



UDK:631.372:331.4

IZOLACIJA OSCILATORNIH PROCESA TRAKTORA

Rajko Radonjić

Mašinski fakultet - Kragujevac
rradonjic@kg.ac.yu

Sadržaj: U ovom radu su istaknuta obeležja radnih uslova traktora u pogledu pobuđivanja oscilatornih procesa. Modelirane su i simulirane konstruktivne koncepcije traktora sa različitim brojem elasto-prigušnih elemenata. Rezultati simulacije pokazuju da uobičajeni sistem oslanjanja traktora sa pasivnim komponentama ne može zadovoljiti aktuelne zahteve u pogledu izlaganja ljudskog tela vibracijama. Sistem oslanjanja sa savremenom tehnologijom aktivne kontrole može biti dobro rešenje u ovom smislu.

Ključne reči: traktor, oscilacije, opterećenje, izolacija oscilacija, simulacija.

UVOD

Nastali oscilatorni procesi u interakciji sistema, traktor-priključno orudje (ili vozilo)-tlo (ili kolovoz), utiču bitno na dinamička opterećenja i vek traktora, njegovih komponentata i elemenata, na zamor i zdravlje vozača i posluge, dodatnu degradaciju obradivog zemljišta, oštećenje puteva, ukupan nivo buke u okruženju i slično. Postoji više izvora pobuđivanja oscilatornih procesa traktora. Ističu se dominantni: mikro i makro reljef terena, neravnine savremenih kolovoza, zavisno od radnog zadatka koji obavlja traktor - agrotehničke operacije ili transportni zadaci. Zatim, oscilacije izazvane radnim procesima pogonskog agregata, motora u interakciji sa agregatima prenosnika snage i hodnim sistemom. Na kraju se navode oscilacije kao rezultat reakcije priključnog orudja, odnosno vozila, pri obavljanju konkretne radne operacije ili transportnog zadatka, na primer, oranje, košenje u poljskim uslovima, zalet ili kočenje u sprezi sa priključnim vozilom, prevoz i manipulacija sa tečnim tovarom [1], itd., na savremenim kolovozima, ili na terenu, van kolovoza. Pomenuti oscilatorni procesi iz raličitih izvora pobuđivanja razlikuju se po vremenskim tokovima, dakle, nivoima, frekventnom sadržaju, trajanju, a međusobno superponirani formiraju veoma složene rezultujuće procese.

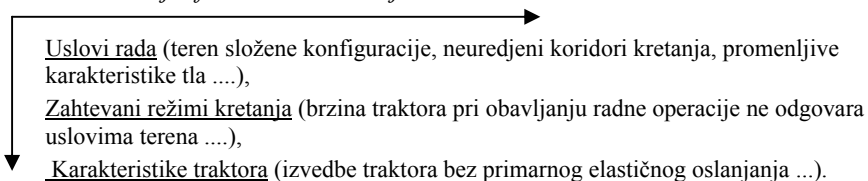
UKAZIVANJE NA PROBLEME

U mnogim poredbenim analizama traktora sa ostalim drumskim, odnosno terenskim vozilima, navode se njegove nepovoljne karakteristike sa aspekta parametara oscilatornih procesa. U rezultatu analiza, uticajni faktori u ovom smislu, su svrstani u tri osnovne grupe, u skladu sa prikazom na sl. 1: uslovi rada, zahtevani režimi kretanja, karakteristike traktora. Naime, zbog specifičnosti namene, traktor se kreće u različitim uslovima, pre svega na terenu složene konfiguracije, bez prethodno planiranih i uredjenih koridora kretanja, na podlogama različitih karakteristika na koje bitno utiču atmosferski uslovi, godišnja doba, prethodno obavljene agrotehničke operacije kao i svojstva operacije koja se obavlja, intenzivnost odvijanja saobraćaja itd. Dalje, za efikasno obavljanje svake agrotehničke operacije, definišu se zahtevani režimi kretanja, pre svega zahtevana brzina kretanja traktora sa priključkom, koja nije uvek u relaciji sa optimalnom brzinom kretanja na datoj podlozi sa aspekta minimizacije štetnih efekata oscilatornih procesa. Na kraju, po svojim konstruktivnim svojstvima, uslovljenim načinom funkcionisanja za obavljanje različitih transportnih i agrotehničkih operacija, traktor ima veoma nepovoljnu strukturu i parametre dinamičkog oscilatornog sistema.

