

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
MAŠINSKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U NIŠU**

Odlukom Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta u Nišu br. 612-926-3/2009 od 11.12.2009. god. imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Gorana Janevskog dipl. maš. inž. pod nazivom:

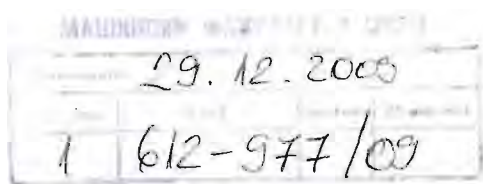
**„DINAMIČKA STABILNOST MEHANIČKIH SISTEMA
PRI DEJSTVU SLUČAJNIH OPTEREĆENJA“**

Nakon pregleda doktorske disertacije članovi Komisije podnose sledeći:

I Z V E Š T A J

Doktorska disertacija kandidata mr Gorana Janevskog dipl. maš. ing. izložena je na 236 strana formata A4. Celokupna materija dokorskog rada sistematizovana je u 7 poglavlja, uključujući uvod i zaključak. Naslovi poglavlja su sledeći:

1. Uvod
2. Stohastička stabilnost mehaničkih sistema pri dejstvu pobude tipa belog šuma
3. Stohastička stabilnost mehaničkih sistema pri dejstvu pobude tipa realnog šuma
4. Stohastička stabilnost mehaničkih sistema pri dejstvu pobude ograničenog šuma
5. Stohastička stabilnost mehaničkih sistema pri dejstvu periodičke sile i stohastičkog procesa tipa belog šuma
6. Stohastička stabilnost mehaničkih sistema pri dejstvu periodičke sile i stohastičkog procesa realnog šuma
7. Zaključak



U radu je prikazano 101 numerisanih grafičkih priloga. Doktorska disertacija sadrži četiri strane sadržaja, a na kraju rada 25 priloga i spisak korišćene literature sa 70 bibliografskih jedinica.

U **prvom poglavlju** koje ima uvodni karakter navode se osnove slučajnih promenljivih i slučajnih procesa. Definisanjem osnovnih veličina slučajnih procesa autor sistematski i pojmovno daje osnove kojim se opisuju ponašanja dinamičkih sistema pri dejstvu slučajnih pobuda. Sadržaj ovog poglavlja ograničen je na opisivanje slučajnih procesa koji predstavljaju pobudu dinamičkih sistema, za slučajeve koji su razmatrani u disertaciji i to: beli šum, realni šum i ograničeni šum. Takodje, u prvom poglavlju, date su osnove teorije stohastičkih diferencijalnih jednačina, prvenstveno Itô-ve i Stratonovičeve stohastičke diferencijalne jednačine, kao i relacije između integrala u Itô-voj i Stratonovičevoj interpretaciji. U ovom poglavlju date su osnove savremene teorije stabilnosti stohastičkih sistema, koja kroz određivanje vrednosti dve karakteristične veličine (Ljapunovljev eksponent i moment Ljapunovljevog eksponenta), opisuje ponašanje dinamičkog sistema pri dejstvu slučajnih pobuda. Na kraju prvog poglavlja izložen je perturbacioni metod za određivanje momenta Ljapunovljevog eksponenta dinamičkih sistema pri dejstvu slučajnih opterećenja.

