

**Seminarul profesional**  
**Interpretarea criminalistică și medico-legală a unor elemente materiale**

**CERCETĂRI PRIVIND CORELAREA DISTANȚEI DE PROIECTARE A BICICLIȘTILOR CU  
VITEZA AUTOVEHICULULUI IN MOMENTUL IMPACTULUI**

---

**DOI:10.24193/SUBBjur.62(2017).2.11**

**Published Online: 2017-06-15**

**Published Print: 2017-06-30**

---

**Gabriel PĂDURARU\***

**Abstract:** *Researches on the correlation between the projection distance of bicycle riders and the speed of motor vehicles at the moment of impact. Recently, the presence of two-wheeled vehicles is increasingly felt in urban agglomerations. For this reason, the incidence of accidents involving two-wheeled vehicles has increased substantially, on the one hand, due to the lack of infrastructure to ensure the maximum safety of cyclists and, on the other hand, due to the lack of discipline of cyclists, extra-urban traffic. A very important element in the reconstruction of traffic accidents involving cyclists is the speed of the vehicle at the moment of impact. In the present paper there are some relationships that can be used successfully in calculating vehicle speed at the moment of impact by bicycle.*

**Keywords:** *forensics, bicycle accidents, projecting distance, impact velocity.*

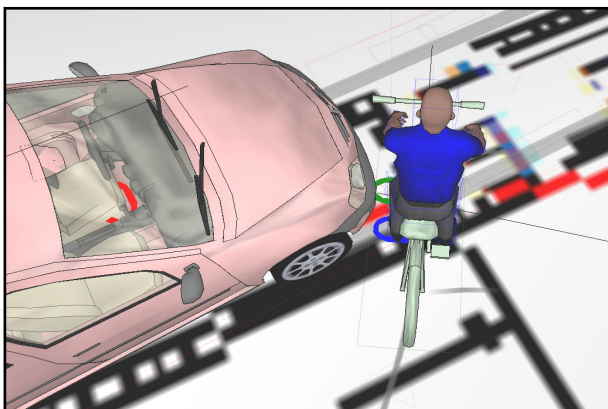
## **Introducere**

Stabilirea vitezei de impact a autovehiculului cu o bicicletă reprezintă un factor important întrucât în momentul în care se trece la reconstrucția accidentului și analiza a dinamicii acestuia prin regresie în timp, se pot plasa cele două vehicule în spațiu în momentul declanșării stării de pericol și astfel se pot stabili posibilitățile de observare și măsurile ori manevrele ce se puteau efectua pentru a evita impactul.

## **Coliziuni tipice în accidentele autovehicul – biciclete**

Cel mai des întâlnit mod de producere al impactului este cel în care traiectoria bicicletei formează un unghi cuprins între 25-60° cu traiectoria autovehiculului. În intenția lor de a vira la stânga sau de a întoarce, bicicliștii chiar dacă se asigură pe moment, ignoră din neștiință sau din neatenție faptul că un autovehicul deși se află la o distanță apreciabilă față

de locul manevrei, vitezele acestora sunt de 5 - 10 ori mai mari decât ale bicicletei și în mod eronat apreciază că virajul poate fi efectuat în condiții de siguranță (Fig.1). În lipsa unor indicii sau urme pe baza cărora să se poată stabili unghiul format de direcțiile celor două vehicule în momentul impactului, se poate aproxima valoarea acestuia la 45°. Indicii importante se pot obține pe baza unghiului de deformare a cadrului bicicletei și poziționarea acestuia pe frontala autovehiculului (Fig. 2 și 3). Pe suprafața frontală a autovehiculului se vor regăsi urme formă și urme substanță create de diferite repere ale bicicletei în urma impactului (Fig. 4).