Kod pojedinih izvedbi traktora ne postoji osnovni, primarni sistem elastičnog oslanjanja sa elasto-prigušnim komponentama između tela traktora i hodnog sistema, pa time ni mogućnost dinamičke amortizacije opterećenja koja se od podloge prenose na traktor. Osnovnu strukturu traktora u ovom slučaju sačinjava kruta sprega tela i hodnog sistema, koji se preko točkova i pneumatika oslanja na podlogu. Neke izvedbe traktora su realizovane sa elastičnim oslanjanjem točkova prednje osovine i krutim oslanjanjem točkova zadnje osovine, [2]. Samo kod traktora sa primarnim elastičnim oslanjanjem točkova obe osovine [3], može se govoriti o kompletnom oscilatornom sistemu, elastično, potpuno oslonjenog traktora. U ovom slučaju, traktor točkaš je po svojoj oscilatornoj strukturi, ekvivalentan oscilatornoj strukturi drumskog vozila, ali specifičan po svojim parametrima i mogućim vidovima pobudjivanja.

U današnjim uslovima, potpuno elastično oslanjanje traktora se izvodi na različite načine uz kombinaciju elasto-prigušnih komponentata, sa različitim nivoima regulacije. Nastali problemi sa uvođenjem ovog koncepta oslanjanja, pre svega u vezi sa prenošenjem sila u kontaktu pneumatik-podloga, zatim u vezi preciznosti obavljanja pojedinih radnih operacija, rešavaju se dodatno, sa dodatnim sistemima i komponentama, ali i sa regulacijom [3].

Osnovni uticajni faktori na oscilacije traktora



Sl. 1. Razvrstavanje uticajnih faktora

OSCILACIJE TRAKTORA I ZAMOR VOZAČA

U vezi štetnih efekata oscilatornih procesa traktora i od njih očekivanih posledica, prethodno pomenutih, izdvajaju se na najvišem nivou, pitanja vezana za vozača traktora i operatora. Dakle, mehaničke oscilacije izazivaju opterećenje, zamor vozača, što u užim okvirima posmatrano utiče na njegovu dnevnu radnu sposobnost i efikasnost obavljanja radnih operacija, a u širim okvirima, na njegovu trajnu radnu sposobnost i zdravlje. Brojni statistički podaci ukazuju na visok stepen profesionalnih oboljenja vozača traktora. Pravno-tehnički propisi, na bazi obimnih rezultata istraživanja pobrojanih faktora, u razvijenim regionima regulišu ovu problematiku, pre svega postavljanjem zahteva u pogledu kvaliteta traktora sa aspekta intenziteta oscilatornih procesa. U tom smislu, kao pozitivan primer treba istaći aktivnosti koje se u ovom domenu odvijaju u evropskom regionu pre svega zemljama članicama EU. Osnove za ove aktivnosti postavljene su još 70-tih godina prošlog veka, donošenjem i usvajanjem direktive o homologaciji tipa traktora, 74/150/EEC [4]. Veliki problem, međutim, u ovom pogledu postoji, i za proizvodnju i za korišćenje poljoprivrednih traktora u zemljama koje nisu harmonizovale svoju regulativu sa pozitivnim propisima, donetim na regionalnom (kome gravitiraju) i međunarodnom nivou. Takav slučaj je dobrim delom prisutan i u našoj praksi korišćenja traktora.

