

ANALIZA UNEI SOLUTII CONCEPTUALE DE REDUCERE A ENERGEI DE IMPACT IN COLIZIUNILE DE TIP FATA - SPATE

Lidia GAIGINSCHI¹, Iulian AGAPE¹, Adrian SACHELARIE¹, Radu GAIGINSCHI¹,
Vasile HĂNȚOIU²

1 – Universitatea Tehnică „Gh.Asachi” Iași; 2 – I.S.U.Vrancea

Abstract.

This paper has a monographic character, being a very selective synthesis of the recent years researches results of authors. The paper presents theoretical and experimental researches concerning the reduction of negative effects of front – rear collisions at low speeds using partial dissipation of impact energy into friction between vehicle wheels and running path. The theoretical appreciations made on the presented mathematical model basis are confirmed by the experimental results, obtained in a simply and efficient experimental framework.

Cuvinte cheie: *monografic, impact, coeficient de restituire, energie, disipare*

1. Introducere.

În coliziunile de tip față – spate autovehiculul care lovește se deplasează înaintea impactului cu o viteză superioară celui lovit, situație care apare – de exemplu – atunci când primul accelerează și/sau cel de-al doilea decelerează. Asemenea circumstanțe apar frecvent la circulația în coloană și presupun asumarea unor riscuri cum ar fi producerea carambolajelor, afectarea pasagerilor prin expunerea la decelerațiile ridicate specifice impactului, deformarea remanentă a caroseriilor autovehiculelor implicate după depășirea limitelor elasticității.

Disiparea energiei de impact rezolvă în mare parte problemele menționate, mai ales la regimuri rezonabile de viteză, tipice deplasării în coloană din orașe. Acest deziderat s-a realizat prin grefarea unor dispozitive caracterizate prin simplitate constructivă și eficiență funcțională, asupra sistemelor de frânare ale autovehiculelor. Fără a afecta performanțele autovehiculelor experimentale pe care au fost încercate, dispozitivele realizează disiparea energiei de impact prin frânare, întrunind cerințele necesare aplicării industriale.

Cercetările teoretice și experimentale privind disiparea parțială a energiei de impact prin frânarea axelor autovehiculelor implicate în coliziuni față – spate constituie obiectul prezentei lucrări și confirmă viabilitatea ideii.

2. Modelul fizico-matematic al coliziunii de tip față – spate cu disipare de energie în exterior.

Modelul fizico-matematic [1], [2] al coliziunii de tip față – spate, bazat pe cunoașterea prealabilă a rigidității autovehiculelor implicate permite determinarea evoluțiilor parametrilor cinematici principali ai autovehiculelor. Forța de frânare cu carosabilul, utilizată în ecuațiile de echilibru de forțe, consideră explicit numărul axelor frânate ale fiecăruia din vehiculele implicate în coliziune, cât și condițiile concrete ale frânării, prin coeficienți de aderență.

Ca principali parametri cinematici s-au determinat:

$$W_1^* = W_{10} + \frac{j}{M_1}; \quad (1)$$

$$W_2^* = W_{20} - \frac{j}{M_2} \quad (2)$$

$$j = \frac{C\Delta W}{\omega^2} \cdot (1 - \cos\omega \cdot t_f) + F_0 \cdot t_f \quad (3)$$

$$\text{unde } C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad (4)$$

$$\Delta W = W_{20} - W_{10} \quad (5)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{(M_1 + M_2) \cdot C}{M_1 \cdot M_2}} \quad (6)$$

t_f fiind soluția ecuației transcendente:

$$\frac{\Delta W}{\omega} \cdot \sin \omega \cdot t_f = \frac{F_0}{2} \cdot \frac{M_1 + M_2}{M_1 \cdot M_2} \cdot t_f^2 \quad (7)$$

$$\text{iar } F_0 = g \cdot (M_1 \cdot \varphi_1 \cdot v_1 + M_2 \cdot \varphi_2 \cdot v_2) \quad (8)$$