*Fig. 1. Impact autoturism biciclist sub un unghi de cca. 45°.*



*Fig. 2. Poziționarea bicicletei în momentul impactului*



**Fig. 3.** Bicicleta fotografiată de sus

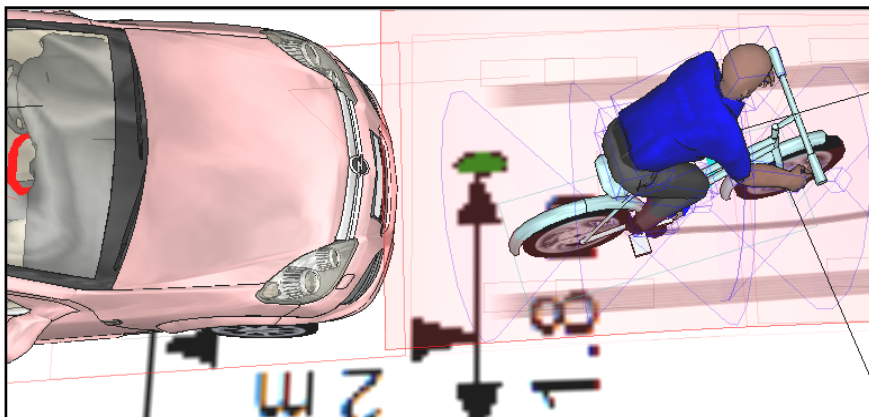


urme formă și urmă  
substanță creată de  
extremitatea din  
dreapta a ghidonului

urme formă și urmă  
substanță creată de  
extremitatea din  
stânga a ghidonului

**Fig. 4.** Urme create pe frontala autovehiculului în urma impactului

Un alt tip de coliziune este cel în care traiectoriile celor două vehicule sunt colineare sau paralele, indiferent că lovirea se produce față – spate sau față – față. Această coliziune lasă urme specifice pe ambele vehicule (Fig. 5,6 și 7).