Imajući u vidu istaknute probleme, u ovom radu pitanje kontrole oscilacija traktora u smislu minimiziranja štetnih efekata, odnosno, svodjenja istih na domene tolerantnih nivoa sadržanih u aktuelnoj svetskoj regulativi, formulišemo kao opšti zadatak "izolacije oscilatornih procesa traktora", saglasno naslovu predmetnog rada. U okviru ovog zadatka, a shodno opisanoj situaciji u regulativi, ističu se sledeći segmenti, prema blok šemi na sl. 2, dakle, izolacija oscilacija u smislu: 1/ izbora optimalnog rešenja traktora koji se nabavlja, koncepcija, konstruktivne karakteristike, komponente ili sistemi kontrole, 2/ optimalnog podešavanja eksploatacionih parametara traktora, na primer pritisak vazduha u pneumaticima i slično, 3/ izbora parametara radnih režima za obavljanje agrotehničkih operacija, na primer brzina kretanja i slično, 4/ provere tehničkog stanja traktora, stanje opruga, amortizera, pneumatika, regulacionih sistema, 5/ adekvatne nabavke i zamene rezervnih delova, prethodno nabrojanih, kao i ostalih relevantnih za izolaciju oscilacija, 6/ rekonstrukcije hodnog dela traktora sa aspekta izolacije oscilacija, na primer, ugradnja amortizera, zatim zamena sedišta, postavljanje kabine i slično.

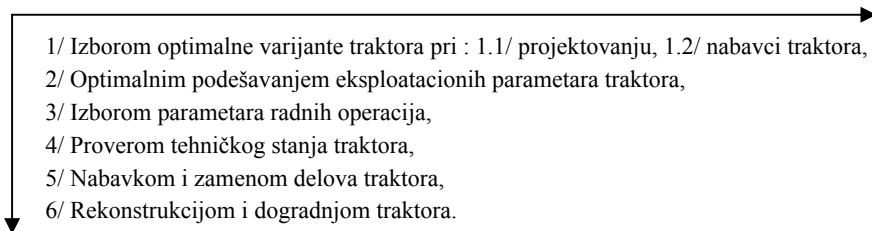
OSNOVE ZA IZOLACIJU OSCILACIJA TRAKTORA

Predloženi pristup polazi od raščlanjavanja strukture traktora na vitalne podstrukture, uticajne na oscilatorne procese, prema prikazu na sl. 3 : platforma kao osnova, i nadgradnja, sa sedištem i kabinom. Pri tome prikaz na sl. 3., predstavlja, saglasno napred datim definicijama, model kompletnog oscilatornog sistema, elastično, potpuno oslonjenog traktora, u ovom slučaju njegove platforme. Uticaj elastičnosti i prigušenja pneumatika modeliran je elasto-prigušnim elementima SEO_{p1} - prednjih i SEO_{p2} - zadnjih točkova. Elasto-prigušni elementi primarnog sistema oslanjanja napred, oznaka SEO_1 , pozadi SEO_2 . Oslonjena masa platforme traktora, oznaka OM, a osovina sa pripadajućim elementima, NM_1 , NM_2 - napred i pozadi, respektivno.

Kompletan oscilatorni model uključuje i submodule kompleta nadgradnje: elastično oslonjenu kabinu, K , sa elasto-prigušnim elementima, SEO_K , i elastično oslonjeno sedište vozača S , sa elementima SEO_S . Neki modaliteti simboličnog prikaza ovog sistema sa relevantnim parametrima dati su na sl. 3a, za kompletan sistem i na sl.3b, za sistem sa blokiranim elasto-prigušnim elementima primarnog oslanjanja prednje osovine. Analogni je prikaz i slučaja blokiranja primarnog oslanjanja zadnje osovine uz izmenjene oznake indeksa.

