

Aerodinamična stabilnost vozila v močnem spremenljivem vetru

Aleksander Grm* – Milan Batista

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, Slovenija

Pričujoče delo obravnava aerodinamično stabilnost vozila v močno spremenljivem vetru. Močno spremenljiv veter predstavlja veliko nevarnost, ker lahko povzroči prevrnitev, zdrs ali zasuk vozila med vožnjo. Glede na različne vetrovne razmere, se pojavi vprašanje, ali lahko ocenimo, pri kateri vrednosti vetra (hitrost in smer) postane vožnja nevarna.

Ocena kritične hitrosti in smeri vetra za posamezno vozilo temelji na izračunu aerodinamičnih koeficientov vozila. Aerodinamični koeficienti vozila predstavljajo prispevke posameznih sil v različnih pravokotnih smereh na vozilo in navorov okoli koordinatnih osi napetih na sistem vozila. V primeru postavitve koordinatnega sistema, kjer je x os postavljena v smeri vozila, y os postavljena pravokotno na vzdolžnico vozila in z os postavljena pravokotno na xy ravnino, je koeficient sile upora (C_D - drag) postavljen v smeri x osi, koeficient stranske sile (C_S - side) postavljen v smeri y osi, koeficient sile dviga (C_L - lift) postavljen v smeri z osi. Koeficienti navorov si pa sledijo, okoli osi x (C_R - roll), okoli osi y (C_P - pitch) in okoli osi z (C_Y - yaw). S pomočjo koeficientov, ki so odvisni od smeri vetra, lahko določimo zunanje sile in napore na vozilo za različne smeri in hitrosti vetra.

Aerodinamične koeficiente smo določili s pomočjo numerične simulacije kapljev, kjer smo izdelali 3D model, za katerega so bile znane eksperimentalne meritve. Naredili smo podrobno analizo vpliva konstrukcije mreže in SST-omega turbulentnega modela v izračunih aerodinamičnih koeficientov. Analiza je potrdila izbor najboljšega kandidata, ki je bil kasneje uporabljen za vse izračune. Izračuni so bili narejeni za različne vpadne kote vetra na vozilo, pri čemer smo vozilo vrteli v navideznem vetrovniku. Primerjava rezultatov simulacije in meritev iz literature so pokazale dobro ujemanje, kar je zagotovilo za uspešno uporabo v aerodinamični stabilnostni analizi.

Aerodinamični koeficienti, odvisni od smeri vetra, tako predstavljajo osnovo za izračun mejnih stabilnostnih vrednosti vetra, pri katerih je vožnja še vedno varna. Določili smo mejne vrednosti hitrosti vetra za prevrnitev, zdrs in zasuk vozila. Najvišje vrednosti se vedno nahajajo pri navidezni smeri vetra, ki je pravokotna na vozilo. V odvisnosti od mase, koeficienta trenja in dimenzij vozila se enako nato spreminja še vrednost mejne hitrosti, pri kateri določen aerodinamičen stabilnostni kriterij popusti in vozilo tako postane nestabilno.

V pričujočem delu predstavljajo nekateri koeficienti težavo pri določitvi njihove odvisnosti po kotu navidezne smeri vetra. Razlog je v njihovih velikih spremembah, katerim botrujejo izjemno nestabilni turbulentni pojavi v določenih smereh. Zelo pomembno bi bilo narediti podrobno analizo teh kritičnih koeficientov v postopku simulacij.

Prikazali smo enovit tehničen postopek za določitev aerodinamične stabilnosti vozila z uporabo numeričnih orodij. Dodatni poizkusi v vetrovnih tunelih so izjemno zaželeni, a je njihova izvedba zelo draga in velikokrat je tudi omejena z naborom merskih podatkov.

Ključne besede: aerodinamična stabilnost/nestabilnost, vetrovna računska mehanika, sile in momenti prekuca, računska mehanika kapljev, interakcija med strukturo in kapljevami