

INFLUENȚA TIMPILOR DE DECLANȘARE A AIRBAGULUI ÎN CAZUL IMPACTULUI FRONTAL

Autor: Edmond-Karoly FULOP¹, Florin-Bogdan ISTOCESCU²,
edmond_edyl337@yahoo.com

Coordonator: Șef.lucr.dr.ing. **Stela DINESCU³**

¹ *Universitatea din Petroșani, Facultatea de inginerie Mecanică și Electrică, Ingineria transporturilor și a traficului, anul IV*

² *Universitatea din Petroșani, Facultatea de inginerie Mecanică și Electrică, Sisteme de transport pentru industrie, turism și servicii, anul I*

³ *Universitatea din Petroșani, Facultatea de inginerie Mecanică și Electrică, Departamentul de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi*

Rezumat

Siguranța automobilelor este o problemă complexă și importantă în industria constructoare de autovehicule. Pentru siguranța exterioară a autovehiculului se iau măsuri prin proiectarea pieselor exterioare ale autovehiculului astfel încât să se reducă leziunile în cazul unei coliziuni cu un participant la trafic. Pentru siguranța interioară se iau măsuri prin proiectarea pieselor și a elementelor interioare ale autovehiculului pentru a preveni rănirea unui ocupant al autovehiculului în cazul unui impact. Conceptul de siguranță a automobilelor cuprinde două componente principale: siguranța activă și siguranța pasivă. Sistemul de siguranță pasivă este reprezentat de toate măsurile care ajută la eliminarea sau reducerea efectelor accidentelor de circulație. Sistemele de protecție pentru îmbunătățirea siguranței pasive au evoluat de la introducerea unei simple centuri, la echiparea cu airbag-uri și sisteme inteligente de protecție. În lucrare am prezentat influența timpilor de declanșare a airbagurilor la un impact frontal în vederea îmbunătățirii siguranței pasive a autovehiculelor.

Cuvinte cheie

Siguranța automobilelor, siguranța pasivă, centura de siguranță, airbag, timp de declanșare airbag.

1. Introducere

Siguranța circulației rutiere preocupă astăzi tot mai mulți specialiști, fie din domeniul industriei autovehiculelor, fie din alte domenii. Obiectivul comun este de a îmbunătăți cât mai mult posibil actualul concept al siguranței circulației rutiere, dar și de a dezvolta și integra noi sisteme și echipamente performante, care să ducă la îmbunătățirea indicilor care caracterizează siguranța rutieră.

Decizia cumpărătorului de a achiziționa un anumit tip de autovehicul este bazată, printre alte aspecte, cum ar fi: design, costuri, performanțe dinamice, consum, poluare, și de gradul de siguranță pe care îl atinge.

Sistemele de protecție pentru îmbunătățirea siguranței pasive au evoluat de la introducerea unei simple centuri, la echiparea cu airbag-uri și sisteme inteligente de protecție, fapt ce a dus la modificarea tuturor conceptelor referitoare la siguranța pasivă. În ultimii ani, testele făcute asupra autovehiculelor au devenit din ce în ce mai drastice.

Centurile de siguranță - ca element de siguranță pasivă - reprezintă echipamentul principal de asigurare a ocupanților în habitacul autovehiculului, fiind proiectate să reducă riscul de traumatizare în toate tipurile de coliziuni și situații periculoase de accidente.

Inițial centurile de siguranță au reprezentat singura metodă de siguranță pasivă din mașini. Chiar dacă ele salvau milioane de vieți în urma accidentelor, mai aveau nevoie de ceva ca să funcționeze eficient și anume, o amortizare suavă a corpurilor umane din habitacul.

Astfel au apărut *airbagurile* - dispozitive de siguranță pasivă constând într-o pernă dintr-un material subțire și rezistent încastrată în volan și în bordul mașinii, și care, în cazul unui impact, se umflă instantaneu, protejând persoanele din mașină.

Evoluția trecută, prezintă și viitoare a siguranței autovehiculului prin introducerea sistemelor de siguranță active și pasive este prezentată în fig.1.

Sistemele de siguranță active sunt reprezentate de toate acele mijloace prin care mașina ajută șoferul să evite un accident iar sistemele de siguranță pasive sunt reprezentate de toate acele mijloace prin care mașina și pasagerii sunt protejați în cazul unui impact.