Prikazani model oscilatornog sistema traktora na sl. 3, u kombinaciji sa modalitetima simboličnog prikaza relevantnih parametara, na istoj slici, predstavlja osnovu za formiranje varijanti algoritma interaktivne simulacije oscilatornih procesa u skladu sa specificiranim zadacima i potrebama na sl. 2. Interaktivna simulacija podrazumeva korišćenje savremenih kompjuterskih programa za rešavanje nelinearnih oscilatornih problema, uz prethodnu identifikaciju karakteristika uključenih podsklopova, uslova terena i okruženja, kao i uvođenje kriterijuma vrednovanja oscilacija sa aspekta uticaja na vozača (subjektivno-objektivni pokazatelji) [5]. Sa razvijenim opcijama modela za simulaciju obuhvaćena su sva pitanja definisana na sl. 2.

Aktuelna pitanja izolacije oscilacija traktora u vezi sa :

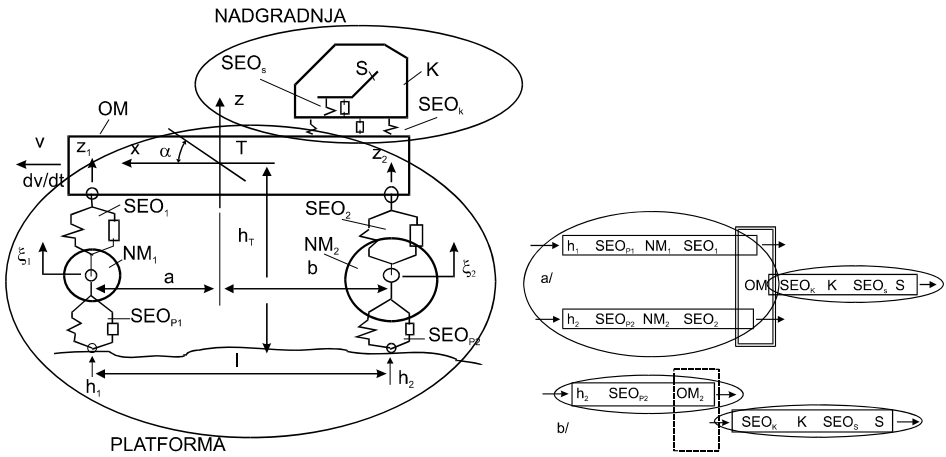
- 
- 1/ Izborom optimalne varijante traktora pri : 1.1/ projektovanju, 1.2/ nabavci traktora,
 - 2/ Optimalnim podešavanjem eksploatacionih parametara traktora,
 - 3/ Izborom parametara radnih operacija,
 - 4/ Proverom tehničkog stanja traktora,
 - 5/ Nabavkom i zamenom delova traktora,
 - 6/ Rekonstrukcijom i dogradnjom traktora.

Sl. 2. Slučajevi kada treba proveriti nivo oscilacija i na iste uticati.

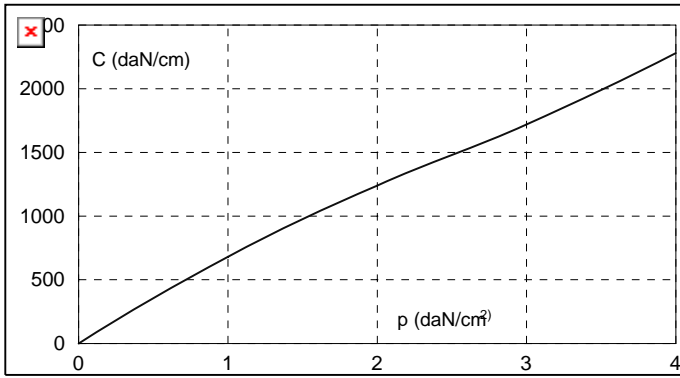
U cilju ilustracije primene predložene procedure i interpretacije dobijenih rezultata u narednom poglavlju su dati ilustrativni primeri.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

