

UTICAJ TEČNOG TOVARA NA PERFORMANSE KOČENJA VOZILA CISTERNI

Rajko Radonjić¹, Jasna Glišović²

Rezime: U radu su istaknuti aktuelni problemi u pogledu kočenja vozila sa cisternama. Razvijen je simulacioni model sistema, vozilo-cisterna-tečni teret za analizu procesa kočenja. Struktura modela i specifikacija parametara pružaju mogućnost korišćenja predložene procedure za vozila različite konfiguracije, primene, različitog oblika i dimenzija cisterne. Prikazani su rezultati simulacije.

Ključne reči: tečni tovar, vozilo cisterna, performanse, kočenje

INFLUENCE OF THE LIQUID CARGO ON THE BRAKING PERFORMANCES OF TANK VEHICLES

Abstract: In this paper actual problems in respect to braking of tank vehicle are emphasized. A simulation model of system, vehicle-tank-liquid cargo to analysis braking process is developed. Model structure and parameters specification give possibilities to using of procedure for vehicle different configuration and application with different tank form and dimension. The results of simulation are presented.

Keywords: liquid cargo, vehicle tank, performance, braking

1. UVOD

Performanse kočenja motornih vozila u značajnom stepenu opredeljuju njegova potencijalna svojstva sa aspekta aktivne bezbednosti u drumskom saobraćaju. U tom smislu se definišu pokazatelji efikasnosti kočenja i stabilnosti kretanja. Pokazatelji efikasnosti kočenja vozila na pravolinijskoj deonici puta obuhvaćeni su sa više parametara: vreme, put, brzina usporenje. Pokazatelje stabilnosti vozila u ovim uslovima kretanja definišu parametri položaja vozila u odnosu na zadat pravac kretanja. Pri kretanju vozila na krivolinijskim deonicama puta broj relevantnih parametara je veći a njihove relacije složenije.

Kriterijumi ocene performansi kočenja motornih vozila su sadržani u pravno-tehničkim normativima međunarodnih asocijacija i drugih radnih tela. U njima su, zavisno od kategorije vozila, istaknuti zahtevi u pogledu raspodele opterećenja po osovinama kočenog vozila, korišćenja sile prianjanja bez pojave blokiranja točkova, kompatibilnost vučnih i priključnih vozila sa aspekta pokazatelja kočenja.

Pri formiranju metodologije ispitivanja, kako naučno-istraživačkih, tako i kontrolnih, obično se polazi od idealizovanih uslova ispitivanja, ravan, prav put, kompaktno rasporedjene i fiksirane mase vozila, zanemaren uticaj karakteristika i tehničkog stanja vitalnih sistema i

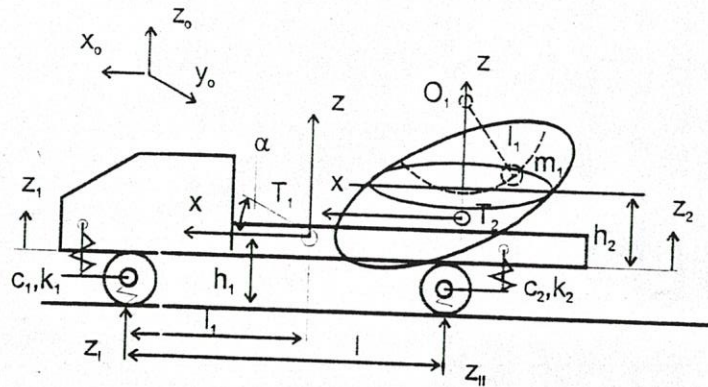
¹ Prof. dr Rajko Radonjić, Mašinski fakultet, Kragujevac, e-mail: rradonjic@knez.uis.kg.ac.yu

² Mr Jasna Glišović, asistent, Mašinski fakultet, Kragujevac, e-mail: jaca@knez.uis.kg.ac.yu

efekata nestacionarnosti procesa kočenja. U ovom smislu su nedovoljno definisani uslovi ispitivanja i kriterijumi procene performansi kočenja vozila koja prevoze rastresit ili tečan teret, čije relativno kretanje dovodi do složene interakcije dinamike vozila, posebno na neravnom kolovozu i pri promenljivim brzinama. S obzirom na veliku zastupljenost ovih vozila u drumskom saobraćaju, transport tečnih goriva, namirnica i slično, zatim neka komunalna vozila, kao i vozila za brze intervencije, vatrogasna vozila, to je pitanje njihove efikasnosti kočenja i kompatibilnosti sa ostalim vozilima, učesnicima u saobraćaju, od posebne važnosti. U skladu sa istaknutim problemima, koncipirali smo temu i sadržaj ovog rada.