În categoria sistemelor de siguranță pasive (fig. 2) intră centurile de siguranță(a), airbagurile(b), tetierele(c) ș.a.

Legile mișcării spun că orice corp în mișcare are un moment (inerție) ce depinde de greutatea obiectului și de viteza acestuia. Astfel, în cazul unui accident, există mai multe elemente care își schimbă brusc inerția: mașina propriu-zisă, pasagerii și obiectele din mașină.

Dacă mașina se oprește brusc, ca urmare a unui impact, obiectele din interior, dar și pasagerii, vor avea tendința să se deplaseze mai departe. Aici intervine centura de siguranță. Însă pentru a atenua rănile și urmările unui impact puternic, este necesară și folosirea unui airbag.

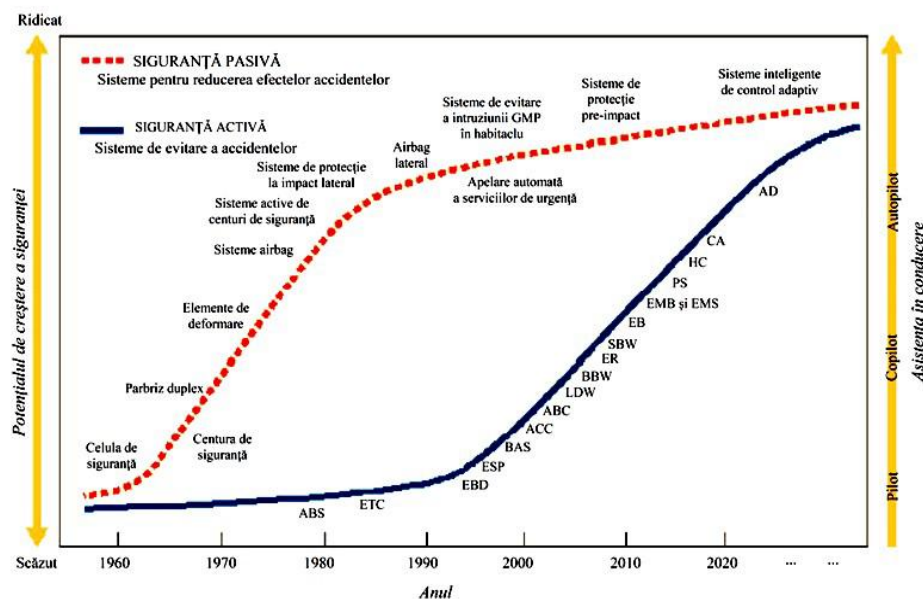


Fig. 1. – Evoluția sistemelor de siguranță active și pasive



Fig. 2. Elemente ale sistemelor de siguranță pasivă

2. Airbagul – element de siguranță pasivă

De-a lungul anilor, centurile de siguranță au fost singura metodă de siguranță pasivă din mașini.

Sistemele Airbag sunt sisteme care au în componența lor perne de aer încorporate în interiorul autovehiculului pentru a proteja ocupanții de lovirea cu elementele structurale din interiorul autovehiculului în timpul unui impact. Airbagul nu protejează pasagerul de diverse îndoituri ale caroseriei, ci folosește doar la atenuarea șocului pe care îl poate avea corpul.

Însă pentru o protecție maximă, nu te poți baza doar pe airbagurile mașinii, ci trebuie să porți și centura de siguranță.

Timpul total de declanșare și umflare a airbagului este de 25ms, perioadă în care are loc aprinderea pastilei pirotehnice și degajarea masei de gaz în interiorul airbag-ului. Etapele declanșării airbagului sunt prezentate în fig.3.