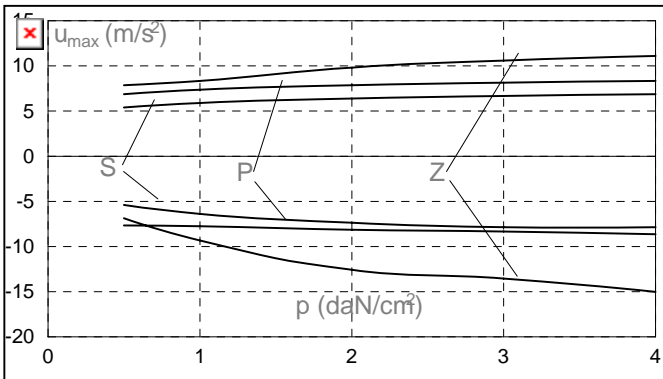
Za dvoosovinski traktor točkaš sopstvene mase 1.5 t, sa pogonom na obe osovine, identičnim pneumaticima napred i pozadi, sprovedena su simulaciona istraživanja oscilacija njegove platforme, uz variranje relevantnih parametara. Karakteristika vertikalne krutosti pneumatika u funkciji pritiska vazduha je prethodno identifikovana i prikazana na sl. 4. Generalno formiran kompjuterski program za simuliranje oscilatornih procesa sistema traktora, čiji je model prikazan na sl. 3, pri kretanju po neravnoj podlozi, sveden je na algoritam prethodnog simuliranja oscilacija izdvojene platforme traktora, na koju u kasnijim fazama treba postaviti sedište ili kabinu sa sedištem. U tom smislu, prethodno ispitivanje oscilatornih procesa platforme traktora ima opravdanja. Varirane su vrednosti pritisaka u pneumaticima napred i pozadi po izabranim kombinacijama, brzina kretanja traktora, a i sama struktura traktora uz uključivanje i izključivanje pojedinih elasto-prigušnih elemenata sistema primarnog oslanjanja. Od brojnih rezultata dobijenih u procesu simulacije za ove slučajeve, izdvojeni su prikazi na sl. 5, 6.



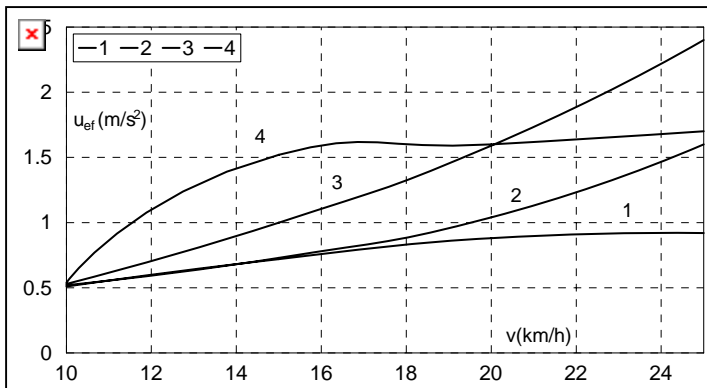
Sl. 3. Oscilatorni model traktora i relevantni parametri



Sl. 4. Promena vertikalne krutosti pneumatika sa promenom pritiska vazduha u pneumatiku



Sl. 5. Vertikalna ubrzanja platforme traktora u funkciji pritiska u pneumatiku



Sl. 6. Osrednjena vertikalna ubrzanja platforme traktora na mestu veze sedišta u funkciji brzine kretanja