2. MODEL ZA SIMULIRANJE DINAMIKE VOZILA CISTERNI

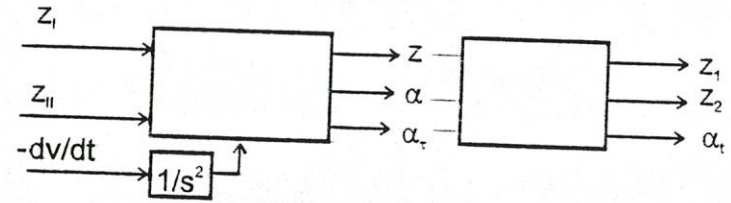
Polaz za formiranje simulacionog modela je vozilo šematski prikazano na sl.1, sa cisternom proizvoljnog oblika i položaja. U odnosu na inercioni koordinatni sistem $Oxyz$, vezani su koordinatni sistemi za centar oslonjene mase vozila, T_1xyz i centar mase cisterne sa tečnim tovarom, T_2xyz . Za posmatrani slučaj dvoosovinskog vozila sa zavisnim sistemima elastičnog oslanjanja i podužnom ravni simetrije, mehanički sistem vozila sadrži 5 masa: neoslonjene mase prednje i zadnje osovine, oslonjena masa baznog vozila, masa cisterne, masa tečnosti u cisterni.



Sl. 1 Fizički model sistema vozilo-cisterna-tečni tovar

Relevantne pobude, promenljive stanja i izlazne veličine simulacionog modela vozila cisterne prikazani su na sl.2. Za slučaj simetričnog modela u podužnoj ravni i pobude neravnina u referentnom podužnom tragu, pobudjivanje zadnje osovine kasni u odnosu na pobudjivanje prednje osovine za vreme, $\tau = l/v$, sa oznakama, l - razmak osovina, v - brzina kretanja vozila. S obzirom da se brzina kretanja vozila menja u toku procesa kočenja i ovo vremensko kašnjenje pobude zadnje osovine u odnosu na prednju je vremenski promenljiva veličina koja bitno utiče na dinamiku procesa kočenja.

Za slučaj krute cisterne, vezane kruto za noseću strukturu baznog vozila, ekvivalentni model mehaničkog dela vozila poseduje 4. stepena slobode, oznake prema sl.2. Ekvivalentni model za opis i simulaciju kretanja tečnog tovara u cisterni, baziran na hidromehaničkoj analogiji, poseduje određen broj stepeni slobode zavisno od uvedenih pretpostavki koje su u relaciji sa uslovima i režimima kretanja vozila, karakteristikama tečnosti, oblikom veličinom i nivoom punjenja cisterne.



Sl. 2 Struktura i parametri simulacionog modela

Bazni hidrodinamički parametri za formiranje modela za simulaciju kretanja tečnog tovara i njegove interakcije sa dinamikom vozila su sopstvene učestanosti oblika oscilovanja tečnosti. Vrednosti ovih parametara zavise od oblika i dimenzija cisterne [1], [2]. Na osnovu njih se određuju geometrijski parametri i parametri masa ekvivalentnih mehaničkih submodela. Rezultati naših ranijih istraživanja su potvrdili da za proučavanje interakcije sistema vozilo-cisterna-tečni tovar, pri režimima kočenja na pravolinijskim deonicama puta, presudan uticaj ispoljava osnovni oblik oscilovanja tečnosti. U tom smislu od značaja je procedura određivanja sopstvene učestanosti ovog oblika oscilovanja i analiza uticajnih faktora [2].