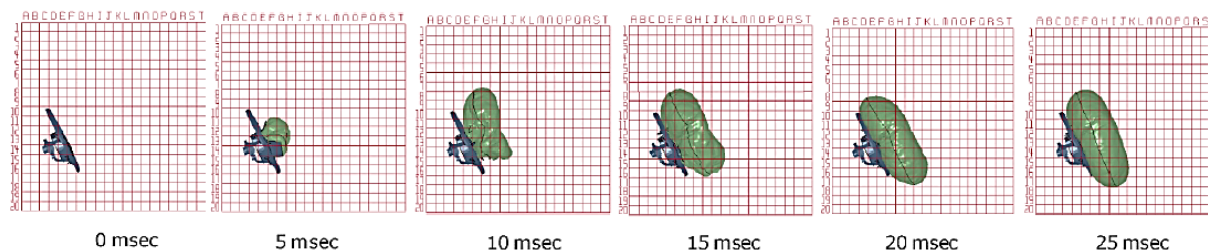


Fig. 3. Etapele declanșării airbagului

Există mai multe tipuri de airbaguri printre care: airbag frontal, airbag lateral, airbag cortină, airbag central, airbag pentru lunetă, airbag pentru genunchi, airbag centură, dar și airbag pentru pietoni.

Acestea sunt eficiente numai în legătură cu centurile de siguranță reglate corect, în caz contrar ocupanții nu sunt protejați într-o manieră corectă

3. Protecția pasivă a pasagerilor autovehiculului

Șansele de supraviețuire într-un accident depind de modul și nivelul de protecție oferit de structura autovehiculului în așa fel încât să nu fie depășite limitele biomecanice ale organismului uman.

Progresele în domeniul siguranței pasive se bazează tocmai pe o bună cunoaștere a toleranțelor corpului uman la solicitările generate de accidentele rutiere.

Studiile bazate pe modelarea matematică a comportamentului corpului uman în habitacul completează testele fizice efectuate în prezent folosind manechini virtuali. Acestea ajută la înțelegerea caracteristicilor mișcării corpului uman în timpul evenimentului considerat, și a mecanismelor de vătămare ale diferitelor zone ale corpului.

Au fost dezvoltate modele matematice neliniare ale corpului uman și ale sistemelor de reținere din habitacul, în scopul studierii mișcării acestuia în timpul impactului.

Unul dintre modelele matematice utilizate frecvent în cadrul testelor virtuale de accident, este modelul ATB (Articulated Total Body). Acesta este un model dedicat unui software folosit pentru simularea mișcării dinamice a sistemelor articulate ale corpurilor rigide (Madymo). Aceste modele oferă posibilitatea calculării în orice situație de accident simulată a criteriilor de vătămare a capului: HSI (Head Severity Index) și HIC (Head Injury Criterion).

Modelarea matematică a corpului uman, cuplată cu descrierea matematică a structurii autovehiculului și a diferitelor sisteme de siguranță pasivă, reprezintă o metodă foarte economică, versatilă și eficientă pentru analiza răspunsurilor în caz de impact al sistemului dinamic complex reprezentat de autovehicul și ocupanții acestuia.

Ocupantul unui autovehicul implicat într-un accident este cel mai adesea rănit de componentele interioare ale habitaculului; în acest caz interesează în mod deosebit mișcarea relativă a ocupantului în raport cu autovehiculul.

Cele mai intense preocupări în măsură să furnizeze informații utile pentru perfecționarea sistemelor de securitate pasivă sunt axate pe studiul cinematicii ocupanților în raport cu habitaculul.

4. Studiul timpilor de declanșare a airbagului

Într-o coliziune frontală cinematica ocupanților locurilor din față depinde de modul de protecție a acestora. Dacă sunt lipsiți de protecție (nu poartă centuri de siguranță) există riscul rănilor foarte grave.

Astfel șoferul va lovi cu pieptul volanul și cu capul, parbrizul.

Ocupantul locului din dreapta va lovi și el cu capul parbrizul. Din cauza înclinării acestuia capul și gâtul ajung în extensie (îndoirea lor către spate) și compresie, ceea ce provoacă fracturarea celei de a doua vertebre cervicale. Pot apărea leziuni ale genunchiului și femurului ca urmare a impactului lor cu planșa bordului. Tibia și glezna sunt lezate dacă impactul frontal are o ușoară componentă unghiulară.

Dacă ocupanții locurilor din față au o centură de siguranță, gravitatea leziunilor se reduce substanțial comparativ cu aceeași situație de coliziune frontală. Întrucât trunchiul este obligat să se deplaseze o dată cu mișcarea, singurele părți libere sunt capul, gâtul și extremitățile superioare.

