



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2016

CERCETĂRI EXPERIMENTALE ALE DINAMICII VEHICULELOR TOT TEREN DE TIP CF MOTO 500-5A/L7e ÎN CAZUL TRACTĂRII REMORCII

Adela BORZAN, Bogdan Ovidiu VARGA,
Doru Laurean BĂLDEAN, Dan MOLDOVANU

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF CF MOTO 500- 5A/L7E ATV'S DYNAMICS IN THE CASE OF TRAILER TOW

All-Terrain Vehicles are globally-spread nowadays both as entertaining systems and as utility equipment. This paper presents a contribution to the experimental research and graphical study of the data gained by developing a practical protocol and methodology in order to monitor the kinematic and dynamic parameters for three specific road surfaces, with all-terrain vehicle of the type ATV CF MOTO 500-5A/L7e in the process of deceleration/acceleration from different initial speed values. There were measured the braking distances compared to the initial reference point and meanwhile were determined the dynamic parameters of the ATV CF MOTO 500-5A/L7e during the acceleration/deceleration process in the case of trailer towing, when a traction force acts at the vehicle hook due to the 750 kg trailer. The opportunity of researching this dynamic behavior is made possible by a research contract in Technical University of Cluj-Napoca, showing that the trailer inertia force is influencing both kinematics and dynamics during driving maneuvers of braking and accelerating, as well as different conditions during usual ATV riding.

Keywords: ATV, dynamics, kinematics, inertia, trailer, speed
Cuvinte cheie: ATV, cinematică, dinamica, inerție, remorcă, viteză

1. Introducere

În lucrarea de față se prezintă un studiu comparativ al datelor achiziționate prin aplicarea protocolului de cercetare experimentală cu

privire la demaraj, frânare, distanța de oprire și la parametri dinamici (i.e. forța la cârligul de tractare), pe trei suprafețe carosabile, cu vehicul tot-teren de tip MOTO CF 500-5A/L7e în timpul procesului de decelerare de la diferite viteze. Se măsoară spațiile de oprire și forța la cârlig a vehiculului ales pentru studiu, ATV CF MOTO 500-5A/L7e (All Terrain Vehicle, vezi figura 1) în timpul procesului de accelerare/frânare în cazul prezenței forței inerțiale la cârlig datorate tractării unei remorci ușoare. Necesitatea studierii comportamentului dinamic vine din



influența majoră pe care o are forța de inerție a remorcii încărcate în timpul deplasării ansamblului de vehicule.

Fig. 1 ATV din gama MOTO CF 500-5A/L7e

Vehiculul tot-teren - ATV CF 500-5A/L7e - se deplasează pe multiple tipuri de

drum sau teren (figura 2), indiferent de starea suprafeței carosabile, comercial fiind etichetat All Terrain Vehicle.

Fig. 2 ATV din gama Cfmoto 0

Articolul sistematizează cercetările experimentale privitoare la testele dinamice realizate în două variante cu și fără remorcă.



2. Studiul dinamicii procesului de remorcăre

Vehiculul tot-teren ATV CF 500-5A/L7e este echipat cu dispozitiv de remorcăre prin intermediul căruia pot fi tractate remorci sau se pot conecta alte sisteme utilitare.

Forțele dezvoltate în deplasare sunt reduse la centrul de greutate, la cârlig și la punțile vehiculului (figura 3): F_{ix} -forța de inerție; F_{ic} -Forța de tracțiune; y_1, y_2, y_3 reacțiunile laterale.

Prinderea cârligului de tractare (2) a remorcilor și altor utilaje propulsate se realizează printr-o asamblare demontabilă (5) cu două șuruburi M8 direct pe (1) cadrul vehiculului tot-teren ATV CF Moto 500-2A/ L7e [1]. Suportul (3) are două găuri de trecere pentru șuruburile (5) de fixare pe cadrul (1) și o gaură de 20 mm pentru trecerea șurubului cârligului (2).