Saglasno odnosima modela, prikazanim na sl. 1 i 2, formiran je i, matematički model za simuliranje procesa kočenja vozila cisterni, sa pneumaticima velike krutosti, u pomenutim uslovima kretanja. U eksplicitnim izrazima (1), (2), (3), pored generalisanih koordinata mehaničkog dela vozila, z, α , vertikalno kretanje centra masa i ugaono zaokretanje oko poprečne ose, prikazanim na sl. 1 i 2, uvedena je i generalisana koordinata mehaničkog ekvivalenta tečnog tovara osnovnog oblika oscilovanja, označena sa α_t :

$$f_1(z_I, z_{II}, \dot{z}_I, \dot{z}_{II}, Pr_{SEO}) = f_1^*(\ddot{z}, \ddot{\alpha}, \ddot{\alpha}_t, \dot{\alpha}, \dot{\alpha}_t, \dot{z}, \dot{\alpha}, z, \alpha) \quad (1)$$

$$f_2(z_I, z_{II}, \dot{z}_I, \dot{z}_{II}, Pr_{SEO}, Pr_{GM}) = f_2^*(\ddot{z}, \ddot{\alpha}, \ddot{\alpha}_t, \dot{\alpha}, \dot{\alpha}_t, \dot{\alpha}_t, \ddot{\alpha}, \alpha, z, \dot{z}, \dot{\alpha}) \quad (2)$$

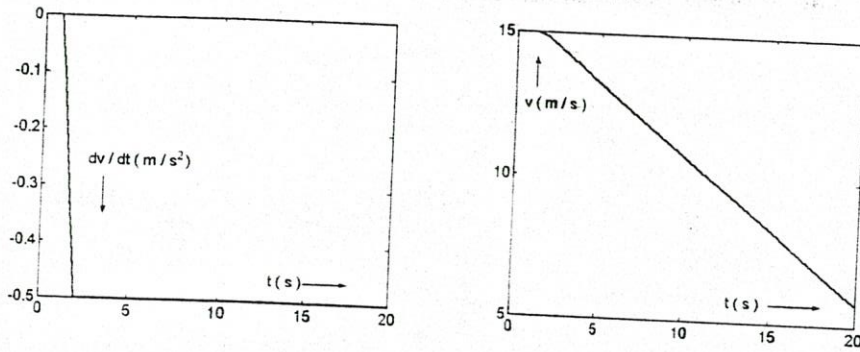
$$f_3^*(\ddot{\alpha}_t, \ddot{z}\alpha_t, \ddot{\alpha}, \ddot{\alpha}\alpha_t, \ddot{\alpha}\alpha, \ddot{\alpha}, \ddot{\alpha}, \alpha_t) = 0 \quad (3)$$

Funkcije $f_1(\dots)$ i $f_2(\dots)$, obuhvataju interakciju parametara pobude od neravnina puta, konstruktivnih parametara sistema elastičnog oslanjanja, Pr_{SEO} i geometrijskih parametara vozila, Pr_{GM} . Prema (1) - (3), proces kočenja vozila za opšti slučaj nesimetrično raspoređenih masa (u T_1 i T_2), i delimično napunjenom cisternom, opisan je nelinearnim diferencijalnim jednačinama sa spregnutim promenljivim. Za poredbene analize mogu se izdvojiti sledeći slučajevi: 1/ neravan - ravan put, 2/ usporenje promenljivo - konstantno, 3/ teret tečan - krut, fiksiran. 4/ model nelinearan - linearan.

