

OTĂT OANA VICTORIA

OTĂT OANA VICTORIA

**MODELE DINAMICE
PENTRU ANALIZA
IMPACTULUI LA VEHICULE**



**Editura UNIVERSITARIA
Craiova, 2018**

Referenți științifici:

Prof.univ.dr.ing. Nicolae Dumitru

Prof.univ.dr.ing. Cătălin Alexandru

Copyright © 2018 Editura Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

OȚĂT, OANA VICTORIA

Modele dinamice pentru analiza impactului la vehicule / Oana Victoria

Oțăt. - Craiova : Universitaria, 2018

Conține bibliografie

ISBN 978-606-14-1386-7

Prefață

Dezvoltarea continuă a industriei producătoare de autovehicule, precum și extinderea și modernizarea transportului rutier a condus la creșterea interesului în domeniul cercetării accidentelor rutiere, atât din punct de vedere al dinamicii producerii acestora, cât și al îmbunătățirii securității active și pasive a autovehiculelor, cu scopul de a preveni sau de a diminua consecințele negative ale coliziunilor dintre vehicule.

Lucrarea prezintă într-o manieră structurată cercetările autorului cu privire la modelarea cinematică și dinamică a comportamentului conducătorului în situația unui impact frontal al autovehiculului, rezultând o bază de date complexă privind modul și dinamica producerii accidentelor de circulație, comportamentul cinematic și dinamic al ocupanților vehiculelor în momentul producerii coliziunii, modelarea manechinilor utilizați în testele de crash și gradul de vătămare al ocupanților, cu influența sistemelor de securitate din componența autovehiculelor.

Pentru a studia comportamentul cinematic și dinamic al conducătorului unui autovehicul, înainte, pe parcursul și după un impact frontal, au fost dezvoltate patru metode de analiză, respectiv:

- ✓ Elaborarea de modele virtuale pentru simularea numerică în regim dinamic a impactului frontal, cu analiza influenței poziției incorecte (OOP) a conducătorului auto;
- ✓ Modele matematice pentru studiul cinematic și dinamic al impactului frontal pentru un sistem mobil vehicul - manechin - sisteme de siguranță;
- ✓ Prototiparea virtuală a impactului frontal pentru un sistem complex compus din vehiculul complet, manechin și sisteme de siguranță;
- ✓ Modelarea experimentală a impactului frontal.

În primul capitol, **Considerații generale privind modelarea cinematică și dinamică a impactului la automobile**, se prezintă principale obiective care motivează implementarea și derularea studiilor de cercetare privind accidentele rutiere, având în vedere cercetările moderne efectuate în acest domeniu.

Capitolul 2, **Analiza statistică a accidentelor de circulație pe raza județului Dolj în perioada 2012-2014**, prezintă în contextul unei creșteri tot mai accentuate a numărului de accidente cu urmări grave, o analiză statistică a numărului, vătămarilor și cauzisticii accidentelor rutiere, în perioada 2012 - 2014, pe raza județului Dolj.

În capitolul al treilea, **Analiza comportării cinematice și dinamice a unui manechin la impactul frontal**, se prezintă analiza comportamentului cinematic și dinamic al conducătorului auto implicat într-o coliziune frontală, urmărindu-se poziția manechinului raportat la postul de conducere, precum și acțiunea sistemului de reținere a manechinului. Modelele cinematice și dinamice sunt construite sub mediul de programare LS-Dyna pentru sistemul manechin – vehicul, cu tratarea în sistem integrat a componentelor rigide și deformabile, având la bază metoda elementului finit.

În capitolul 4, **Analiza răspunsului dinamic al manechinului la impactul frontal**, s-au construit modelele matematice pentru analiza comportării în regim dinamic a manechinului la impactul frontal al unui automobil. Ecuațiile de mișcare au fost elaborate în formalismul Newton-Euler, completat cu metoda multiplicatorilor lui Lagrange. Pentru procesarea modelelor matematice s-a conceput un program care lucrează sub mediul de programare Maple. Programul a fost elaborat într-o structură flexibilă, care permite o analiză dinamică directă sau inversă a manechinului, cu considerarea condițiilor inițiale și de contur.

Prototiparea virtuală a impactului frontal pentru un sistem complex vehicul-manechin-sisteme de siguranță este prezentată în capitolul cinci. Prin prototiparea virtuală a acestui sistem dinamic se urmărește analiza răspunsului dinamic al manechinului, dar și al unor componente ale vehiculului, pentru poziția normală a manechinului și pentru situația de poziționare incorectă a manechinului (OOP). Modelarea elementelor și funcțiilor geometro-cinematice ale sistemului mobil complex autovehicul-manechin-sisteme de siguranță s-a realizat sub mediul de programare LS-Dyna.

Capitolul 6, **Analiza experimentală. Metodica și aparatura utilizate. Testări și încercări experimentale**, prezintă analiza experimentală a impactului frontal, realizat pentru trei situații distincte, respectiv: analize și încercări experimentale în regimuri tranzitorii cu un subiect viu; testarea și încercarea în stand a unui manechin de tip femeie și analiza experimentală în regim dinamic a impactului frontal pentru două autovehicule.