Coeficientul parțial de restituire λ_p constituie o rafinare a noțiunii mai generale de coeficient (global) de restituire λ , fiind o măsură a eficienței disipării energiei de impact în exterior. Decelarea la nivelul modelului a fracțiunii din energia cinetică a celor două vehicule, care se disipă în exterior (prin frecare cu carosabilul în acest caz) de restul energiei cinetice, consumate pentru deformări remanente, s-a realizat prin coeficientul parțial de restituire, pentru care s-a pus la punct expresia:

$$\lambda_p = -\cos \omega \cdot t_f + \frac{F_0 \cdot t_f}{\Delta W} \cdot \frac{M_1 + M_2}{M_1 \cdot M_2} \quad (9)$$

determinată în ipoteza că modificările de natură cinetică în urma impactului se datorează exclusiv unor factori energetici externi. Energia disipată prin frecare se determină cu relația:

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot j \cdot \left(2\Delta W - j \cdot \frac{M_1 + M_2}{M_1 \cdot M_2} \right) \quad (10)$$

unde notațiile utilizate au următoarele semnificații:

W – viteză [m/s]. Indici: 1 – pentru vehiculul care lovește; 2 – pentru vehiculul lovit; 0 – înainte de impact; * – după impact; M_1, M_2 – masele autovehiculelor 1 și 2, [kg]; C_1, C_2, C – coeficienți de rigiditate ai vehiculelor 1, 2 respectiv global, [N/m]; t_f – durata impactului [s];

F_0 – forța totală de frânare [N]; g – accelerația gravitațională = 9,81 [m/s²]; φ_1 și φ_2 – coeficienți de aderență ai roților autovehiculelor 1, 2 cu calea de rulare, [-]; $v_{1,2}$ – coeficienți care țin cont de numărul axelor frânate ale autovehiculelor 1 și 2, și care au valorile: $v_{1,2} = 0$ în lipsa frânării; $v_{1,2} = 0,5$ pentru frânarea cu o axă, și $v_{1,2} = 1$ pentru frânarea cu ambele axe.

Analiza aplicațiilor numerice ale modelului au permis formularea unor aprecieri teoretice [2], între care, sub aspectul importanței, se disting:

- disiparea energiei impactului prin frânare determină creșterea duratei impactului, cu consecința reducerii regimului decelerațiilor la care sunt supuși pasagerii în impact; durata impactului se mărește la creșterea numărului axelor care frânează și la îmbunătățirea aderenței roților cu drumul;
- disiparea energiei prin frânare atrage micșorarea coeficientului parțial de restituire și reducerea diferenței ΔW^* a vitezelor celor 2 vehicule după impact, cu consecința diminuării riscului de carambolaj, la circulația în coloană;
- energia de impact este disipată în parte prin frecare cu carosabilul și deci, rezerva energetică care potențial ar produce deformații remanente se reduce, cu consecința ameliorării deformațiilor sau chiar a eliminării lor și la diferențe de viteză ΔW , anterior impactului, superioare valorii tradiționale de 11 km/h;
- în ansamblu, influența aderenței roților cu drumul crește ca importanță pe măsura creșterii numărului de axe frânate.

3. Cercetări și rezultate experimentale.

Metoda de disipare a energiei de impact și instalația experimentală ([3], [4]) au la bază un sistem care declanșează frânarea autovehiculelor, fiind avantajoase sub aspectul că frânarea se produce progresiv și diferențiat, fără intervenția conducătorului auto. La vehiculul țintă s-a prevăzut frânarea cu o singură axă, iar la cel care lovește – frânarea cu ambele axe. Această schemă de acționare ține seama de transferul energetic din momentul coliziunii de la un vehicul la altul precum și către organele de execuție ale sistemelor de

frânare. Acționarea frânei se realizează prin deplasarea longitudinală a barelor de protecție în momentul coliziunii [3].

Instalația de disipare a energiei de impact s-a realizat după scheme simplificate, cu respectarea însă a principiului funcțional expus ([3], [4]), din considerente de eficientizare a execuției. Metodica cercetării, a achiziției și prelucrării datelor expuse în [5] au permis obținerea datelor vizate cu o precizie satisfăcătoare în cazurile frânării cu o axă și în lipsa frânării.

