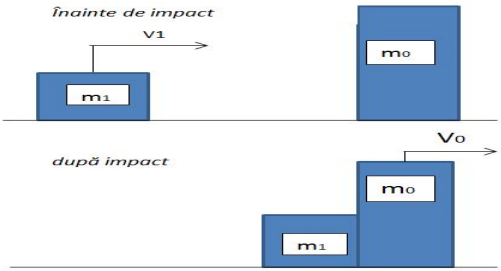

Fig. 2 Schema impactului frontal

Bilanțul energetic al sistemului este descris de relația:

$$E_{c1i} + E_{c0f} = E_{c1f} + E_{c0f} + E_{deformare} \qquad (1)$$

în care:

$E_{c1i} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2}$ – este energia cinetică a corpului de masă m_1 înainte de impact;

$E_{c01} = 0$ – este energia cinetică a corpului de masă m_0 înainte de impact;

[1]Lichidele magnetoreologice – MR- sunt suspensii de particule feromagnetice de ordinul 2-10 μm, în diferite lichide de bază, de regulă uleiuri slab volatile (uleiuri siliconice) care dacă se găsesc într-un câmp magnetic le crește vâscozitatea de până de cinci ori. Primele lichide magnetice au fost preparate în 1960 la NASA, în cadrul cercetărilor de tehnologie spaţială, pentru a pune la punct un sistem de curgere controlată a combustibililor fluizi în condiţii de imponderabilitate.

$E_{c1f} = \frac{m_1 \cdot v_0^2}{2} -$ este energia cinetică a corpului de masa m_1 în starea finală după impact;

$E_{c0f} = \frac{m_0 \cdot v_0^2}{2} -$ este energia cinetică a corpului de masa m_0 în starea finală după impact;

$E_{deformare} -$ este energia pierdută prin deformarea corpului m_1.

Înlocuind aceste expresii, relația (1) devine

$$\frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} = \frac{(m_0 + m_1) \cdot v_0^2}{2} + E_{deformare} \quad (2)$$

de unde rezultă expresia energiei pierdută prin deformarea corpului de masă m_1:

$$E_{deformare} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} - \frac{(m_0 + m_1) \cdot v_0^2}{2} \quad (3)$$

Conform teoremei impulsului, scrisă pentru sistemul format din cele două corpuri:

$$m_1 \cdot v_1 = (m_0 + m_1) \cdot v_0 \Rightarrow v_0 = \frac{m_1}{m_0 + m_1} \cdot v_1 \quad (4)$$

Înlocuind relația (4) în relația (3) expresia energiei pierdută prin deformarea corpului m_1 devine:

$$E_{deformare} = \frac{m_0}{m_0 + m_1} \cdot \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} \quad (5)$$

Corpul de masă m_1 se consideră că este compus dintr-o masă nedeformabilă - habitaclul automobilului – și o masă deformabilă – partea frontală a acestuia, care are o rigiditate limitată k_{01}.

Admițând pentru partea frontală a autovehiculului că forța de deformare este proporțională cu rigiditatea acestuia, se poate considera acesta ca fiind un element elastic cu rigiditatea k_{01} figura 3. În aceste condiții, expresia energiei de deformare a corpului de masă m_1 este:

$$E_{deformare} = \frac{k_{01} \cdot x_{1\max}^2}{1} \quad (6)$$

Din relațiile (5) și (6), rezultă:

$$\frac{k_{01} \cdot x_{1\max}^2}{2} = \frac{m_0}{m_0 + m_1} \cdot \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} \tag{7}$$

Din care rezultă:

$$x_{1\max} = \sqrt{\frac{m_1}{k_{01}} \cdot v_1^2 \cdot \frac{m_0}{m_0 + m_1}} \tag{8}$$

care reprezintă distanța de deformare a corpului de masă m_1.