Lucrarea se adresează, în principal, studenților de la domeniile Ingineria Autovehiculelor Rutiere și Ingineria Transporturilor, fiind în același timp utilă specialiștilor care lucrează în domeniul sistemelor de siguranță ale autovehiculelor, precum și celor din domeniul exploatarei și întreținerii acestora, unele capitole putând fi folosite și în activitatea experților tehnici auto.

Autorul mulțumește în mod deosebit domnului prof.univ.dr.ing. Nicolae DUMITRU, pentru ajutorul acordat și observațiile făcute pe tot parcursul elaborării lucrării de față. Mulțumiri sunt transmise și domnului prof.univ.dr.ing. Walter THIERHEIMER, pentru sprijinul în efectuarea testelor și încercărilor experimentale.

De asemenea, mulțumesc tuturor persoanelor care vor aprecia efortul depus de autor în elaborarea acestui studiu, cât și persoanelor care vor dori să își exprime unele sugestii critice pe marginea analizei făcute asupra lucrării de față.

Această carte este dedicată mamei mele, care a făcut ca totul să fie posibil; surorii mele pentru suportul moral și logistic, precum și tatălui meu, al cărui exemplu m-a motivat și m-a inițiat în tainele uneia dintre cele mai nobile și frumoase profesii, ingineria.

CRAIOVA, februarie 2018
Autorul



CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND MODELAREA CINEMATICĂ ȘI DINAMICĂ A IMPACTULUI LA AUTOMOBILE

1.1 Introducere

1.2 Cercetări privind analiza fenomenului de impact la autovehicule

1.3 Modelarea și dezvoltarea manechinilor utilizați în testele de crash

1.4 Studii privind gradul de vătămare al ocupanților în funcție de tipul coliziunii și de sistemele de securitate din componența autovehiculelor

1.5 Studii privind comportamentul cinematic și dinamic și determinarea gradului de vătămare al ocupanților în cazul unei poziții incorecte (out-of-position)

1.1 Introducere

În ultima perioadă, atât la nivel național, cât și pe plan internațional, s-a constatat o creștere a interesului în domeniul cercetării accidentelor rutiere, atât din punct de vedere al dinamicii producerii acestora, cât și privind îmbunătățirea securității active și pasive a autovehiculelor, cu scopul de a preveni sau de a diminua consecințele negative ale coliziunilor dintre vehicule.

Obiectivele principale care motivează implementarea și derularea studiilor de cercetare privind accidentele rutiere vizează în general aspecte privind determinarea vitezelor autovehiculelor din momentul anterior impactului și a pozițiilor acestora în momentul impactului, descrierea dinamicii evenimentului, analiza posibilităților de evitare a acestuia, dar și aspecte legate de comportamentul cinematic și dinamic al conducătorului auto precum și al pasagerilor în momentul impactului.

Astfel, în ceea ce privește studiile de cercetare prezentate în literatura de specialitate referitoare la tematica abordată, acestea se pot clasifica, în funcție de domeniul fundamental de studiu, în următoarele direcții de cercetare:

- analiza fenomenului de impact la autovehicule;
- modelarea și dezvoltarea manechinilor virtuali utilizați în testele de crash;
- gradul de vătămare al ocupanților în funcție de tipul coliziunii;
- sistemele de securitate din componența autovehiculelor și influența acestora;
- modelarea comportamentului ocupanților la nivelul părții superioare a corpului;
- modelarea comportamentului ocupanților la nivelul părții inferioare a corpului;
- comportamentul cinematic și dinamic și determinarea gradului de vătămare al ocupanților, în cazul unei poziții incorecte (out of position).

1.2 Cercetări privind analiza fenomenului de impact la autovehicule

Creșterea tot mai accentuată a necesității transportului rutier, atât în ceea ce privește transportul de marfă, cât și transportul de persoane, în condițiile unei rețele stradale și de drumuri publice ce nu au suferit prea multe modificări în ultimele decenii, a condus la o intensificare tot mai pronunțată a densității fluxului de trafic rutier. Principalul efect negativ provocat de aglomerarea traficului rutier este fără îndoială sporirea considerabilă a numărului de accidente, în special cele soldate cu urmări grave.

Așa cum este definit în [102], accidentul rutier este un eveniment produs pe drumurile publice, constând din coliziunea a două sau mai multe vehicule, ori a unui vehicul cu un alt obstacol, lovirea sau călcarea pietonilor, bicicliștilor sau altor participanți la trafic și având ca rezultat vătămarea integrității corporale ori moartea unor persoane, pagube materiale, precum și stânjenirea circulației.

În același climat de opinie, accidentul de circulație rutieră este conform [35], orice eveniment produs din culpă, în care este angajat cel puțin un vehicul în mișcare, care s-a produs sau își are originea pe un drum public și s-a soldat cu decesul ori rănirea uneia sau mai multor persoane ori cel puțin un vehicul a fost avariat sau a provocat pagube materiale.