Încercările de coliziune au fost înregistrate cu aparatură video de înaltă rezoluție (SONY DCR-TRV 285E), la care fotografiile succesive corespund unui interval de timp real de $4 \cdot 10^{-2}$ [sec]. Determinarea unor parametri cinematici ca deplasările absolute și deplasarea relativă a autovehiculelor s-au făcut prin tehnica măsurătorilor directe și au fost verificate ulterior prin relații ale fotogrammetriei numerice, procedee care au necesitat prelucrarea fotografiilor (fig.1), cu precizarea că scara inscripționată corespunde mărimii de 196×200 [mm x mm] a fotografiei.



Fig.1

Pe această bază s-au trasat variațiile $\Delta S = \Delta S(t)$ din figura 6 (în cazul frânării cu o axă) și din figura 7 (în cazul lipsei frânării) și care prezintă variațiile distanței relative dintre vehicule de-a lungul duratei celor 3 faze ale unei coliziuni, pentru cazurile menționate. Rezultatele experimentale evidențiază în primul rând faptul că în ambele cazuri încercările s-au plasat din punctul de vedere al mărimii diferenței inițiale de viteze între vehicule, în plaje strânse de valori ($\Delta W = 0,8 \div 1,25$ m/s – pentru frânarea cu o axă și $\Delta W = 0,95 \div 2$ m/s – în lipsa frânării). Valorile absolute ale vitezelor maxime înregistrate, pentru autovehiculul care lovește, la intrarea în impact, sunt însă tipice circulației în coloană în medii urbane, respectiv de 4,6 [m/s] (16,5 km/h) la frânarea cu o axă și 7,8 [m/s] (28,1 km/h) în lipsa frânării.

Pentru coeficientul parțial de restituire s-au determinat pe cale experimentală valori cuprinse între 0,231 și 0,507, energiile disipate fiind mici, între $169 \div 370$ [Nm]. De remarcat că, pentru o aceeași diferență de viteză ΔW la intrarea în impact, viteza autovehiculului țintă la ieșirea din coliziune este practic dublă față de cazul frânării cu o axă, riscul carambolajului fiind corespunzător. În ambele cazuri variația vitezei autovehiculului țintă la ieșirea din coliziune, determinată experimental, reproduce evoluția determinată analitic, cu erori sub 6% (în cazul frânării cu o axă) și sub 8,1% (în lipsa frânării).

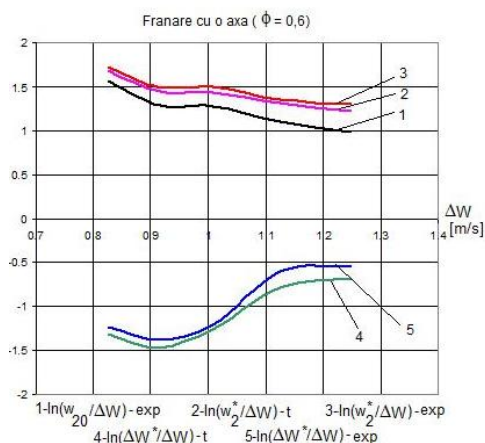


Fig.2

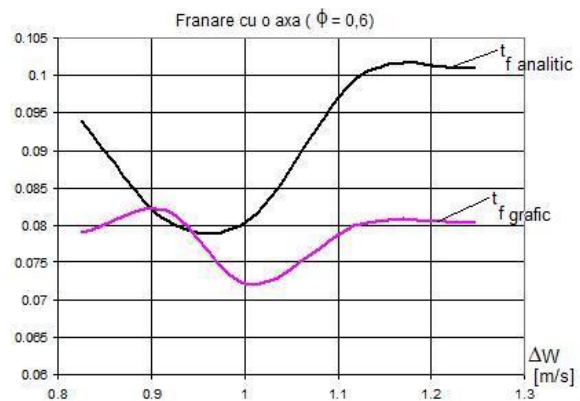


Fig.3

Diferențele observate între ΔW^* a diferenței vitezelor vehiculelor la ieșirea din impact, sunt inferioare valorilor de 7,5% (pentru frânarea cu o axă) și respectiv 4% (în lipsa frânării). Durata impactului t_f determinată analitic diferă cu cel mult 14% față de cea determinată experimental. Pentru domeniile restrânse ale diferenței de viteze la intrarea în impact ΔW între cele 2 autovehicule încercate, evoluțiile parametrilor