U **drugom poglavlju** razmatrana je stohastička stabilnost mehaničkih sistema pri dejstvu slučajne pobude tipa Gaussov-ovog belog šuma. Primenom perturbacionog metoda prikazan je postupak određivanja momenata Ljapunovljevog eksponenta za sisteme mehaničkih oscilacija sa dva i četiri stepena stepena oscilovanja. Na osnovu osobina momenata Ljapunovljevog eksponenta i Ljapunovljevog eksponenta za realne mehaničke sisteme određene su i grafički prikazane oblasti skoro-sigurne stohastičke stabilnosti i oblasti stabilnosti momenata Ljapunovljevog eksponenta. U ovom poglavlju razmatran je uticaj karakteristika slučajnog procesa tipa belog šuma i parametara sistema na oblasti stohastičke stabilnosti. Za dinamičke oscilatorne mehaničke sisteme razmatrana je stohastička stabilnost u slučaju kada na sistem deluju dva stohastička procesa različitih karakteristika, oba istog tipa (belog šuma). Za sisteme sa dva stepena slobode oscilovanja pri dejstvu dve stohastičke pobude tipa belog šuma razmatrana je stohastička stabilnost mehaničkih sistema čije se kretanje može opisati Hill-ovom diferencijalnom jednačinom. Na primeru aksijalno pritisnute tanke proste grede, kada prigušenje i aksijalna pritisna sila zavise od vremena i imaju slučajni karakter, razmatran je uticaj determinističkih komponenti konstantnog dela prigušenja i pritisne sile, kao i karakteristika vremenski zavisnih slučajnih pobuda na oblasti stohastičke stabilnosti sistema. U ovom poglavlju je razmatrana i stohastička stabilnost sistema sa četiri stepena slobode oscilovanja pri dejstvu dva stohastička procesa, oba tipa belog šuma. Kroz analizu dinamičkog ponašanja sistema mehaničkih oscilacija tanke grede pri dejstvu momenta i aksijalne pritisne sile na njenim krajevima razmatran je uticaj karakteristika slučajnih procesa različitih oblika profila na oblasti stohastičke stabilnosti. Numerička verifikacija analitički dobijenih rezultata u radu je izvršena korišćenjem metode Monte Carlo. Za konkretne vrednosti parametara sistema i karakteristika slučajnih pobuda izvršeno je poredjenje vrednosti momenata Ljapunovljevog eksponenta koji su dobijeni analitičkim postupkom korišćenjem perturbacionog metoda sa vrednostima numeričkog eksperimenta. U ovom poglavlju, pored poredjenja numeričkih rezultata sa analitičkim,

izvršeno je poredjenje dva numerička postupka za određivanje vektora stanja sistema (Runge-Kutta i Taylor-ov metod).

U **trećem poglavlju** razmatrana je skoro-sigurna stohastička stabilnost i stabilnost momenata Ljapunovljevog eksponenta za oscilatorne mehaničke sisteme kada je pobuda stohastički proces tipa realnog šuma. Analitički dobijeni rezultati, određene vrednosti momenata Ljapunovljevog eksponenta za sisteme sa dva stepena oscilovanja, primenjuju se za realni sistem transverzalnih oscilacija aksijalno pritisnute grede. Razmatran je uticaj viskoznog prigušenja, širine opsega i intenziteta realnog šuma na oblasti stohastičke stabilnosti. Određivanjem perturbacija višeg reda, određena je kvadratna zavisnost momenata Ljapunovljevog eksponenta od vrednosti viskoznog prigušenja, koja omogućava preciznije definisanje granica stohastičke stabilnosti u odnosu na granice stabilnosti koje su određene i prikazane u dosadašnjoj publikovanoj literaturi. Za sisteme mehaničkih oscilacija sa četiri stepena oscilovanja, pretpostavljajući transformacione funkcije u obliku trigonometrijskih redova, određen je opšti izraz momenata Ljapunovljevog eksponenta u drugoj perturbaciji. Na realnom primeru oscilacija grede pri dejstvu ekscentrične pritisne sile, primenom analitički dobijenih rezultata, razmatra se uticaj karakteristika stohastičkog procesa tipa realnog šuma i karakteristika poprečnog preseka profila na oblasti stohastičke stabilnosti.

U **četvrtom poglavlju** razmatrana je stohastička stabilnost mehaničkog sistema sa dva stepena slobode oscilovanja pri dejstvu slučajnog procesa ograničenog šuma. Na realnom primeru aksijalno pritisnute grede, određene su oblasti stohastičke stabilnosti određivanjem momenata Ljapunovljevog eksponenta do šestog stepena malog parametra. Razmatrana je stabilnost stohastičkog sistema mehaničkih oscilacija u blizini rezonantnih stanja kroz uticaj blizine rezonantnog stanja na vrednosti momenata Ljapunovljevog eksponenta i vrednosti Ljapunovljevog eksponenta. Razmatrana je stohastička stabilnost dinamičkog sistema u blizini primarne, sekundarne i tercijalne rezonance. Za sistem sa dva stepena oscilovanja pri dejstvu stohastičke pobude ograničenog šuma utvrđena je kvadratna zavisnost momenata Ljapunovljevog eksponenta u funkciji viskoznog prigušenja. Korišćenjem analitički dobijenih rezultata, primenom perturbacionog metoda, određeni su momenti Ljapunovljevog eksponenta i na osnovu toga razmatrani su uticaji parametra stohastičke pritisne sile i viskoznog prigušenja na oblasti stohastičke stabilnosti sistema sa dva stepena slobode oscilovanja.