Studiul influenței timpilor de declanșare a airbagului s-a realizat în mediul virtual, utilizând programul PC-CRASH 10.2 și modulul ocupant MADYMO. Înălțimea ocupantului este fixată la poziția normală de referință similară cu cea a unui conducător uman. Dimensiunile ocupantului și poziția acestuia în scaun sunt prezentate în fig. 4.

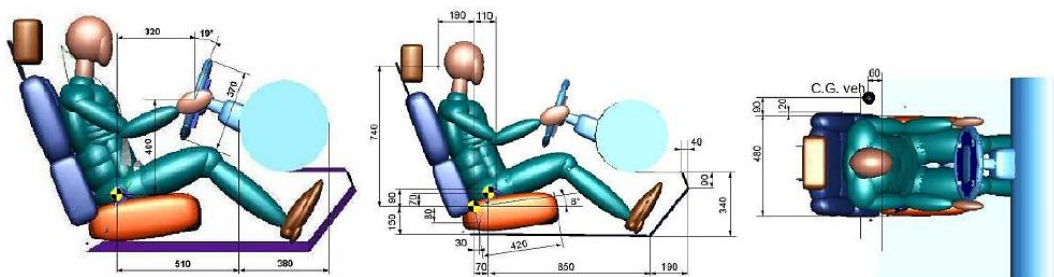


Fig. 4. Dimensiunile ocupantului MADYMO

Modulul MADYMO utilizează airbaguri frontale pe ambele părți, conducător respectiv pasager. Proprietățile acestor airbaguri sunt fixe și nu pot fi modificate. Volumul airbagului conducătorului este de aproximativ 50 de litri iar volumul airbagului pasagerului este de aproximativ 115 litri. Proprietățile airbagului conducătorului sunt prezentate în fig. 5.

Lățimea airbagului este de 650 mm iar lungimea acestuia umflat complet este de 300 mm. În primele 10 ms are loc declanșarea airbagului crescând debitul masic la 1,8 kg/s urmând o scădere lentă. Airbagul își mărește masa la 30 g în primele 50 ms.

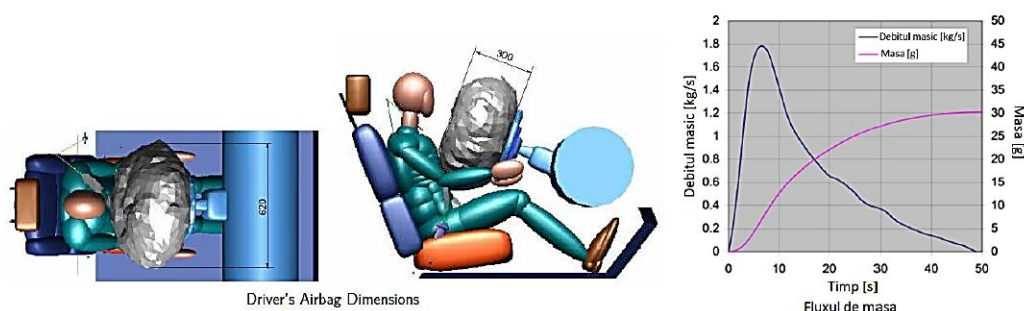


Fig. 5. Dimensiunile airbagului conducătorului și evoluția debitului de masă a airbagului

Studiul s-a efectuat având la bază rezultatele testului de coliziune frontală care a inclus realizarea simulării fenomenului de coliziune utilizând programul PC-CRASH având ca obiectiv validarea rezultatelor modelului virtual cu cele din coliziunea reală.

Din analiza mișcării ocupantului în faza de coliziune s-a constatat că tendința de deplasare a capului în cazul modelului virtual a fost în concordanță cu cea din testul experimental. Declanșarea airbagului a determinat contactul dintre acesta și capul ocupantului, limitând deplasarea unghiulară a capului.

Ca urmare a validării comportamentului ocupantului virtual cu cel real al testului de coliziune frontală, s-au analizat efectele declanșării întârziate a airbagului asupra capului. Au fost realizate patru simulări, decalând timpul de declanșare a airbagului cu 10 ms, 20 ms, 30 ms și 40 ms. Valoarea de referință a accelerației (90 m/s^2) corespunde cu decalajul de 0 ms.