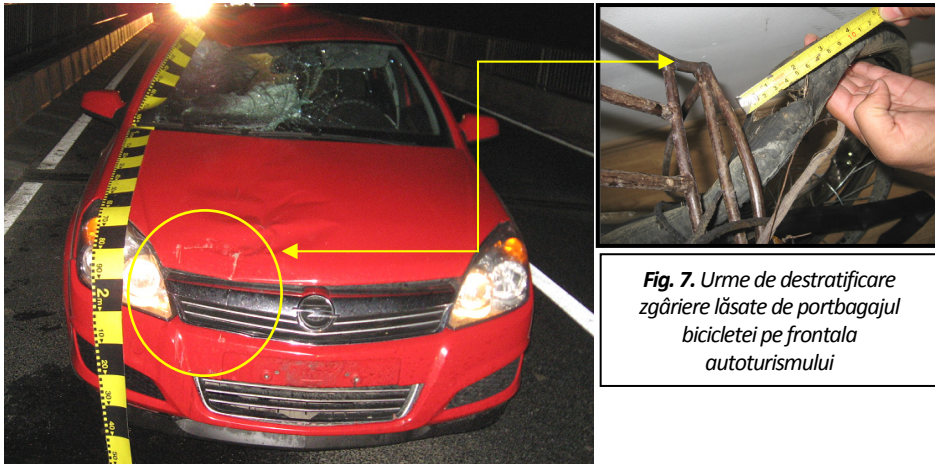


*Fig. 5. Coliziune față - spate*

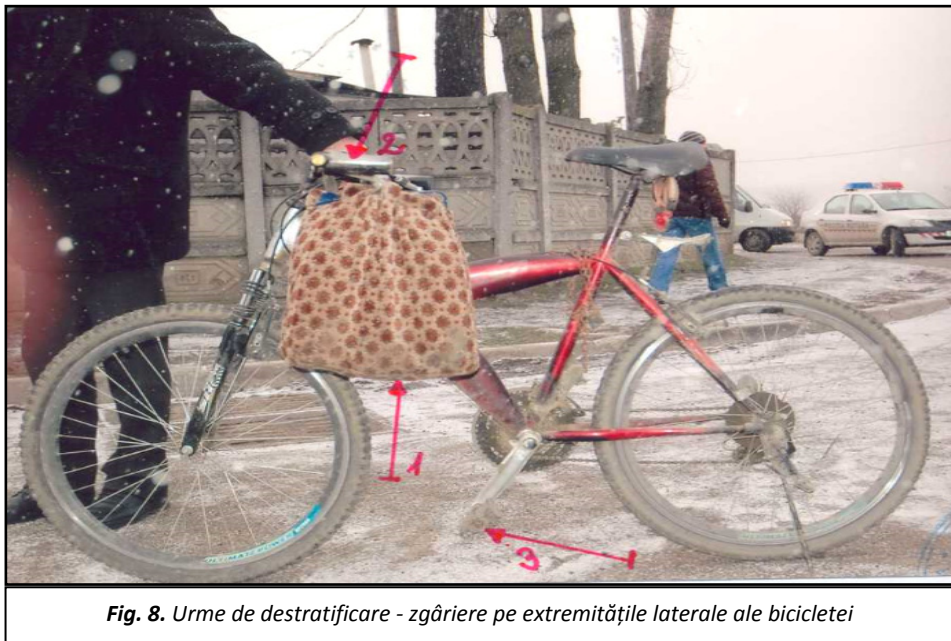


*Fig. 6. Aspectul roții din spate și al cadrului bicicletei*

În acest tip de coliziune se remarcă deformația roții din spate a bicicletei care reprezintă o urmă formă creată de frontala autovehiculului. De asemenea, cadrul bicicletei este deformat între ghidon și pedaliar ca urmare a acțiunii unei forțe de compresie între cele două roți ale bicicletei. Forța de compresie care a acționat a depășit limita de încovoiere elastică a materialului din care e confecționat cadrul și a produs o deformație plastică unghiulară.



Pe frontala autovehiculului se vor regăsi urme create de diferite repere ale bicicletei, de exemplu de janta roții, de șea, portbagaj etc. (Fig.7).



Un al treilea mod de producere al impactului este cel în care conducătorul auto nu păstrează o distanță laterală suficientă și acroșează biciclistul. Urmele de acroșaj se vor găsi pe extremitățile laterale exterioare ale bicicletei cum ar fi extremitățile ghidonului, șeaua, pedalele etc. (Fig. 8).

Autovehiculul va purta urme de destratificare zgâriere și mai rar urme formă, de dimensiuni mici, discrete, de aceea se impune o examinare atentă (Fig. 9).

După ce s-a stabilit modul de producere al impactului, printre urmele constatate pe carosabil, în mod obligatoriu trebuie identificată urma sau urmele de pneu lăsate de anvelopa sau anvelopele bicicletei în momentul impactului. Aceste urme se imprimă pe carosabil, în mod obligatoriu în locul în care se intersectează traiectoriile celor două vehicule și fixează locul impactului care reprezintă un reper important cu ajutorul căruia se poate stabili cu precizie distanța de proiectare a biciclistului (Fig. 10).

În lipsa acestor urme, locul impactului poate fi aproximat cu o precizie suficient de bună luând în considerare obiecte care au aparținut victimei și care se desprind ușor, cum ar fi: șepci, ochelari de vedere, ochelari de soare etc.



*Fig. 9. Urme de destratificare - ștergere imprimate pe anvelopa dreapta spate a autovehiculului.*

