

# Preizkušanje stabilnosti vrtenja med letom topovskega izstrelka malega kalibra z eksperimentom in simulacijo

Momčilo Milinović<sup>1,\*</sup> – Damir Jerković<sup>2</sup> – Olivera Jeremić<sup>1</sup> – Mitar Kovač<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Beogradu, Fakulteta za strojništvo, Srbija

<sup>2</sup> Univerza za obrambo, Vojaška akademija, Srbija

Glavni namen članka je obravnavati korelacij med kriteriji stabilnosti leta, izpeljanih v obliki povezav med aerodinamičnimi koeficienti in odvodi, na modelu topovskega izstrelka malega kalibra s stabiliziranim vrtenjem. Motivacija za raziskavo je modernizacija 40-milimetrskih protiletalskih topovskih izstrelkov za razširjeno uporabo topov v novih taktičnih situacijah. Razvoj sodobnega streliva je v zadnjih dvajsetih letih razširil področje uporabe tehnologij natančnega vodenja in krmiljenja tudi na taktično strelivo manjšega kalibra. Protiletalski izstrelki brez vodenja se uporabljajo predvsem za delovanje po zračnih tarčah, streljanje z balističnimi trajektorijami, pojavljajo pa se tudi razmisleki o njihovi uporabi na ciljnih na tleh. Analiza je bila osredotočena na spremembe zasnove vodenja, ki je zaradi posebnih značilnosti nevodnega leta izstrelkov poseben izziv za strelivo protiletalskih topov z omejenimi možnostmi uporabe tehnologij vodenja.

Modeli za izračunavanje kriterijev stabilnosti so postavljeni na osnovi eksperimentalnih preizkusov aerodinamičnih podatkov v vetrovniku in polempiričnih podatkov, oboji podatki pa se uporabljajo za simulacijo stabilnosti trajektorije leta. Rezultati preizkusov v vetrovniku in izračunane vrednosti aerodinamičnih koeficientov, kot funkcij Machovega števila modela izstrelka, so vključeni kot kriteriji stabilnosti simulirane trajektorije leta. Opravljena je primerjalna analiza eksperimentalnih in izračunanih aerodinamičnih koeficientov modela izstrelka, ki določajo kriterije stabilnosti leta. Izračunani odvodi aerodinamičnega Magnusovega momenta izstrelka in druge aerodinamične značilnosti so uporabljene kot faktorji kritične stabilnosti za podatke preizkusov v primerjavi z Machovim številom leta. Predstavljeni so vplivi odsotnosti in prisotnosti tega odvoda na modelni vrsti trajektorije leta za oceno faktorjev dušenja in stabilnosti naletnega kota. Prikazani so simulacijski preizkusi nadzvočne in podzvočne integralne hitrosti leta ter podatki za dušenje vrtenja. Ta metodologija, ki obsega polempirične matematične simulacije funkcije leta izstrelkov in eksperimentalne preizkuse njihovih aerodinamičnih lastnosti v pogojih stacionarnih preizkusov, je vključena v snovanje novega aerodinamičnega okvirja. Metoda uporablja brezdimenzijsko Machovo število za spremembo pogojev hitrosti leta v spremenljivih pogojih stacionarnih preizkusov, ki se izvajajo v vetrovniku. Popolna korelacija med obema primeroma je žal lahko samo približna, vendar je dovolj natančna za veljavne zaključke.

Sprememba izračunanih vrednosti aerodinamičnih koeficientov se ujema z eksperimentalnimi meritvami aerodinamičnih koeficientov, ne izpolnjuje pa pogojev stabilnosti brez merjenja odvodov. Preizkušen je primerjalni računski model za ocenjevanje koeficientov, ki omogoča iskanje morebitnih neznank, ki bi lahko bile signifikantne, vendar niso bile ugotovljene pri meritvah v vetrovniku v pogojih približno stacionarnega stanja. Nadaljnje raziskave posodobitev streliva lahko vključujejo novo metodologijo za simulacijo stabilnosti bočnih sil v povezavi z metodo odvodov koeficientov, ki je predstavljena v tem članku, obravnavo približnih vrednosti Magnusovih momentov in drugih podobnih motenj, ki se odražajo v vrednostih odvodov koeficientov. Raziskava je obsegala tako simulacije kot preizkuse za iskanje najboljšega načina vodenja streliva na osnovi vedenja glavnih osi izstrelka in hitrostnega vektorja med letom.

**Ključne besede:** aerodinamični koeficienti, topovski izstrelak malega kalibra s stabiliziranim vrtenjem, faktor žiroskopske stabilnosti, faktor dinamične stabilnosti, koeficienti stabilnosti dušenja