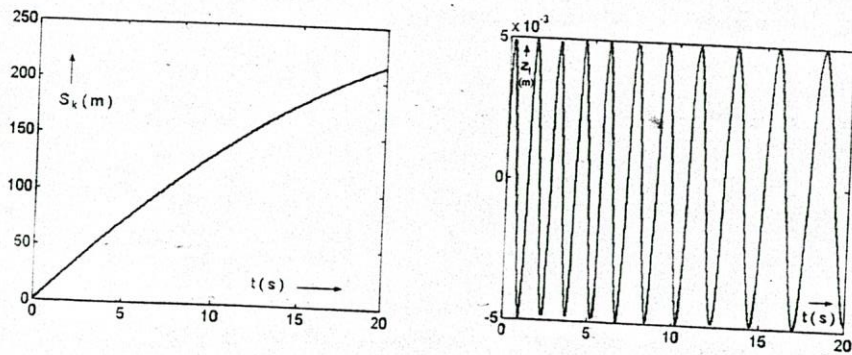
U ovom segmentu istraživanja analizirani su dinamički odnosi kočenja vozila sa cisternom oblika četvorosrane prizme pravougaone osnove, delimično napunjene vodom. Za različite tokove usporenja, kao normiranog parametra efikasnosti kočenja i tipične oblike pobude od neravnina kolovoza, u kombinaciji sa izmenama relevantnih konstruktivnih parametara, analizirani su efekti procesa kočenja na dinamičke hodove sistema oslanjanja, merodavne pokazatelje opterećenja elemenata i sklopova i stabilnosti sistema. Rezultati simulacije prikazani su u narednom poglavlju.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Uticaj konstruktivnih parametara i nivoa punjenja cisterne datog oblika na vrednosti učestanosti sopstvenih oblika oscilovanja analiziran je u prethodnim istraživanjima [2]. Prema ovim rezultatima vrednosti sopstvenih učestanosti se povećavaju sa povećanjem odnosa, visina punjenja / dužina cisterne, u određenom domenu izmene, saglasno rednom broju oblika oscilovanja. Karakterističan je sporiji trend porasta ali u širem intervalu promene pomenutog odnosa, za niže oblike oscilovanja, a posebno za osnovnu učestanost. Pri tome, polazni podaci za simulaciju procesa kočenja odgovaraju konstruktivnim parametrima i karakteristikama dvoosovinskog vatrogasnog vozila, domaće proizvodnje, ukupne mase do 8000 kg, međuosnog rastojanja do 3m, sa različitim varijantama dimenzija i visine punjenja cisterne. Rezultati simulacije, za odnos, visina punjenja / dužina cisterne = 0.3 prikazani su na sl.3 do 7.

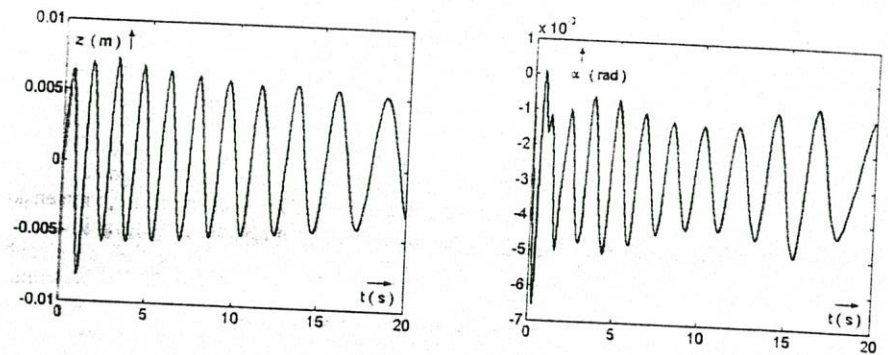


Sl. 3 Vremenski tokovi usporjenja i brzine kretanja pri kočenju vozila

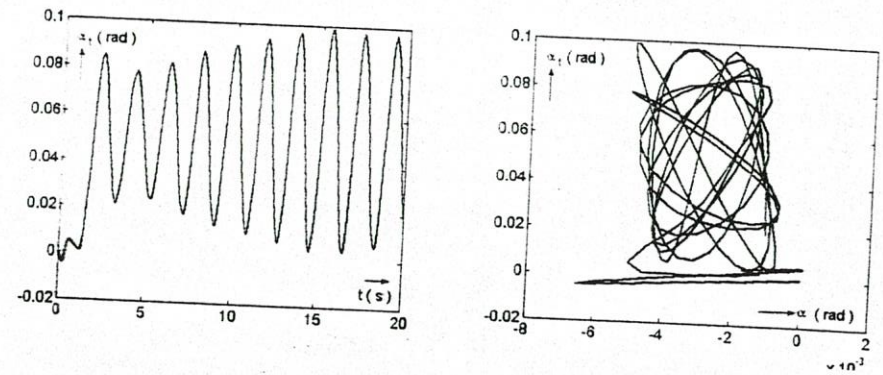


Sl. 4 Put kočenja i pobuda od kolovoza na prednjoj osovini vozila.