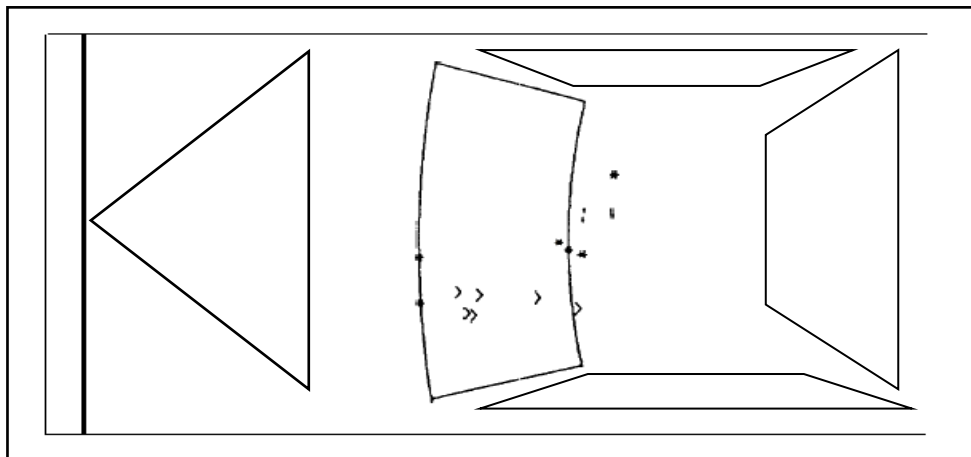


**Fig. 10.** Urmă imprimată de pneul bicicletei în momentul impactului

### Calculul distanței de proiectare

Distanța centrului de greutate al biciclistului față de sol este superioară celei a unui pieton [1]. Avariile autovehiculului sunt produse atât de impactul cu bicicleta cât și de impactul cu biciclistul. Impactul dintre biciclist și autovehicul se soldează cu avarii foarte asemănătoare cu cele create de impactul cu un pieton (Fig. 7 și 11) însă datorită centrului de greutate mai înalt, apare o rotație mai intensă a biciclistului, datorită momentului mai mare și datorită faptului că nu se mai consumă energie cinetică pentru a învinge aderența dintre tălpile pietonului și carosabil. Prin ruperea oaselor membrelor inferioare ale pietonului momentul rotirii victimei este mai mic prin pierderea rigidității brațului forței de rotație și datorită acționării forței gravitaționale asupra corpului pietonului. Poziția centrului de greutate al unui pieton este cu cca. 10 cm mai coborâtă decât a aceluiași pieton aflat pe o bicicletă al cărei scaun a fost corect reglat ceea ce poate reprezenta până la 25% din valoarea inițială.

Poziția mai ridicată a centrului de greutate determină aproape întotdeauna bascularea biciclistului și contactul corpului acestuia (nu numai a capului ca în cazul pietonilor) direct cu parbrizul fapt constat de specialiști [2] (Fig. 11) din analize proprii (Fig. 12, 13).



**Fig. 11.** Impactul biciclistului cu parbrizul;  
> date obținute de Haight și Eubanks;  
\* date obținute de Otte



**Fig. 12.** Aspectul frontalei unui autoturism după impactul cu un biciclist poziționat perpendicular pe traiectoria autoturismului



**Fig. 13.** Avariile unui autoturism la impactul față spate cu o bicicletă

Corpul biciclistului în urma impactului cu parbrizul suferă o mișcare de ascensiune către cupolă care depinde de unghiul parbrizului, de adâncimea deformației și de viteza de impact. Din observații proprii s-a constatat că uneori, mai ales la coliziunile față – spate, bicicleta este aruncată și ea spre cupolă, lăsând urme specifice.



După impact, bicicleta este proiectată de obicei pe o traiectorie diferită de cea a biciclistului iar distanțele de proiectare sunt diferite. **Otte** a propus două relații [3]:

$$V_{\text{impact}} = 8.5458 \cdot S_{\text{biciclist}}^{0.6289} <\text{km/h}> \quad (1)$$

$$V_{\text{impact}} = 7.31211 \cdot S_{\text{bicicletă}}^{0.6369} <\text{km/h}> \quad (2)$$

unde:  $S_p$  = distanța de proiectare a bicicletei sau biciclistului <m>;