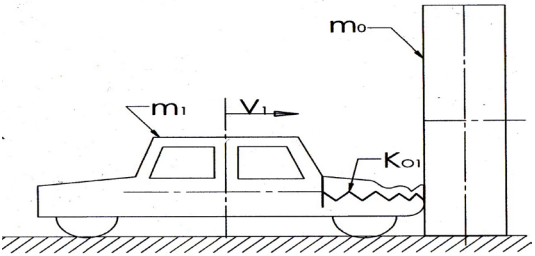

Fig. 3

Model cu rigiditatea construcției pentru studiu impactului frontal

Dacă se ține seama că obstacolul fix (nedeformabil având circa 50 000 kg) este mult mai mare decât masa automobilului (aproximativ 1 000 kg), adică m_0 >> m_1, atunci se poate face aproximarea: $\frac{m_0}{m_0 + m_1} \approx 1,$ iar ecuația (8) devine:

$$x_{1\max} = \sqrt{\frac{m_1}{k_{10}}} \cdot v_1 \tag{9}$$

Astfel, modelul s-a redus la un sistem cu un singur grad de libertate, iar pentru rezolvarea acestuia se pornește de la ecuația:

$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 + k_{01} \cdot x_1 = 0 \tag{10}$$

Care admite soluții de forma :

$$x_1 = \lambda_1 \cos \omega t + \lambda_2 \sin \omega t \tag{11}$$

în care pulsația proprie este dată de expresia:

$$\omega = \sqrt{\frac{k_{01}}{m_1}} \tag{12}$$

Punând condițiile inițiale: t = 0, $\begin{cases} x_1 = x_0 \\ \dot{x}_1 = v_0 \end{cases}$ și integrând ecuația diferențială (10) se obține soluția: $x_1 = \frac{v_1}{\omega} \cdot \sin \omega t$ (13)

Din egalitatea $\omega t = \frac{\pi}{2}$ se determină timpul cât durează impactul:

$$t = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m_1}{k_1}} \tag{14}$$

Aplicație: Se consideră automobilul din figura 3 cu masa de 1100 kg care se deplasează cu viteza de 54 km/h (v_{10} = m/s) și are rigiditatea k_{01} de 700 000 N/m. Pentru obținerea deformării maxime a părții frontale a automobilului, se aplică relația (9):

$$x_{1\max} = \sqrt{\frac{m_1}{k_{01}}} \cdot v_1 = \sqrt{\frac{1000}{700000}} \cdot 15 = 0,56 \quad m$$

Din relația (14) se obține timpul cât durează evenimentul de impact frontal:

$$t = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m_1}{k_{01}}} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{1000}{700000}} = 0,059 \text{ m}$$

Concluzie: Din aplicația de mai sus se observă că deformația maximă a autovehiculului depinde de vitezei de impact a autovehiculul cu obstacolul și de rigiditatea părții din față a autovehiculului.

■ Pentru reducerea deformației autovehiculului și protejarea pasagerilor, soluția adoptată în această lucrare, este de a reduce viteza de impact a autovehiculului.

■ Pentru reducerea vitezei la impact se propune să se monteze pe bara de protecție din față a automobilului a unui grup de amortizoare magnetoreologice (vezi partea a II-a a lucrării).

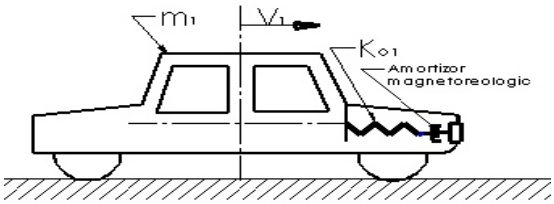

Fig. 4 Autovehicul cu bară de protecție echipată cu amortizoare magnetorelogice

Rolul acestei bare de protecție echipate cu amortizori este de a reduce viteza autovehiculului la impactul cu un obstacol fix (sau mobil).

BIBLIOGRAFIE

[1] Ilie, S., *Modelarea fenomenelor de impact ale autovehiculelor*, Editura AGIR, București, 2012.
[2] * * * *International Road Traffic and Accidentss*. Database via http:www.swov.nl.
[3] Munteanu, M., *Introducerea în dinamica mașinilor vibratoare*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1979.

Dr. Ing. Ioan VIDICAN
e-mail: ionvidi@yahoo.com

Drd.Ing. Maria-Adriana CORDOȘ
e-mail: cordos.adriana@yahoo.com

Prof.univ.em.Dr.Ing. Mircea BEJAN
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro

Universitatea Tehnică din Cluj Napoca
membri AGIR