Na osnovu zaključaka izvedenih analizom stohastičke stabilnosti mehaničkih sistema u blizini rezonantnih stanja, u **petom poglavlju** razmatrana je stohastička stabilnost mehaničkih oscilacija aksijalno pritisnute grede pri dejstvu pobude koja sadrži komponentu determinističke periodičke sile i stohastičku pobudu tipa beli šum. Na realnom mehaničkom primeru aksijalno pritisnute grede, korišćenjem analitički dobijenih rezultata, razmatrano je ponašanje dinamičkog sistema u blizini rezonantne frekvencije determinističke sile. Na osnovu analize oblasti stohastičke stabilnosti u blizini rezonantnih frekvencija utvrđena je medjusobna veza uticaja parametra periodičke sile i stohastičke pobude tipa belog šuma. Određene su oblasti skoro-sigurne stohastičke stabilnosti u zavisnosti od vrednosti poremećajnog faktora koji pokazuje koliko je frekvencija determinističke sile bliska rezonantnoj frekvenciji. Razmatran je i medjusobni uticaj intenziteta determinističke sile i stohastičke pobude na oblasti skoro-sigurne stohastičke stabilnosti.

U **šestom poglavlju** razmatrana je stohastička stabilnost aksijalno pritisnute grede pri dejstvu pobude koja sadrži komponentu determinističke periodičke sile i stohastičku pobudu tipa realni šum. Na primeru aksijalno pritisnute grede, korišćenjem analitički dobijenih rezultata, razmatrano je ponašanje dinamičkog sistema u blizini rezonantne frekvencije determinističke sile. Za konkretne vrednosti parametara determinističke sile i parametara stohastičke pobude tipa realnog šuma određene su oblasti skoro-sigurne stohastičke stabilnosti. Prikazan je međusobni uticaj vrednosti parametara periodičke sile i stohastičkog procesa na oblasti skoro-sigurne stohastičke stabilnosti, jasno uočavajući uticaj parametara stohastičke pobude na poremećaje u dinamičkom ponašanju sistema u blizini rezonantne frekvence. Analiziran je uticaj parametara periodičke sile i parametara stohastičke pobude na dinamičko ponašanje sistema određivanjem oblasti uticaja periodičke sile i oblasti gde je fenomen rezonantnih skokova u analizi stabilnosti od sekundarnog značaja.

U zaključku kao **sedmom poglavlju**, na sistematičan način, istaknuta su najbitnija saznanja do kojih se došlo istraživanjem u okviru doktorske disertacije.

ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu pregleda dokorskog rada i analize ostvarenih rezultata, članovi Komisije konstatuju sledeće:

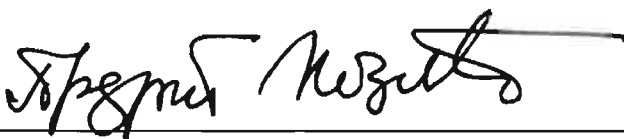
- ❖ Podneti rad u potpunosti odgovara temi prihvaćenoj od strane Naučno-nastavnog veća Mašinskog fakulteta u Nišu,
- ❖ Kandidat je ovladao potrebnim znanjima za istraživanje u oblasti stohastičke stabilnosti mehaničkih sistema, što ga verifikuje u kompetentnog istraživača u ovoj oblasti,
- ❖ Kandidat je ispoljio potrebnu samostalnost i inventivnost u naučno istraživačkom radu,
- ❖ Kandidat je došao do rezultata koji predstavljaju doprinos dosadašnjim istraživanjima u oblasti stohastičke stabilnosti mehaničkih sistema. Izvršena je sveobuhvatna analiza dinamičkog ponašanja različitih mehaničkih sistema pri dejstvu stohastičke pobude različitih tipova, kao i istovremenom dejstvu periodičke sile i stohastičke pobude,
- ❖ Originalni rezultati doktorske disertacije su verifikovani i kroz publikovanje radova u časopisima iz uže naučne oblasti kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije,
- ❖ Rad je tehnički korektno i kvalitetno urađen