Prema sl. 4., sa porastom pritiska vazduha u pneumatiku raste vrednost vertikalne krutosti što dovodi do povećanja sopstvene učestanosti i smanjenja faktora prigušenja oscilovanja. Oba faktora nepovoljno utiču na oscilatorne procese. Optimalno niske sopstvene učestanosti ne mogu se postići smanjenjem pritiska u pneumatiku zbog zahtevane nosivosti pneumatika. Svaku promenu statičkog opterećenja po osovina (dodatne mase), treba da prati adekvatna promena pritiska. Prema prikazu na sl. 5., za slučaj traktora bez primarnog elastičnog oslanjanja, zavisno od pritiska vazduha u pneumatiku, maksimalna vertikalna ubrzanja iznad zadnje osovine traktora (oznaka Z na slici), mogu dostići vrednosti i do 15 m/s^2 , pri nailasku na određene pojedinačne neravnine. Nešto niži nivoi ubrzanja su iznad prednje osovine, P i na mestu postavljanja sedišta, S. Sa ovakvim konceptom traktora, nivoi oscilovanja se ne mogu svesti u granice normiranih. U smislu poredjenja ostvarenih nivoa vertikalnih ubrzanja sa kriterijumima vrednovanja, razvijenim za drumska vozila, [5], na sl. 6 su prikazani rezultati simulacije vertikalnih ubrzanja platforme na mestu postavljanja sedišta za vozača, za prethodno navedene uslove, sa varijantama navedenim brojnim oznakama pored krivih: 1 - elastično su oslonjene obe osovine, 2 - oslanjanje prednje osovine je u funkciji, a zadnje isključeno (blokirano), 3 - zadnje je u funkciji a prednje blokirano, 4 - elastična oslanjanja obe osovine blokirana, ili slučaj traktora bez primarnog elastičnog oslanjanja. S obzirom na prikazane tokove krivih na sl. 6, na ovom mestu nije neophodan detaljniji komentar uticajnih faktora. Medjutim, s obzirom na dobijene nivoje efektivnih ubrzanja na mestu sedišta, sl. 6, čak i za najpovoljniji slučaj datog koncepta, kriva 1, prema kriterijumima [5], dakle nivoima efektivnih ubrzanja do 0.8 m/s^2 , ljudski faktor može biti izložen najviše 25 minuta u domenu dejstva srednjih učestanosti .

ZAKLJUČAK

Uslovi korišćenja traktora u relaciji sa specifičnim radnim režimima dovode do intenzivnih oscilatornih procesa koje je teško svesti u propisane okvire kod izvedbi traktora bez primarnog elastičnog oslanjanja pojedinačnih osovina.

Za analizu brojnih slučajeva korišćenja traktora u praksi, u smislu zaštite od štetnog dejstva oscilacija, posebno ljudskog faktora može pomoći predloženi pristup interaktivne

simulacije oscilatornih procesa baziran na savremenim metodama uz podršku baze podataka o karakteristikama okruženja, uslovima rada i kriterijumima vrednovanja ekspoziције vozača mehaničkim oscilacijama.

LITERATURA

- [1] Radonjić R.: Stabilnost sistema: Traktor-priključno vozilo sa cisternom. Traktori i pogonske mašine, br. 4, Novi Sad, 2002.
- [2] Popov D. i sar.: Sistemi podresorivanja savremenih traktorov. Moskva, Mašinstroenije, 1974.
- [3] John Deer, Claas, Fendt ... Prospektni materijal, 2005, 2006.
- [4] EU/EEC(EC) 74/150/EEC2003/37/EC Directive, 19742003.
- [5] ISO 2631/1, Evaluation of human exposure to whole body vibration, International Organisation for Standardization, Geneva, 2005.

THE ISOLATION OF THE TRACTOR OSCILLATION PROCESSES

Rajko Radonjić

*Mechanical Faculty - Kragujevac
rradonjic@kg.ac.yu*

Abstract: In this paper the tractor operating conditions characteristics with respect to oscillation processes excitation are emphasized. The tractor design concepts with different number of the elasto-damped elements are modeled and simulated. The simulation results shown that the conventional tractor suspension system with passive components can't satisfy the actual requirements with respect to human exposure to whole body vibration. The suspension system with advanced active control technology may be a good solution in this sense.

Key words: *tractor, oscillation, load, oscillation isolation, simulation.*