STUDIUL INFLUENȚEI ROȚILOR ÎN AERODINAMICA AUTOMOBILELOR

Stud. Renáta - Melánia CSIBI

Universitatea „Transilvania” din Brașov,
departamentul de Inginerie Mecanică, România

Rezumat: Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu care evidențiază influența roților asupra caracteristicilor aerodinamice ale automobilelor. Astfel, au fost efectuate o serie de analize pe un model generic de automobil tip Ahmed Body, pe roți, modelat într-un program 3D CAD. Curgerea aerului în jurul corpului a fost simulată utilizând facilitățile ANSYS CFX, soft dedicat analizelor CFD (Computational Fluid Dynamics).

Cuvinte cheie: automobil, roți, cale de rulare, rezistență aerodinamică.

ABSTRACT. Abstract: The paper presents the results of a study that highlights the influence of wheels on the aerodynamic characteristics of cars. Thus, a series of analyzes were performed on a generic model of car, Ahmed Body, on wheels, modeled in a 3D CAD program. The flow of air around the body was simulated using the facilities of ANSYS CFX, software dedicated to CFD (Computational Fluid Dynamics) analysis.

Keywords: car, road surface, car wheels, aerodynamic coefficient.

1. 1. INTRODUCERE

Aerodinamica reprezintă o ramură a mecanicii fluidelor, care se ocupă cu studiul mișcării aerului. Principelele aplicații se referă la:

– curgerea aerului în jurul vehiculelor aflate în mișcare (avioane, automobile, trenuri etc.),

– construcții supuse acțiunii vântului (clădiri, poduri, antene),

– funcționarea turbinele eoliene.

Forțele aerodimanice care acționează asupre unui automobil influențează în mare măsură stabilitatea acestuia pe calea de rulare, consumul de combustibil, zgomotul produs, răcirea frânelor, calea picaturilor de ploaie pe parbriz și multe alte aspecte.

După numeroase studii, inginerii proiectanți au ajuns le concluzia că factorul care influențează cel mai mult rezistența aerodinamică este forma caroseriei automobilului.

Pentru a putea studia în detaliu caroseria automobilelor s-au dezvoltat numeroase modele experimentale, care însă nu permit studii 100% conforme situațiilor din practica curentă. De exemplu, nu se pot efectua studii de aerodinamică cu vânt lateral și mișcare relativă între automobil și calea de rulare. Astfel, din anii 80 ai secolului trecut a început dezvoltarea softurilor de analiză în medii virtuale, care în prezent s-au dovedit un real succes.

În prezentul studiu s-a folosit un program dedicat simulărilor de dinamica fluidelor, ANSYS CFX, cu ajutorul căruia s-au investigat aspecte legate de influența mișcării roților asupra aerodinamicii automobilelor.

Coeficientul aerodinamic, simbolizat în literatura de specialitate Cx, Cd, sau Cw, este o mărime ce caracterizează rezistența pe care o întâmpină un corp la înaintarea prin atmosferă. Pentru un automobil, o valoare redusă a coeficientului aerodinamic exprimă o rezistență aerodinamică mică la deplasarea mașinii și, implicit, un consum redus de combustibil.

Pentru studiul curent s-a folosit o geometrie simplificată de automobil, tip Ahmed Body, care a fost realizată în programul CAD CATIA V5. Simularea curgerii aerului în jurul caroseriei s-a efectuat utilizând facilitățile softului ANSYS CFX, pentru o viteza de 90 km/h.

2. MODELUL GEOMETRIC EVALUAT ŞI DOMENIUL DE CURGERE

Modelul generic de vehicul, tip Ahmed Body, prezentat în figura 1, a fost realizat în formă virtuală într-un program specializat CAD, CATIA V5.

Geometria, deși simplificată, are trasături caracteristice relevante pentru corpurile din industria automobilelor, putând astfel surprinde caracteristici esențiale ale curgerii aerului în jurul unui automobil.

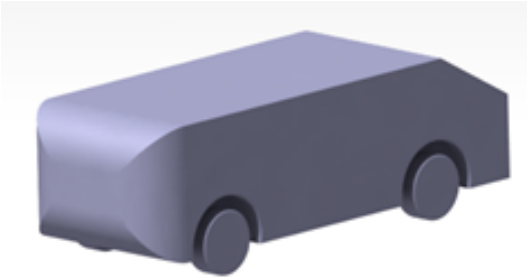

Fig. 1. Modelul geometric de automobil tip Ahmed Body.

Geometria a fost exportată în softul Ansys Workbench, ca fişier stp, apoi a fost introdusă într-un domeniu de analiză de formă rectangulară. S-a optat pentru utilizarea softul dedicat CFX întrucât acesta are incluse şi facilităţi de pre- şi post-procesare a datelor. Modelul de caroserie Ahmed body are 1044 mm lungime, 338 mm înălţime şi 389 mm lăţime. Domeniul, sau altfel spus tunelul virtual, are 1,25 m înălţime, 2 m lungime în faţa corpului, 10 m lungime în spatele corpului şi 1,25 m în părţile laterale ale corpului.