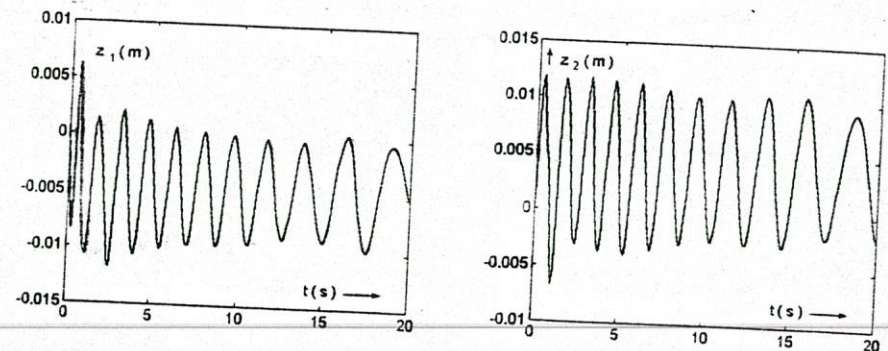
Uticaj tečnog tovara na performanse kočenja vozila cisterne



Sl. 5 Vertikalno pomeranje i ugaono zaokretanje oslonjene mase vozila



Sl. 6 Osnovni mod oscilovanja tečnog tereta i odgovarajući Lissajous plot



Sl. 7 Dinamički hodovi prednje i zadnje osovine vozila cisterne u procesu kočenja

Normirani tok usporenja zadat je na sl. 3a, sa vremenom reakcije vozača i odziva sistema za kočenje, ukupno 1 sekunda i vremenom porasta usporenja, 1 sekunda. Podužni referentni profil nervanina kolovoza, zadat je u obliku sinusne funkcije talasne dužine 20m i amplitude 0.005m. Na osnovu ovih podataka i početne brzine pri kočenju od 54 km/h. Dobijeni su simulacijom procesa vremenski tokovi brzine kretanja na sl.3b, puta kočenja na sl. 4a. Promenljiva brzina kretanja u procesu kočenja doprinosi frekventnoj modulaciji vremenskog signala pobude od kolovoza prednje osovine vozila prema sl. 4b. Ovakav vid signala izaziva složene oscilatorne procese vozila sa cisternom i tečnim tovarom. Tako su na primer, vremenski signali kretanja oslonjene mase, prema sl. 5, frekventno i amplitudno modulisani. Zatim, osnovni mod oscilovanja tečnog tovara amplitudno modulisan, sl. 6a, a njegove složene relacije sa ugaonim zaokretanjem vozila oko poprečne ose prikazane Lissajous plotom, sl. 6b. Na kraju, dinamički hodovi sistema elastičnog oslanjanja prednje i zadnje osovine vozila sa cisternom u procesu kočenja, prikazani su na sl.7. Ovi procesi su i amplitudno i frekventno modulisani. Osim odnosa preraspodele mase u korist prednje osovine sa ovih zapisa su uočljive intenzivne varijacije hodova sistema elastičnog oslanjanja, posebno zadnje osovine, što se odražava na sile prljanjanja, dovodi do nestabilnosti odnosa u kontaktu pneumatik - kolovoz, blokiranja točkova i nestabilnog kretanja vozila u toku kočenja. Efekti kretanja tečnog tereta na ove odnose očigledni su sa datih prikaza. Rezultati analize ostalih nabrojanih uticajnih faktora nisu dati na ovom mestu zbog ograničenog prostora a sadržani su u studiji [3].

4. ZAKLJUČAK

Performanse kočenja motornih vozila definišu njegova potencijalna svojstva sa aspekta aktivne bezbednosti u dramskom saobraćaju. U tom smislu, još uvek su nedovoljno definisani uslovi ispitivanja i kriterijumi procene performansi kočenja motornih vozila koja prevoze rastresit ili tečan tovar. Simulacioni modeli dinamičkog sistema vozilo - cisterna - tečni tovar, formirani u ovom radu u: korišćenje interaktivnih programskih algoritama, daju dobre osnove za isticanje problema, sagledavanje uticajnih faktora i projektovanje odgovarajućeg eksperimentalnog sistema

LITERATURA

- [1] Abramson N.: The dynamic behaviour of liquids in moving containers. NASA, SP -106, 1966.
- [2] Radonjić R.: Dynamics of tank vehicles. MVM Volume 28, Number 3&4 Kragujevac, September - December 2002.
- [3] Radonjić R.: Stabilnost i upravljivost vatrogasnog vozila. (Projekat: Istraživanje i razvoj vatrogasnog vozila radi obezbedjenja visoke efikasnosti delovanja vatrogasnih jedinica. Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije), 2002.