analizați, determinate pe cale experimentală confirmă variațiile obținute prin aplicarea numerică a modelului matematic. În figurile 2, 3 și 4 s-au reprezentat grafic variațiile stabilite experimental ale unor parametri, în cazul frânării cu o axă. Evoluțiile parametrilor cinematici ai vehiculului țintă cât și diferența de viteză la ieșirea din coliziune a celor două vehicule în lipsa frânării s-au reprezentat în figura 5. Se precizează că, pentru viteze s-a preferat raportarea acestora la $|\Delta W|$ și utilizarea scării logaritmice (ln) pentru axa ordonatelor, din considerente de liniarizare a graficelor. Mărimile calculate ale parametrilor s-au obținut pe baza valorilor stabilite experimental ale ΔW și utilizând relațiile prezentate în modelul matematic.

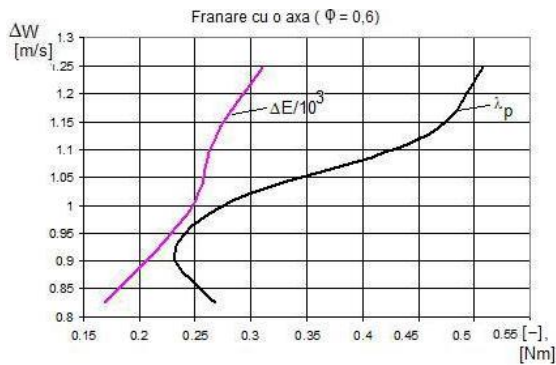


Fig.4

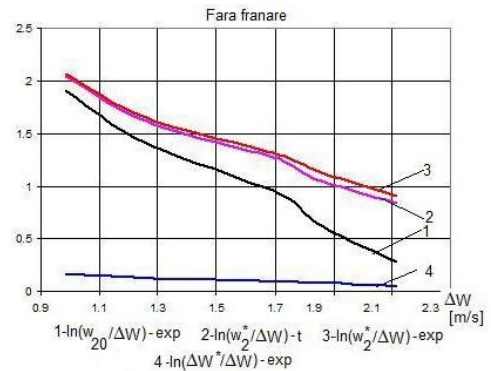


Fig.5

4. Concluzii

Disiparea energiei de impact către exterior prin metoda propusă este avantajoasă prin reducerea riscului de carambolaj, a creșterii gradului de protecție a pasagerilor și reducerea sau eliminarea deformațiilor remanente ale autovehiculelor.

Argumentele de natură teoretică și experimentală prezentate justifică în viitor aplicarea procedurii la scară industrială, soluția tehnică fiind simplă, ieftină și eficientă.