În 1989, **Limpert** a elaborat o relație de dependență a distanței de proiectare a biciclistului în funcție de viteza autovehiculului în momentul impactului, a cărei eroare a estimat-o la  $\pm 4$  km/h [4]:

$$V_i = 10,56 \sqrt{8,4 \cdot \mu^4 + 3,28 \cdot \mu \cdot S} - 32 \cdot \mu^2 <\text{km/h}> \quad (3)$$

unde:  $\mu$  = coeficientul de aderență al pneurilor autovehiculului la carosabil (între 0,7 – 1,2);

$S$  = distanța de proiectare a biciclistului <m>;

**Collins ș.a.** [5] au elaborat o relație pentru calculul distanței de proiectare a pietonului funcție de viteza de impact în care a fost introdus ca factor înălțimea centrului de greutate al pietonului. Rescriind ecuația lui Collins sub forma unei ecuații de gradul doi, soluția acesteia va fi viteza de impact a autovehiculului:

$$V_i = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} <\text{km/h}> \quad (4)$$

unde:  $a = \frac{1}{254 \cdot \mu}$  ; coeficientul de aderență  $\mu$  recomandat de autori, este de 0,8;

$$b = \frac{\sqrt{h}}{4,97} ;$$

$h$  = înălțimea centrului de greutate <m>;

$c = -S$  ; distanța de proiectare a biciclistului <m>;

Datorită faptului că intervine ca variabilă înălțimea de proiectare și mișcarea parabolică a corpului care nu este uniformă, factori care depind de înălțimea centrului de greutate al biciclistului și înălțimea marginii frontalei autovehiculului, **Searle și Searle** în 1983

au elaborat două ecuații prin care se poate calcula plaja de valori a vitezei autovehiculului în momentul impactului [6].

$$V_{i\min} = \sqrt{26 \frac{\mu \cdot g \cdot S}{1 + \mu^2}} \text{ <km/h>} \quad (5)$$

$$V_{i\max} = \sqrt{26 \frac{\mu \cdot g \cdot S}{1}} \text{ <km/h>} \quad (6)$$

unde: S = distanța de proiectare <m>

g = 9,81 m/s<sup>2</sup> - accelerația gravitațională;

μ = 0,66 - 0,79 - coeficientul de aderență al pneurilor autovehiculului la suprafața de rulare.

unde: μ = coeficientul de aderență al pneurilor autovehiculului la carosabil – recomandat de autori între 0,66 – pentru asfalt și 0,79 pentru iarbă.

**Fugger, Randles, and Eubanks** (2000) au elaborat o ecuație simplă, neliniară pentru calculul vitezei de impact a autovehiculului în funcție de distanța de proiectare a pietănilor, care, conform autorilor poate fi folosită și pentru impacturile cu bicicliști.

$$V_{\text{impact}} = 8.3604 \cdot S_{\text{pciclist}}^{0.6046} \text{ <km/h>} \quad (7)$$

unde: S = distanța de proiectare <m>

Prin combinarea datelor experimentale de la testele de impact soldate cu proiectarea către înainte cu datele obținute la impacturile soldate cu bascularea victimei și proiectarea către înainte pe o traiectorie parabolică, **Wood** [8] a stabilit o relație simplă în care sunt acoperite atât impacturile cu proiectare simplă către înainte cât și cele cu basculare și proiectare parabolică.

$$V_{\text{impact}} = K \cdot \sqrt{S} \text{ <km/h>} \quad (8)$$

unde: K = 8,77 - 13,76

S = distanța de proiectare <m>

Pentru cazul în care autovehiculul are frontala înaltă, marginea capotei lovește biciclistul sau pietonul deasupra centrului de greutate și victima nu suferă bascularea și rostogolirea peste capotă se pot folosi ecuațiile lui Wood în forma lor modificată prin regresie logaritmică (pseudo neliniară). Ecuațiile au fost obținute prin testări efectuate cu autovehicule cu frontala înaltă de tip van.

