

## Nastavno-naučnom veću Mašinskog fakulteta u Nišu

Izvod iz zapisnika sednice Veća Katedre za mehaniku koja je održana 06. 09. 2012. god.

**Predmet:** *Predlog članova Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije*

Na sednici Katedre za mehaniku usvojen je predlog imenovanja članova Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata Vladimira Stojanovića, diplomiranog inženjera mašinstva, pod nazivom:


### OSCILACIJE I STABILNOST VIŠESLOJNIH I OŠTEĆENIH TIMOŠENKOVIH STRUKTURA

u sledećem sastavu

1. Dr Predrag Kozić, red. prof. Mašinskog fakulteta u Nišu  
(Uža naučna oblast teorijska i primenjena mehanika),
2. Dr Ratko Pavlović, red. prof. Mašinskog fakulteta u Nišu  
(Uža naučna oblast teorijska i primenjena mehanika).
3. Dr Zoran Golubović, red. prof. Mašinskog fakulteta u Beogradu  
(Uža naučna oblast teorijska i primenjena mehanika),
4. Dr Goran Janevski, docent Mašinskog fakulteta u Nišu  
(Uža naučna oblast teorijska i primenjena mehanika).

U Nišu, 06. 09. 2012. god.

Šef Katedre za mehaniku

  
dr Ratko Pavlović, red.prof., s.r.

MAŠINSKI FAKULTET U NIŠU

Примљено	06. 9. 2012		
Орг. јед.	Број	Прело.	Предмет
1	612-107-4/2012		

03. 9. 2012

73 612-517/2012

**Katedri za Mehaniku**

**Nastavno-naučnom veću Mašinskog fakulteta u Nišu**

**PREDMET: Zahtev za odobrenje teme doktorske disertacije**

**OBRAZLOŽENJE:** Doktorske studije na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Nišu upisao sam školske 2008/2009 godine. Sve ispite predviđene planom i programom studijskog programa Teorijske i primenjene mehanike položio sam sa najvišim ocenama. Obavio sam naučno-studijski boravak od godinu dana na Mašinskom fakultetu Engenharia Univerziteta u Portu sa ciljem naučnog istraživanja u okviru izrade doktorske disertacije. Preliminarni broj ESPB bodova ostvaren tokom naučno-istraživačkog rada prikazan je u tabeli 1. Na osnovu ovih podataka formalno sam ispunio sve zateve za odobrenje teme doktorske disertacije, predviđene Statutom Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Molim Veće katedre za Mehaniku da razmotri moj zahtev za odobrenje teme doktorske disertacije pod radnim nazivom:

**OSCILACIJE I STABILNOST VIŠESLOJNIH I OŠTEĆENIH  
TIMOŠENKOVIIH STRUKTURA**

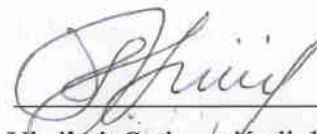
Za mentora predlažem Dr Predraga Kozića, redovnog profesora Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu.

Uz zahtev prilažem obrazloženje predložene teme sa okvirnim sadržajem doktorske disertacije, osnovne biografske podatke, spisak publikovanih naučnih radova i nazive projekata u čijoj sam realizaciji učestvovao.

U Nišu,

Septembar 2012. god.

Podnosilac zahteva:



Vladimir Stojanović, dipl. maš. ing.

Asistent Mašinskog fakulteta u Nišu

## 1. PREDMET DOKTORSKE DISERTACIJE I METODE ISTRAŽIVANJA

Veliki broj mehaničkih sistema su složene strukture sastavljene od dva ili više osnovnih mehaničkih sistema čije je dinamičko ponašanje uslovljeno njihovom međusobnom interakcijom. Sistemi povezani elastičnim slojem čine jednu grupu ovakvih mehaničkih struktura koje se veoma često sreću u mašinskoj, građevinskoj i avio industriji. Višeslojne mehaničke strukture su izložene mogućnosti nastanka uslova rezonancije koja može prouzrokovati lom i oštećenje.

Na delovima mašinskih konstrukcija koje obavljaju veliki broj cikličnih operacija, a izloženi su opeterećenjima, vrlo često nastaju oštećenja. Po nastanku oštećenja, dinamičko ponašanje sistema se menja i treba ga poznavati kako bi se sprečili uslovi rezonancije i posledice koje pri tome nastaju. Kod već oštećenih struktura, uticaj nelinearnosti u vremenskom i frekventnom domenu se razlikuju od struktura bez oštećenja i određivanje uslova koji dovode do rezonance kao posledicu interakcije modova oscilovanja su od velike važnosti.

Timošenkova teorija koja podrazumeva uticaje inercije rotacije i efekte poprečnog smicanja je korišćena u formiranju matematičkih modela kako višeslojnih, tako i oštećenih mehaničkih sistema.