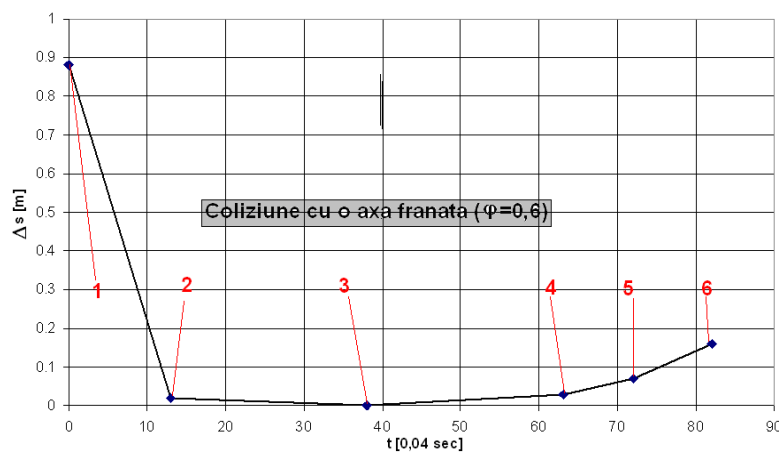


Fig.6

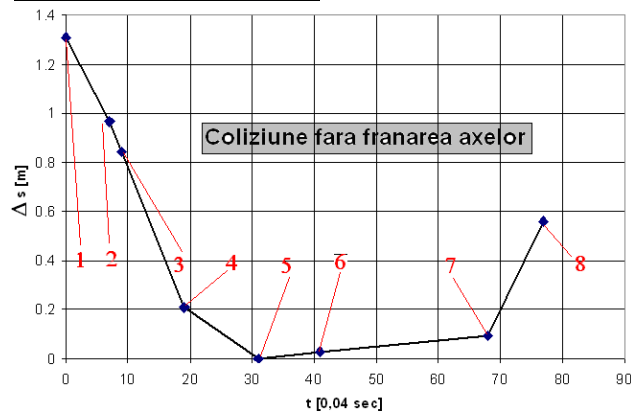
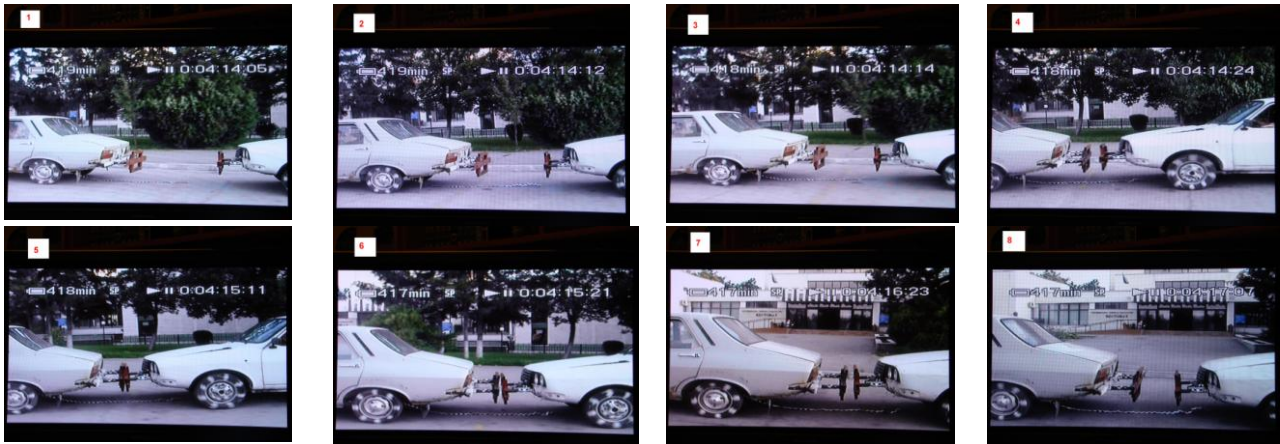


Fig.7

Bibliografie

- 1 – Gaiginschi Radu – *Reconstrucția și expertiza accidentelor rutiere*, Editura Tehnică, București 2009, pag.284 – 289.
- 2 – Gaiginschi Radu ș.a. – *Consequences of Energy Dissipation in Rear – End Collisions*, International Congress of Automotive, Environment and Farm Machinery, Cluj-Napoca 2007.
- 3 – Pintilei M., Gaiginschi R., Gaiginschi L. – *Sisteme de frânare de urgență*, Brevet de invenție, 30.04.2009.
- 4 – Pintilei M., Gaiginschi R., Sachelarie A. – *Front Rear Collision Protection Device Applied to the In Column Movement of the Vehicles* – International Congress of Automotive, Environment and Farm Machinery, Cluj-Napoca 2007.
- 5 – Gaiginschi R., Sachelarie A., Gaiginschi L., Agape I – *Experimental Research on the Study of Kinematics of Vehicles Involved in Front – Rear Collision* – International Congress CONAT 2010 Brașov