Analiza comparativă a accelerației la nivelul capului ocupantului în funcție de întârzierea airbagului la declanșare este prezentată în fig. 6.

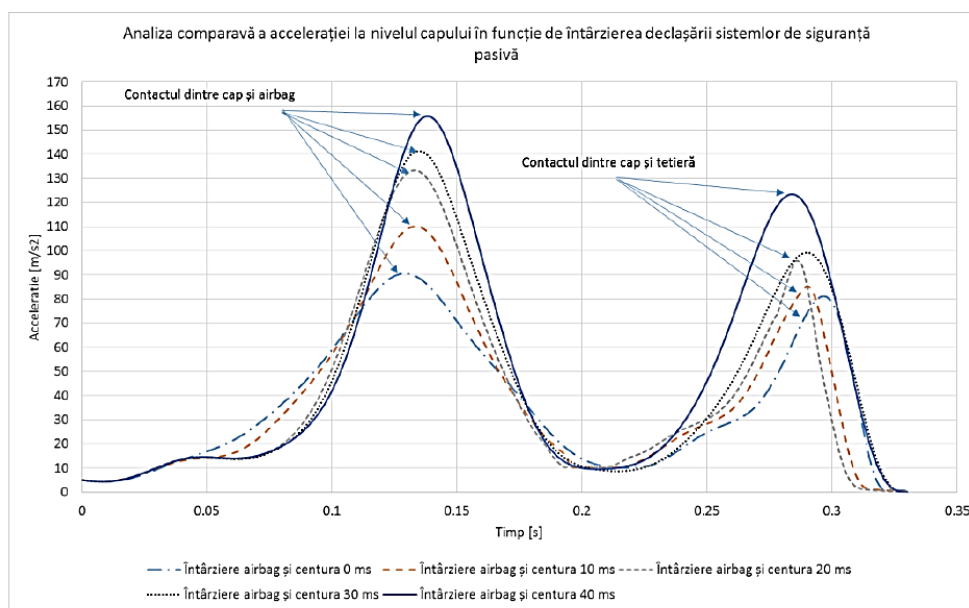


Fig. 6. Analiza comparativă a accelerației la nivelul capului ocupantului în funcție de întârzierea airbagului la declanșare

Pentru evaluarea severității vătămarilor suferite de ocupanții autovehiculelor datorită întârzierii la declanșarea airbagului a fost nevoie de 7 simulări. În toate aceste situații ocupantul nu a avut centura de siguranță, doar airbagul. Într-una dintre simulări nu a fost folosit nici un sistem de siguranță pasivă.

Mișcarea ocupantului pentru cele 7 situații în care a fost modificat timpul de declanșare a airbagului este prezentată în fig. 7. Analiza a fost realizată până la valoarea întârzierii de 100 ms.

S-a constatat faptul că lipsa sistemelor de siguranță pasivă are drept rezultat coliziunea toracelui ocupantului cu volanul vehiculului. Întârzierea de 0 ms reprezintă situația ideală în care airbagul este complet expandat la momentul contactului dintre acesta și ocupant. Diferențe minore apar la întârzierile de 20 și 40 ms, în schimb după 60 ms se observă că poziția ocupantului se apropie de situația în care nu există sisteme de siguranță pasivă. La 100 ms ocupantul intră în contact cu volanul iar declanșarea airbagului produce o forță de impact asupra capului.

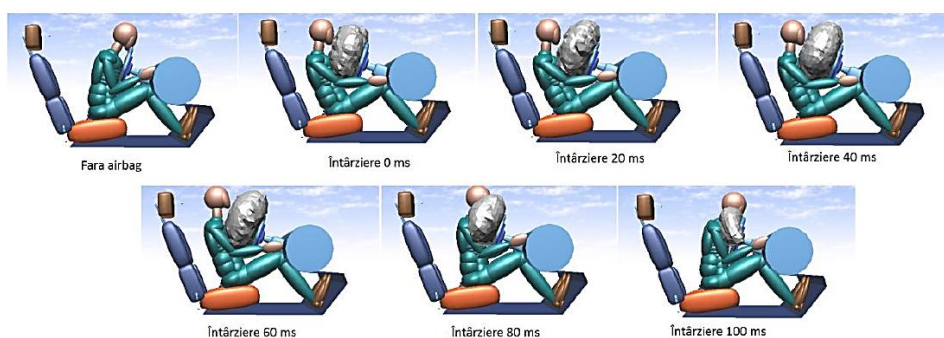


Fig. 7. Mișcarea ocupantului în funcție de timpii de întârziere la declanșarea airbagului