Ecuațiile empirice stabilite de Wood prezintă două forme, una de minim și una de maxim (8) [10] unanim acceptate în literatura de specialitate din SUA [3] (relația 8) și din țările europene (relația 9):

$$V_i = c \cdot \sqrt{S} \quad (\text{km/h}) \quad (9)$$

unde :

$$\left. \begin{array}{l} c = 7,308 \dots 14,04 \text{ pentru copii;} \\ c = 7,02 \dots 13,57 \text{ pentru adulți} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{pentru coliziunile fără rostogolirea} \\ \text{pietonului sau bascularea acestuia} \end{array}$$

S = distanța de proiectare în metri.

c = 9...16,2 valoarea acceptată și de literatura europeană este de 12 la coliziunile cu basculare și rostogolire.

Atunci când suprafața carosabilă este umedă sau acoperită cu zăpadă, polei, mazăgă, se recomandă folosirea unor coeficienți "K" sau "c" mai aproape de minim.

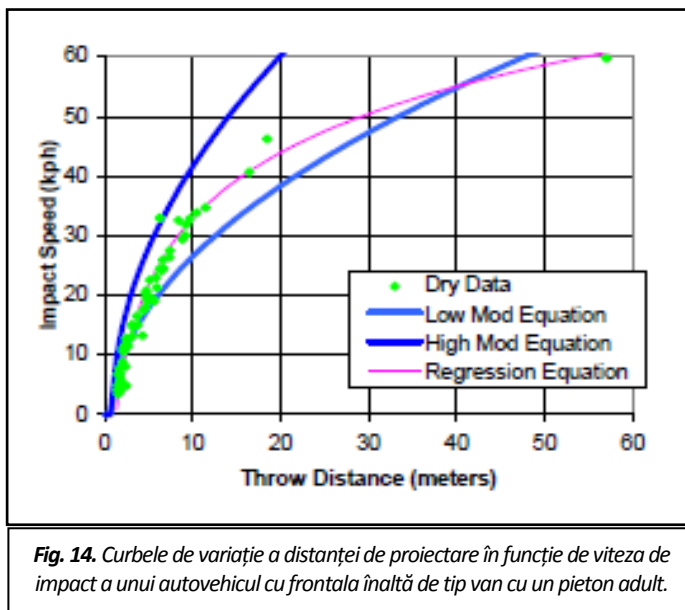
În situațiile impacturilor cu colțul frontalei, energia cinetică primită de corpul victimei este mai mică decât în cazul impactului total cu frontala deci ar trebui ca valoarea coeficientului de multiplicare din fața radicalului să fie mai mare.

Experimentele efectuate în cazul coliziunilor cu vehicule cu frontala înaltă, au avut rezultate care s-au încadrat în limitele de valori date de formulele (8) și (9). Cu acest prilej s-au obținut un număr mare de valori experimentale fapt pentru care s-a procedat la transformarea ecuației prin regresie liniară, în cazul nostru fiind adoptată metoda logaritmică deoarece a dat rezultatele cele mai mici în privința abaterilor, obținându-se relația (10):

$$V_i = -4,0894 + (16,0339 \times \ln S_{pr}) \quad (10)$$

unde:  $S_{pr}$  = distanța de proiectare a pietonului.

Reprezentarea grafică a funcției de regresie și a curbelor pentru minimul și maximul ecuațiilor lui Wood sunt expuse în Fig. 14.



## Discuții și concluzii

Din studiile efectuate, s-a constatat că între momentul impactului și cel al proiectării corpului biciclistului se scurge o perioadă de timp cuprinsă între 80 - 120 ms, exact ca în cazul impacturilor cu pietoni. În momentul impactului corpul victimei primește o energie cinetică pe care o disipă pe parcursul rostogolirii pe capotă dacă muchia acesteia este sub centrul de greutate al victimei, prin mișcarea parabolică de proiectare și prin alunecare sau rostogolire - alunecare a corpului pe suprafața carosabilului.