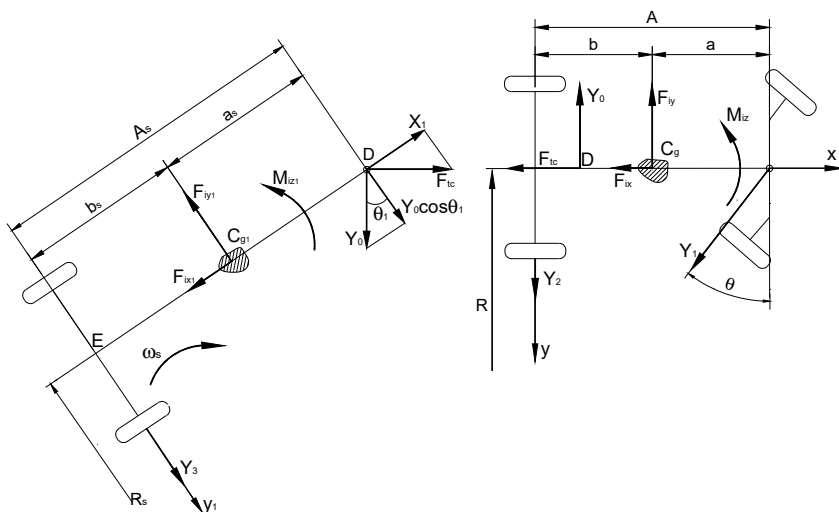


Fig. 3 Componentele dinamice care acționează asupra vehiculului tot-teren ATV CF MOTO 500-5A/L7e în cazul tractării remorcii

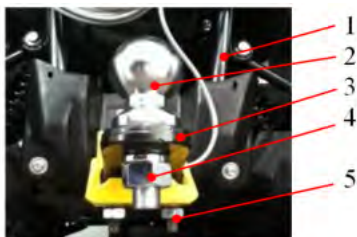


Fig. 4 Cârligul vehiculului tot-teren (ATV) pentru cuplarea remorcii 0

1-cadru; 2-cârligul; 3-placa suport; 4- asamblarea filetată a cârligului pe placa suport; 5-asamblarea filetată a plăcii suport pe cadru.

3. Metodologia cercetării

Protocolul metodologic de întocmire a planului de testare practică, respectiv realizarea efectivă a determinărilor efective în exploatare a urmărit stabilirea condițiilor de experimentare (tipul și condițiile de drum, starea tehnică pe durata încercărilor la frânarea până la viteza 0 km/h în cazul vehiculului tot-teren ATV CF Moto 500-5A/L7e, vitezele de deplasare, forțele de inerție la afișajul electronic conectat la cârligul de tractare a remorcii, accelerațiile și decelerațiile maxime etc.).

S-au ales mai multe suprafețe carosabile, pe terenuri sau drumuri cu valori diferite ale coeficientului de aderență, funcție de locația selectată în vederea evaluării comportamentului în timpul frânării – pe plan orizontal, în pantă sau în rampă –vehiculului tot-teren ATV CF

Moto 500-5A/L7e. Totodată s-a definit repetabilitatea măsurătorilor de la viteze inițiale diferite ale ATV CF Moto 500-5A/L7e de la care se începe acționarea frânelor de serviciu.

Planul metodologic se fundamentează prin parcurgerea etapelor:

1. propunerea unui model de calcul pentru determinarea aderenței drumului în cazul distanței de frânare măsurate prin încercări experimentale și pentru calculul spațiului teoretic de frânare la o aderență dată (relația (1));
2. configurarea și conectarea echipamentelor utilizate în timpul testelor;
3. definirea ansamblului mărimilor de intrare/ieșire;
4. achiziția, stocarea și procesarea mărimilor utilizate în vederea elaborării concluziilor privitoare la testarea în exploatare.

Distanța minimă teoretică de frânare, în cazul în care decelerarea este totală ($v_2 = 0$) – caz în care se poate neglija coeficientul de rezistență la rulare ($f=0$) – se determină cu relația (2)]:


$$\varphi = \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{1}{S_{f_{\min. \text{ experimental}}}} \Rightarrow S_{f_{\min. \text{ teoretic}}} = \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{1}{\varphi} \quad [m], \quad (1)$$

unde: g este accelerația gravitațională, în m/s^2 ; φ – coeficient aderență; v_1 – viteza la începutul procesului de frânare, în m/s .


Caracteristicile principale ale vehiculului testat și cele ale profilului pneurilor folosite în timpul testelor experimentale cu și fără forță la cârlig sunt redată în tabelul 1 (Caracteristici principale ale vehiculelor supuse încercărilor practice) și 2 (Caracteristicile pneurilor ATV CF Moto 500-5A/L7e supus încercărilor practice).

Încercările practice s-au realizat pe mai multe tipuri de carosabil, la temperaturi de la 10 până la 20 °C, de la o viteză minimă de deplasare de 20 km/h.