Rezultă că întârzierea la declanșarea airbagului poate induce creșterea accelerației la nivelul capului cu 46% influențând direct riscul de leziuni. Explicația este dată de faptul că se micșorează distanța dintre torace și volan dacă airbagul întârzie cu 80 – 100 ms, astfel că la momentul declanșării toată forța generată de expansiunea volumului de gaz din interiorul airbagului este transmisă direct către craniul ocupantului.

Funcționarea corespunzătoare a airbagului (0 ms întârziere) impune ca la momentul contactului dintre cap și airbag, acesta să ajungă la volumul maxim expandat.

5. Concluzii

- Prin creșterea întârzierii declanșării airbagului în cazul impactului frontal crește probabilitatea de leziune la nivelul capului ocupantului deoarece întârzierea airbagului permite o deplasare crescută a acestuia.
- Reducerea distanței dintre capul ocupantului și volanul/panoul de bord a dus la transmiterea forței de expansiune a gazului către acesta și astfel s-a observat o creștere a probabilității de leziune de la 8% (întârzierea la declanșarea airbagului de 0 ms) până la 54% (întârzierea la declanșarea airbagului cu 100 ms). În această situație rolul airbagului se inversează, adică nu mai are rolul de atenuare a coliziunii ci de a produce leziuni.
- Leziunile care apar în zona capului la accidente de circulație sunt determinate de deplasarea rapidă a capului și contactul dintre acesta și elementele interioare ale vehiculului.
- Testele de impact reprezintă o modalitate de creștere a siguranței, prin intermediul distrugerii materiale. Aceste teste se efectuează pentru a analiza pagubele determinate de forțele de impact la anumite viteze și gravitatea leziunilor ocupanților.
- Rezultatele testelor de coliziune frontală între vehicule au evidențiat că la viteze de coliziune reduse (35 km/h) gradul de vătămare la nivelul capului pentru ocupanții din față ai autovehiculului a fost relativ redus cu posibilitatea apariției leziunilor minore. La viteze mari (50 km/h) crește gradul de vătămare astfel că pot apărea leziuni serioase la nivelul capului.

Bibliografie

1. Cordoș, N., Burnete, N., Todoruț, A., (2003), *Coliziunea automobilelor*, Editura Todescu, Cluj-Napoca,
2. Dinescu S., Andraș A., (2019), *Analiza accidentelor de circulație – Accidentologie*, Editura Universitas, Petroșani 2019
3. Gaiginschi, R., Gaiginschi, L., Filip, I., Drosescu, R., Sachelarie, A., Pintilie, M., (2006), *Siguranța circulației rutiere*, vol II. Editura Tehnică București
4. Huang, M., (2002), *Vehicle Crash Mechanics*, SAE International, CRC Press, USA,
5. Ilie, S., (2012), *Modelarea fenomenelor de impact ale autovehiculelor*, Editura AGIR, București,
6. Ilie, S., Tabacu, Ș., Stănescu, D., Nicolae, V., Niculescu, R., A., (2007), *Simulink-Simmechanics model dedicated to the study of the kinematic parameters of the occupant's motion during the frontal impact* - University of Pitești Scientific Bulletin, Automotive Series, year XII, no.16, Pitești,
7. Manea A.M., (2021), - *Cercetări privind siguranța pasivă a automobilelor*, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București,
8. Radu A.I., (2018), - *Studii și cercetări privind evaluarea consecințelor accidentelor de circulație asupra ocupanților autoturismelor*. Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov, 2018
9. Șoica, A., (2008), *Caroserii și sisteme pentru siguranța pasivă II*, Editura Universității Transilvania, Brașov,
10. Tabacu, Ș., (2002), *Modele matematice pentru studiul impactului frontal și lateral la automobile de fabricație românească* - teză de doctorat. Universitatea din Pitești, Facultatea de Mecanică și Tehnologie, Pitești, 2002.