3. GRILA DE DISCRETIZARE

Discretizarea domeniului de calcul este una dintre cele mai grele etape, caliatea elementelor de discretizare influenţând radical rezultatele şi calitatea simulării.

În analizele utilizând metoda elementelor finite, sau a volumelor finite, fenomenele fizice sunt studiate rezolvând ecuaţiile diferenţiale cu derivate parţiale care le descriu. Acest lucru este foarte dificil pentru majoritatea problemelor din lumea reală. Astfel, pentru studierea unui fenomen se crează o grilă care împarte domeniul de analiză într-un număr de elemente pentru care soluţia poate fi calculată, în final datele fiind interpolate pe tot domeniul.

Pentru simulările curente s-a optat pentru elemente de discretizare tetraedrale, iar mărimea acestora s-a definit separat pe caroserie şi pe suprafeţele roţilor, respectiv 0,01 pe corp şi 0,002 pe roţi, raportat la unitatea de lungime. Un detaliu al grilei de discretizare este prezentat în figura 2.

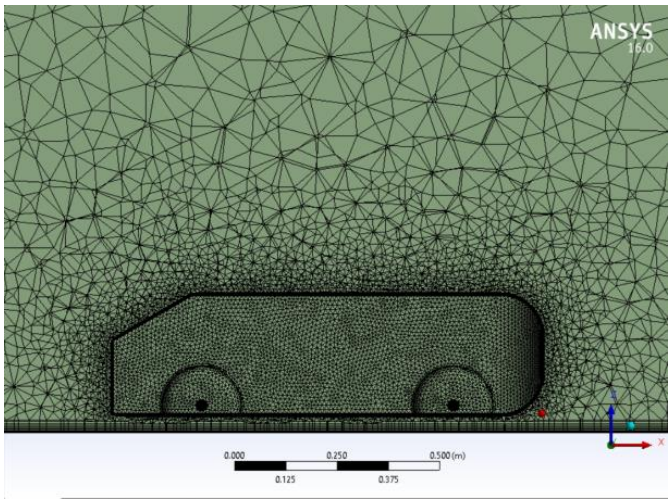

Fig. 2. Detaliu grilă de discretizare.

În urma procesului de dicretizare au rezultat 1.207.690 de elemente şi 3.555.151 de noduri pentu întreg domeniul analizat.

4. SOLUŢIONAREA PROCESELOR CFD

Analizele a fost realizate considerând aerul având un comportament ideal din punct de vedere termodinamic, la o temperatură t_{aer} =15 °C şi o presiune de referinţă de p_{aer} = 1 atm. Modelul de turbulenţă utilizat a fost SST (Shear-Stress Transport), care combină avantajele modelelor de turbulenţă k-ω, utilizat în regiunea interioară a stratului limită, şi k-ε în celelalte regiuni ale domeniului. Pe suprafaţa de intrare s-a impus o viteză de 25 m/s (90 de km/h), iar la ieşire o presiune relativă de 0 Pa.

În prima parte s-a considertat calea de rulare în mişcare cu o viteză de 90 [km/h], cu roţi fixe. În cea de-a doua simulare, mişcarea căii de rulare a rămas aceeaşi, iar pentru roţi s-a impus o rotaţie de 57.67 rot/s, în acord cu dimensiunea acestora şi viteza de deplasare.

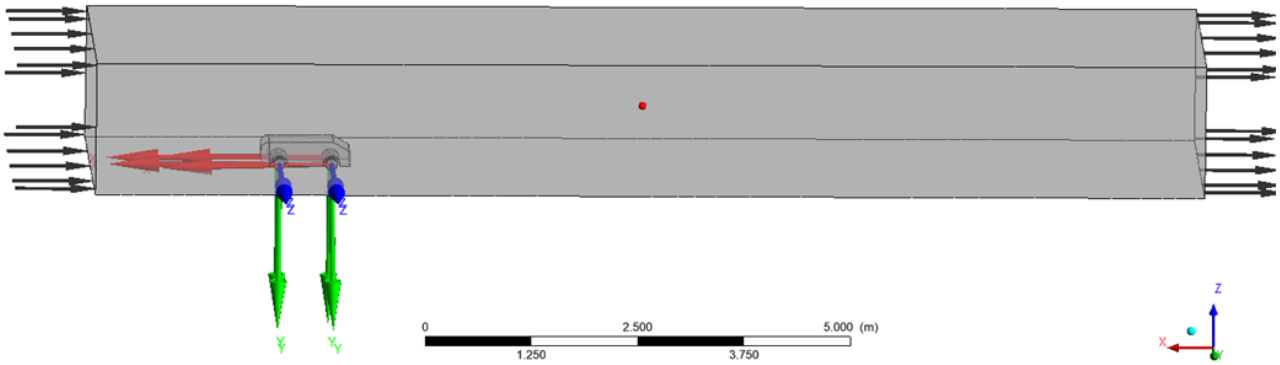

Fig. 3. Vedere 3D a domeniul de calcul și condițiile la limită impuse.