Tabelul 1

Tip vehicul/ catego- rie	Putere vehicul CP/rpm	Cuplu maxim Nm/rpm	Viteza maxi- mă km/h	Dimensiuni (Lxlxh) mm	Imagine
CF MOTO CF 500- 5A/ L7e	33/650 0	36/5500	70	2300 x 1180 x 1230	

Tabelul 2

Tip vehicul/ categorie	Înălțime profil creste pneuri față mm	Înălțime profil creste pneuri față mm	Notații pneuri față mm	Notații pneuri față mm	Imagine
CF MOTO CF 500-5A/ L7e	20	20	25x8x12	25x10x12	

Valorile vitezelor la care începe procesul de frânare au fost mărite cu incrementul: $i = 10$ km/h.

Figura 5 reprezintă planul testelor practice pentru ATV CF Moto 500-5A/L7e. S-au realizat înregistrări inițiale cu privire la suprafața carosabilă, la instrumentele și programele folosite.



Fig. 5 Planul metodologic al cercetării ATV CF Moto 500-5A/L7e la frânare

Necesitatea evaluării forțelor la cârlig rezidă în faptul că rezultatele pot fi folosite la optimizarea specificațiilor și reglajelor, în sensul introducerii acestor soluții de tractare în utilizarea curentă.

În vederea măsurării spațiilor de oprire, a forțelor inerțiale ale remorcii și a decelerațiilor la frânare s-a încărcat remorca la valoarea specificată de constructor, conform tabelului 3 (Evaluarea prealabilă a capacității de remorcare cuplă-vehicule). S-a determinat masa remorcii utilizând platourile de cântărire ale standului AFP DSpace.

Tabelul 3

MASA USCATĂ A VEHICULULUI	MASA ESTIMATĂ A FI TRACTATĂ	MASA MAXIMĂ ADMISĂ A REMORCII
340 kg	680 kg	750 kg

În cazul testelor practice s-a apelat la poligonul configurat marcat corespunzător condițiilor concrete de la fața locului (vezi figura 6), utilizând echipamentele necesare pentru înregistrarea valorilor determinate.

Încercările ATV Cfmoto 500-5A/L7e s-au realizat pe trei tipuri de teren (pavaj, asfalt și off-road), în aliniament, rampă și pantă.



Fig. 6 Poligonul destinat încercărilor practice 0
a-pavaj; b-asfalt; c-teren accidentat.

4. Derularea testelor experimentale cu vehiculul tot-teren

Testarea experimentală pentru stabilirea parametrilor cinematici și dinamici până la oprire cu autovehiculul tot-teren pe multiple suprafețe carosabile a ocazionat implementarea senzorului pentru forțe inerțiale la cârligul dintre remorcă și ATV. S-au determinat: spațiul de oprire de la diferite viteze inițiale, accelerațiile, solicitările longitudinale și transversale, precum și forțele de inerție la cârlig. Măsurătorile s-au realizat inițial pe carosabil orizontal (figura 7), urmate apoi de testele în pantă/rampă, păstrând regimul de lestarsă a vehiculului tractat prin cuplarea la dispozitivul de remorcă al ATV-ului Cfmoto 500-5A/L7e.



Fig. 7 Test în aliniament
a-pavaj; b-asfalt; c-teren accidentat

Pentru realizarea poligonului de testare experimentală în toate cele trei situații s-a amenajat o zonă de o lungime cuprinsă între 50÷80 metri, dintre care 30 metri disponibili pentru spațiul de frânare (trasat cu unități de 0,5 m și semnalizat corespunzător cu jaloane de referință prevăzute la 5 m), iar alți 20÷50 m zonă pentru accelerare până la valori prestabilite ale vitezei. La testele practice fără forță la cârlig și deci fără sarcina de tractare în cazul ATV Cfmoto 500-5A/L7e, distanțele

parcursse în procesul de decelerare (până la oprirea totală pentru vitezele de deplasare - referențiale de la care s-a inițiat procesul de frânare - adică 20 km/h și 30 km/h) nu au fost situate 0,5÷8 metri.



Pentru cazurile când s-a realizat și tractarea la cârlig a remorcii încărcate cu material de lestars (figura 8) s-au măsurat distanțele de frânare până la oprire, valori încadrate în intervalul 3÷17 metri, fiind astfel suficientă pista măsurată și trasată de 30 metri.