De asemenea, un accident de trafic [35] poate fi privit și ca o defecțiune „ce apare în sistemul drum - mașină - conducător când se efectuează una sau mai multe manevre necesare desfășurării călătoriei fără pericol și când aceste manevre se efectuează necorespunzător datorită unor factori cauzali ce vor fi descoperiți la locul accidentului”.

Astfel, în cadrul cercetărilor efectuate privind fenomenul de impact la autovehicule s-au adoptat două direcții majore de cercetare, care vizează pe de o parte modul și dinamica producerii accidentelor de circulație, și, pe de altă parte, comportamentul cinematic și dinamic al ocupanților vehiculelor în momentul producerii coliziunii.

1.2.1 Studii privind modul și dinamica producerii accidentelor de circulație

Identificarea și analiza factorilor ce concură în producerea accidentelor rutiere reprezintă o problemă extrem de complexă, dat fiind numărul mare de factori perturbatori, a situațiilor variate de trafic, dar și a comportamentului și reacțiilor diferite manifestate de fiecare conducător auto în parte.

Astfel, una dintre lucrările semnificative care pune în discuție condițiile necesare în reconstrucția accidentelor de circulație este [40]. Prin cercetările întreprinse, autorul urmărește predictibilitatea distribuției modificării parametrilor de intrare în funcție de măsurile de siguranță adoptate. Sunt menționate și situațiile în care efectele măsurilor de siguranță nu sunt predictibile, în acest caz fiind posibilă identificarea constrângerilor sau a specificațiilor care ar putea să îndeplinească rolul acestor măsuri, astfel încât să se realizeze o modificare în analiza accidentului urmărit.

În *Vehicle continuous collision accident reconstruction system development* [141], Wei Langa et. al. propun dezvoltarea unui sistem de analiză și reconstrucție pentru cazul coliziunilor continue. Sunt analizate două situații tipice ale coliziunilor continue, respectiv: coliziune între mai multe vehicule (MVC) și cazul pierderii controlului asupra unui vehicul, urmat de coliziunea dintre două vehicule (LVC). La baza dezvoltării acestui sistem stau elementele cheie necesare analizei unui accident de circulație, precum: algoritmul iterativ al traiectoriei, inspectarea urmelor de la locul accidentului, algoritmul de reconstrucție a accidentului, algoritmul de reconstrucție a pozițiilor și locațiilor vehiculelor implicate într-o coliziune în serie, algoritmul de reconstrucție a accidentului utilizând metoda inversă.

Un alt algoritm a fost dezvoltat de către Park T.-W., Jeong H.-Y. și Park S.-W. în [100] vizează determinarea gradului de severitate al tuturor tipurilor de coliziuni frontale folosind factorii de compensare.

Lucrarea [151] se concentrează asupra zonei de absorbție a energiei și modul de transmitere a forței de impact în cazul unui accident frontal. În acest scop, cu ajutorul pachetului de programe LS-DYNA lucrarea propune o simulare virtuală a coliziunii, care este ulterior comparată cu rezultatele obținute în urma implementării testului experimental dintre un autovehicul sedan de clasa medie și un perete rigid (fig.1.1).

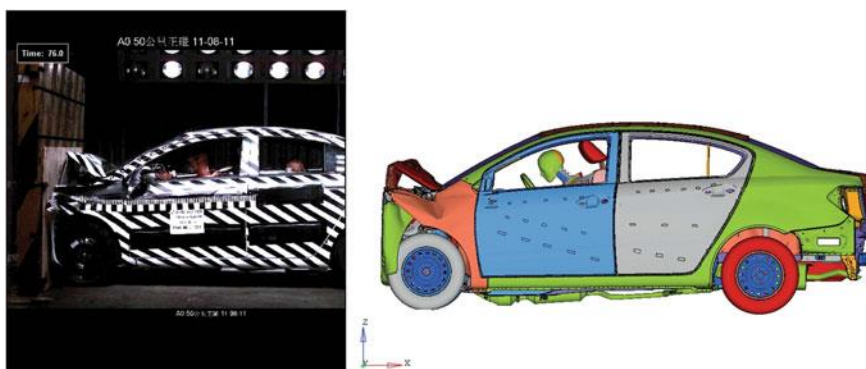


Fig.1.1. Comparație între testul experimental și simularea virtuală [151]

Tot prin intermediul softului LS-DYNA, în [130] se propune o metodă de optimizare a analizei impactului, rezultatelor simulării fiind prezentate și clasificate în funcție de componentele vehiculului.

K. Preston White et al propun în [105] o metodă de optimizare a reconstrucției unei coliziuni frontale. Abordarea adoptată de către autori se bazează pe dezvoltarea de funcții polinomiale în vederea implementării unor modele de simulare privind suprafețele de răspuns ale vehiculului precum și cele ale ocupanților. Astfel, aceste funcții de aproximare descriu relațiile survenite în urma modificărilor variabilelor de proiectare înregistrate într-un ansamblu ce cuprinde vehiculul și sistemele de siguranță, precum și modificările corespunzătoare în ceea ce privește măsurătorile înregistrate la nivelul vehiculului și răspunsurile dinamice ale ocupanților, aplicate unor condiții de accident variate.