4. REZULTATE

Pentru interpretarea rezulatelor, au fost analizate forțele aerodinamice care acționează asupra structurii exterioare și asupra roților. Analizele s-au considerat încheiate după un număr de 200 de iterații, când variația normelor reziduale de convergență a devenit nesemnificativă pe parcursul ultimilor iterații. În figura 4 se poate vedea aspectul curgerii în jurul modelului generic de automobil cu roțile aflate în repaus, vedere laterală.

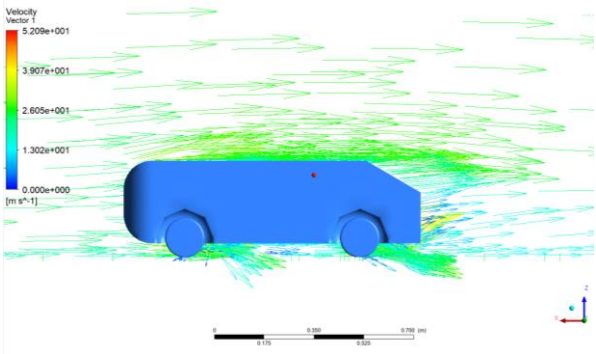

Fig. 4. Aspectul curgerii în jurul corpului cu roți fixe

La această simulare, în care roțile sunt în repaus față de calea de rulare, a fost determinată o forță de rezistență aerodinamică Fx_1 = 14,029 N, calculată de program pentru viteza v = 25 m/s. Pe baza acesteia s-a calculat coeficientul aerodinamic cu relația:

$$C_{X1} = \frac{F_{X1}}{\rho \frac{v^2}{2} A} = \frac{14{,}029}{1{,}225 \cdot \frac{25^2}{2} \cdot 0{,}117231} = 0{,}3126.$$

unde ρ este densitatea aerului, iar A reprezintă aria de referință a structurii aerodinamice, respectiv aria secțiunii transversale maxime.

În figura 5 este prezentat aspectul curgerii în jurul caroseriei, respectiv în jurul roților în mișcare.

În acest caz se observă apariția unor vârtejuri semnificativ mai mari în partea din spate a modelului generic de automobil, ca urmare a rotației roților.

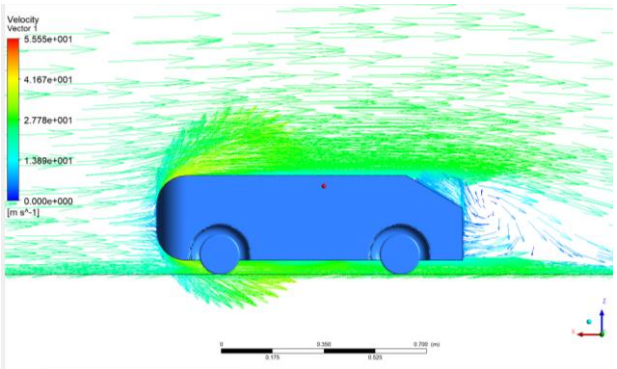

Fig. 5. Aspectul curgerii în jurul corpului cu roți în mișcare.

Pentru situația în care roțile sunt în mișcare s-a obținut o forță Fx_2 =14,2087 N, din care rezultă urmatoarea valoare a coeficientului aerodinamic:

$$C_{X2} = \frac{F_{X2}}{\rho \frac{v^2}{2} A} = \frac{14{,}2087}{1{,}225 \cdot \frac{25^2}{2} \cdot 0{,}117231} = 0{,}3166.$$

6. CONCLUZII

În acord cu rezultatele obținute se constată că mișcarea roților conduce la creșterea rezistenței aerodinamice și, implicit, la formarea unor vârtejuri mai mari în spatele automobilelor. De asemenea, deși în urma simulărilor se obțin coeficienți aerodinamici sensibil mai mari ca în experimente, rezultatele demonstrează faptul că analiza autovehiculelor în medii virtuale permite evaluări mai rapide și mai amănunțite decât studiile experimentale.

BIBILOGRAFIE

1. Ahmed S., Ramm G., Faltin G., 1984, Some salient features of the time-averaged ground vehicle wake, SAE Technical Paper 840300
2. Huminic A., Chiru A., On CFD Investigations of Vehicle Aerodynamics with Rotating Wheels' Simulation, SAE 2006 World Automotive Congress, ISBN 0-7680-1630-2.

3. Huminic A., Huminic G., Soica, A., 2012, Study of aerodynamics for a simplified car model with the underbody shaped as a Venturi nozzle, Int. J. of Vehicle Design, 58, 15-32
4. Huminic A., Huminic G., 2017, Aerodynamic study of a generic car model with wheels and underbody diffuser, Int. J. of Automotive Technology, 18, 397-404

Despre autor

Renáta - Melánia CSIBI
Universitatea „Transilvania din Brașov”, Departamentul de Inginerie Mecanică

Absolvenă a Facultății de Design de Produs și Mediu, Universitatea „Transilvania” din Brașov, specializarea Design industrial, promoția 2019. Aerodinamica automobilelor reprezintă unul dintre domeniile de interes în activitatea de cercetare pe care o desfășoară în prezent în cadrul programului de studii de masterat Simulare și Testare în Inginerie Mecanică, facultatea de Inginerie Mecanică din aceeași universitate.