Fig. 8 Lestarea remorcii

5. Sinteza rezultatelor cercetării experimentale

Prin realizarea determinărilor experimentale în exploatare s-au achiziționat anumite date legate de distanțele de frânare până la oprire, parametri cinematici (viteze și accelerații), respectiv parametri dinamici (forța la cârlig). În acord cu specificațiile din Tabelul 5, Anexa 11, din regulile cunoscute ca RNTR 1, vehiculele L7e trebuie să realizeze cu ajutorul sistemului de frânare de serviciu o valoare minimă (de 4,4 m/s²) a decelerației măsurate maxime, iar pentru frâna pe spate (dacă este cazul) o valoare minimă (de 2,5 m/s²) a decelerației maxime măsurate 0.

Evaluarea distanțelor de oprire cu și fără forță dezvoltată de către remorcă atașată la la dispozitivul de tractare pentru vitezele de deplasare pe teren în aliniament sunt reprezentate în figura 9. S-a dezvoltat o tendință de evoluție exponențială a spațiului de oprire cu viteza de deplasare.

Figura 10 prezintă datele privitoare la forțelor de tractare pe diferite suprafețe carosabile. Se observă că maximul solicitării apare la deplasarea pe off-road (pantă) cu remorcă, respectiv pe faza de coborâre cu remorcă pe drum de asfalt.

Se observă aspectul că forța dezvoltată la cârligul de tractare este considerabil influențată de viteza de la care se începe frânarea și într-o mai mică măsură de panta drumului.

Figura 11 a prezintă valorile accelerațiilor, iar figura 11 b decelerațiile măsurate pe durata testelor experimentale (de la demaraj

până la stabilizarea vitezei la care s-a inițiat încercarea) pe diferitele tipuri de teren.

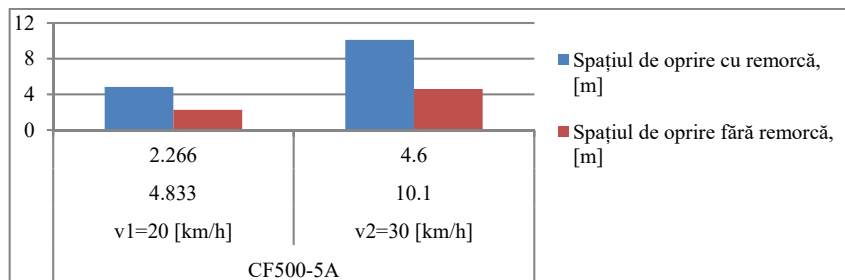


Fig. 9 Valorile distanțelor de oprire pe carosabil în aliniament, pentru două viteze de deplasare cu și fără remorcă

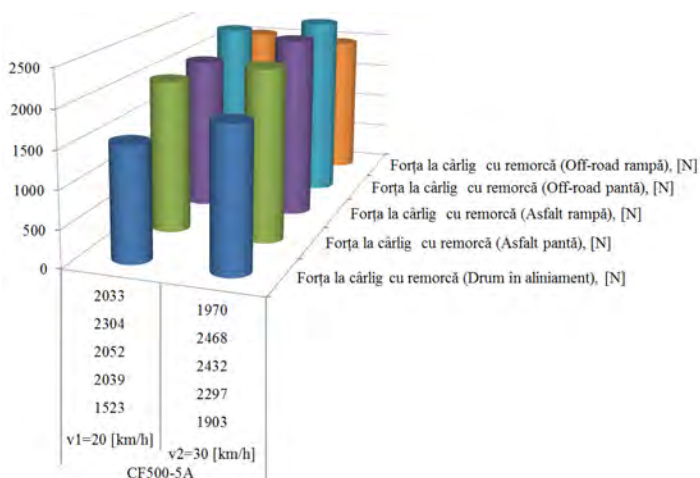


Fig. 10 Valorile forțelor de tractare pe toate tipurile de carosabil ales, pentru cele două viteze de deplasare

Se poate nota faptul că valorile maxime ale accelerațiilor și decelerațiilor determinate și colectate cu aparatura pe care a fost instalată aplicația G-Force (figura 12), s-au dezvoltat la deplasarea pe carosabil orizontal și la deplasarea pe off-road. În faza secundă, în care se realizează decelerarea, se centralizează valorile înregistrate pentru decelerațiile dezvoltate pe durata încercărilor (din momentul atingerii și stabilizării vitezei până la inițierea procesului frânării) pe cele trei tipuri de suprafețe carosabile menționate în protocolul metodologic.