În cazul în care punctul de impact se află deasupra centrului de greutate al biciclistului, fapt întâlnit la frontalele înalte ale autovehiculelor (autocamioane, autobuze, microbuze etc.) cantitatea de energie consumată pentru bascularea pe capotă nu dispare ci se transferă celorlalte procese care succed impactului și astfel distanțele de proiectare sunt mai mari.

În complexitatea procesului intervin mai mulți factori cum ar fi: greutatea biciclistului, coeficientul de aderență al pneurilor autovehiculului la carosabil, coeficientul de frecare dintre corpul victimei și carosabil, greutatea autovehiculului, regimul de deplasare al autovehiculului (deplasare rectilinie și uniformă, deplasare în stare frânată sau uniform accelerată). Atunci când se aplică astfel de calcule trebuie ținut cont de faptul că relațiile expuse au fost stabilite prin experimente desfășurate în condiții statice pentru bicicliști, deplasare rectilinie pentru autovehicul, urmată de frânarea autovehiculului și carosabil uscat.

În consecință, potrivit celor de mai sus, la analiza unui accident vor trebui folosite cel puțin două relații și va trebui să se țină cont de abaterile pe care le au valorile obținute. Valorile vitezelor de impact calculate astfel vor trebui trecute prin filtrul experienței specialistului care analizează accidentul.

## BIBLIOGRAFIE

1. Jeffrey P. Broker Ph.D., Paul F. Hill. *Bicycle Accidents, biomechanical, Engineering and Legal Aspects*. Tucson, Arizona : Lawyers & Judges Publishing Company INC, 2006. 9789013875902.
2. *Trajectory Analysis for Collisions Involving Bicycles and Automobiles*. W.R. "Rusty" Haigh, Jerry J. Eubanks. 900368, s.l. : SAE Paper, 1990.
3. Otte, D. (2004). *Use of Throw Distances of Pedestrians and Bicyclists as Part of a Scientific Accident Reconstruction Method*. Warrendale USA: SAE Accident Reconstruction pag. 185-193.
4. Limpert, R. (1999). *Motor Vehicle Accident Reconstruction and Analysis*, Second Edition. Charlotte, V.A.: Michie Butterworth.
5. Collins, J. and J.L. Morris. (1979). Accident Reconstruction. În *Highway Collision Analysis* (pg. 240-242). Springfield, IL: Thomas Publishing.
6. Searle, J.C. and A. Searle. (1983). The trajectories of Pedestrians, motorcycles, motocyclists, etc. following road accident. *Proceedings of the 27<sup>th</sup> Stapp Car Crash Conference*. SAE 831622.
7. Fugger, T., B. Randles, and J.J. Eubanks. (2000). Comparison of Pedestrian and accident reconstruction model to experimental test data for wrap trajectories. *ImechE Conference Transactions: Vehicle Safety*. pag. 104-122.
8. Wood, D.P. (1997). Determination of speed from pedestrian throw. Chapter 2. In *Forensic Accident Investigation: Motor Vehicles*. Charlotte, VA: Michie Butterworth.
9. Thomas F. Fugger, Jr., Bryan C. Randles and Jesse L. Wobrock – Accident Research and Biomechanics, Inc., Jerry J. Eubanks – Automobile Collision Cause Analysis, - *Pedestrian Throw Kinematics in Forward Projection Collisions* – SAE 2002 World Congress Detroit, Michigan, March 4-7, 2002 paper 2002-01-0019.
10. Wood, D. Impact and movement of the pedestrians in frontal collisions with vehicles. *ImechE Conference Transactions*. paper. no. 51/88, 1988.
11. Radu Gaiginschi, - *Reconstrucția și expertiza accidentelor rutiere* – Ed. Tehnică, București 2009, pag. 310.

---

\* Institutul național de expertize criminalistice, Laboratorul interjudețean Iași; contact@gpaduraru.ro.