Na osnovu svega napred izloženog, Komisija je mišljenja da rad kandidata predstavlja u celini originalan i značajan doprinos u izučavanju problematike stohastičke stabilnosti mehaničkih sistema. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Mašinskog fakulteta u Nišu da se rad kandidata *mr Gorana Janevskog* dipl.maš.inž. pod nazivom

**„DINAMIČKA STABILNOST MEHANIČKIH SISTEMA
PRI DEJSTVU SLUČAJNIH OPTEREĆENJA“**

prihvati kao doktorska disertacija i kandidat pozove na usmenu javnu odbranu.

ČLANOVI KOMISIJE :



dr Predrag Kozić, red. prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu
(uža naučna oblast - Teorijska i primenjena mehanika)



dr Zoran Golubović, red. prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu
(uža naučna oblast - Teorijska i primenjena mehanika)



dr Ratko Pavlović, red. prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu
(uža naučna oblast - Teorijska i primenjena mehanika)

U Nišu i Beogradu, decembra 2009. god.

Prilog 1. Osnovni biografski podaci kandidata

Mr Goran Janevski, rođen je 23.03.1970. god. u Boru, Srbija. Sada živi u Nišu. Oženjen i ima jednog sina.

Mr Goran Janevski završio je osnovnu školu "3. Oktobar" u Boru i Elektro-mašinsku školu "Ivo Lola Ribar", smer konstruktor-tehničar, takođe u Boru. Nakon odsluženog vojnog roka upisuje se na Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu – smer Proizvodno mašinstvo, na kome je diplomirao 1994. godine sa ocenom 10. Prosečna ocena položenih ispita u toku studija bila je 9,21. Poslediplomske studije upisao je na Mašinskom fakultetu – smer Primenjena i teoriska mehanika 1995/1996. godine i sve predviđene ispite položio prosečnom ocenom 9,86. Magistarski rad pod nazivom "Nelinearne oscilacije ploča od kompozitnih materijala" odbranio je u martu 2003. godine, pod mentorstvom prof. dr Ratka Pavlovića.

Za saradnika Mašinskog fakultetu u Nišu izabran je po završetku studija 1994. godine. Za asistenta pripravnika na Mašinskom fakultetu u Nišu izabran je maja 1996. godine. Za asistenta na istom fakultetu izabran je 2003. godine. Kao asistent i asistent-pripravnik izvodio je vežbe iz sledećih predmeta: Mehanika I – Statika, Otpornost materijala, Mehanika II – Kinematika i Mehanika III – Dinamika.

Objavio je (kao autor ili koautor) oko dvadeset naučno-stručnih radova, učestvovao je u realizaciji više naučno-istraživačkih i stručnih projekata koji su realizovani na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Nišu.

Prilog 2. Objavljeni naučni radovi u vezi sa doktorskom disertacijom kandidata

1. Kozić, P., Pavlović, R., Janevski, G., (2008). Moment Lyapunov exponent of the stochastic parametrical Hill's equation. *International Journal of Solids and Structures*, 45, 6056-6066.
2. Pavlović, R., Kozić, P., Janevski, G., (2008). Influence of a rotatory inertia on stochastic stability of a viscoelastic rotating shaft. *Theoret. Appl. Mech.* 35(4).
3. Kozić, P., Pavlović, R., Janevski, G., Golubović, Z., (2009). Influence of the mode number on the stochastic stability regions of the elastic beam. *MECCANICA*, (prihvaćen za štampu), DOI: 10.1007/s11012-009-9272-5.
4. Kozić, P., Janevski, G., Pavlović, R., (2009). Moment Lyapunov Exponents and Stochastic Stability for Two Coupled Oscillators. *Journal of Mechanics of Materials and Structures* (jomms.org.), Mathematical Sciences Publishers, Berkeley, USA, (prihvaćen za štampu).
5. Kozić, P., Janevski, G., Pavlović, R., (2009). Numerical determination of moment Lyapunov exponent of the stochastic parametrical Hill's equation. 2nd International congress of Serbian society of mechanics, Palić (Subotica), June 1-5.