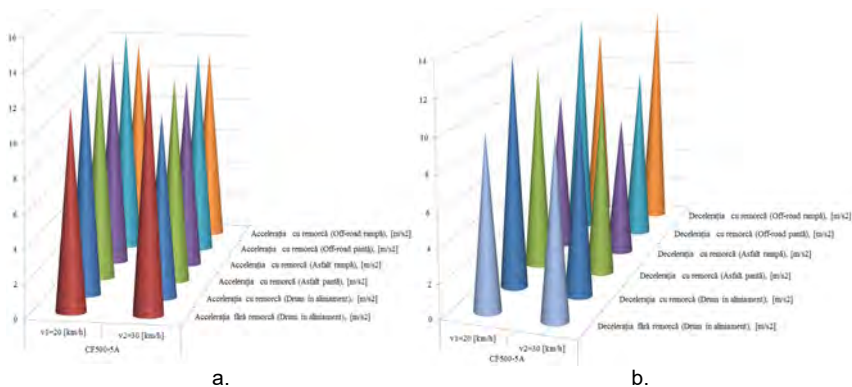


Fig. 11 Valorile accelerațiilor (a) și decelerațiilor (a) la viteze și pe suprafețe de teren diferite

Poate fi notat faptul că maximele decelerațiilor determinate și înregistrate cu senzorul giroscopic și aplicația specializată G-Force s-au atins în rampă pe drum accidentat și în aliniament.



Fig. 12 Captură ecran cu variația accelerațiilor (a) și decelerațiilor (a) în aplicația G-Force

6. Concluzii

Încercările practice derulate și rezultatele acumulate cu privire la tematica abordată în cadrul cercetărilor experimentale permit formularea câtorva concluzii:

- accelerațiile s-au încadrat în $8\div 13 \text{ m/s}^2$, iar decelerațiile s-au încadrat în $6\div 14 \text{ m/s}^2$, fiind în limitele legale;

- s-a studiat forța de inerție a remorcii înregistrată la cârlig în timpul plecării de pe loc și a decelerării, fără a se constata o dinamică specială a ansamblului;

- autovehiculul CF MOTO tip CF 500-5A/L7e are capacitatea să se deplaseze în ansamblu cu tractarea/frânarea remorcii ușoare

(max 750 kg), fără echiparea acesteia cu dispozitiv de frânare, având o masă de minim două ori mai mare decât masa uscată a acestui vehicul cu diminuarea vitezei de deplasare;

- fenomenologia dinamică și cinematică este corelată cu starea suprafeței carosabile, al cărei coeficient de aderență are o influență considerabilă inclusiv asupra maniabilității în ansamblu, dar fără a crea situații imposibile de gestionat și o instabilitate dinamică a vehiculului tractor la viteze reduse (max. 35 km/h);

- pentru îmbunătățirea performanțelor se recomandă dezvoltarea cercetărilor experimentale prin implementarea unui sistem de alimentare prin fumigare a ATV;

- datele obținute și ideile vehiculate încurajează perspectivele dezvoltării încercărilor practice privitoare la autovehiculele de tip CF MOTO.

Acknowledgement: Lucrarea a fost elaborată în perioada derulării contractului de cercetare internă (C.I.) UTCN 11/1.2/2015, prin care s-au finanțat o serie de activități (participare conferință, editare s.a.).

BIBLIOGRAFIE

[1] Băldean, D., s.a., *Cercetări ale accelerațiilor și forțelor de tracțiune la cârlig ale autovehiculelor tot teren de tip ATV CF Moto*, Știință și Inginerie, An XV, Vol. 28/2015, ISSN 2067-7138, pp. 97-106.

[2] Borzan, A.-I., s.a., *Contribuții la cercetarea și testarea dinamică a vehiculelor tot teren cf moto cf 500-17e în vederea certificării din punctul de vedere al performanțelor*, Simpozionul științifico-practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto, R.M., Chișinău, 2015, în Inginerie agrară și transport auto, Vol. 45, ISBN 978-9975-64-276-7, pp. 166-169.

[3] Daiss, A., *Beobachtung fahrdynamischer Zustände und Verbesserung einer A.B.S. und Fahrdynamikregelung*, Institute for Industrial Information Systems, University of Karlsruhe, Ph. D. dissertation, 1996.

[4] * * * ATV, <http://ro.wikipedia.org/wiki/ATV> 2015.03.21.

[5] * * * RNTR 1, <http://www.rarom.ro/cs-uploads/RNTR%201.pdf>, 2015.03.21.

Dr. Ing. Adela BORZAN, Dr. Ing. Bogdan Ovidiu VARGA,
Dr. Ing. Doru Laurean BĂLDEAN, Dr. Ing. Dan MOLDOVANU
Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi,
Facultatea de Mecanică, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
e-mail: doru.baldean@auto.utcluj.ro; 0752083337