Oscilacije i stabilnost kako složenih višeslojnih mehaničkih sistema, tako i oštećenih struktura su višedecenijski predmet naučnog, akadameskog i praktičnog proučavanja mnogih autora. Interesovanje naučne javnosti za problem oscilacija i stabilnosti ovakvih sistema se povećava iz razloga sprečavanja lomova i trajnih oštećenja u realnim mašinskim, građevinskim i ostalim sistemima. To je dovelo do razvoja analitičkih i numeričkih metoda koje se koriste za određivanje frekvencija i modalnih karakteristika oscilovanja kako linearnih, tako i nelinearnih oscilatornih sistema.

U ovom radu postupak određivanja oscilacija i stabilnosti višeslojnih struktura biće sproveden analitičkim metodama: Bernoulli-Fourier metoda, Trigonometrijska metoda, Lagranževa metoda varijacije konstanta. Analiza oštećenih struktura biće razmatrana numeričkim metodama:  $p$  verzija metode konačnih elemenata, Newmark metod, Harmonic Balance metod, Continuation metod, Prediktor-Korektor metod.

## 2. OKVIRNI SADRŽAJ RADA

- Uvod
- Slobodne oscilacije i stabilnost dvoslojnih mehaničkih sistema
- Prinudne oscilacije i stabilnost dvoslojnih mehaničkih sistema
- Oscilacije troslojnog mehaničkog sistema na elastičnoj podlozi
- Stabilnost troslojnog mehaničkog sistema na elastičnoj podlozi
- Oscilacije i stabilnost višeslojnih mehaničkih sistema
- Oscilacije i stabilnost višeslojnih mehaničkih sistema korišćenjem smicajno-deformacione teorije višeg reda
- Razvoj nove  $p$  verzije metode konačnih elemenata za nelinearne oscilatorne mehaničke sisteme sa diskontinuitetom u poprečnom preseku
- Nelinearne oscilacije mehaničkih sistema sa oštećenjem u vremenskom domenu
- Nelinearne oscilacije mehaničkih sistema sa oštećenjem u frekventnom domenu sa unutrašnjom rezonancijom
- Zaključak

### **3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

- Određivanje i razmatranje rešenja parcijalnih diferencijalnih jednačina koje opisuju oscilovanje dvoslojnih i višeslojnih mehaničkih sistema. Takođe razmotriće se uticaj aksijalnog opterećenja na stabilnost ovakvih mehaničkih sistema.
- Uticaj dinamičkih karakteristika elastičnih međuslojeva na oscilacije i stabilnost višeslojnih mehaničkih sistema
- Utvrđivanje uticaja poprečnog smicanja i inercije rotacije na slobodne frekvencije oscilovanja dvoslojnih i višeslojnih mehaničkih struktura
- Razvoj novog tipa  $p$  verzije metode konačnih elemenata za mehaničke sisteme sa diskontinuitetom u poprečnom preseku
- Numeričko određivanje fundamentalnih modalnih parametara linearnih i nelinearnih oscilacija višeslojnih i oštećenih mehaničkih sistema
- Uticaj geometrijskih nelinearnih efekata na oscilacije oštećenih struktura u frekventnom domenu
- Upoređivanje numerički dobijenih rezultata oštećenih mehaničkih sistema sa rezultatima komercijalnog softvera Ansys.

### **4. OČEKIVANI DOPRINOS I MOGUĆNOSTI PRIMENE DOBIJENIH REZULTATA**

Istraživanjima u okviru datog sadržaja predložene teme doktorske disertacije utvrdiće se nova teorijska saznanja u oblasti oscilacija i stabilnosti višeslojnih i oštećenih mehaničkih sistema.

Definisaće se matematički modeli oscilovanja realnih višeslojnih i oštećenih mehaničkih sistema.

Odrediće se uticaj broja Timošenkovih nosača na kritičnu silu izvijanja višeslojnog mehaničkog sistema.

Odrediće se slobodne frekvencije oscilovanja višeslojnih sistema analitičkim metodama i nove smicajne frekvencije visokih modova.

Odrediće se uticaj mehaničkih karakteristika elastičnog sloja na veličinu kritične sile izvijanja višeslojnog mehaničkog sistema

Odrediće se slobodne frekvencije oscilovanja oštećenih mehaničkih sistema numeričkim metodama i izvršiće se verifikacija rezultata komerijalnim softverom Ansys.

Definisaće se nova metoda *p* verzije konačnih elemenata za diskontinuirane sisteme koja je razvijena i korišćena u matematičkim modelima opisivanja mehaničkih sistema sa oštećenjem.

Odrediće se dinamičko ponašanje, antisimetrija oscilovanja i amplitude nelinearnih oscilacija oštećenih mehaničkih sistema.

Definisaće se pojava longitudinalnog oscilovanja obostrano uklještenog nosača u različitim modovima kao posledica oštećenja u strukturi.

Odrediće se uslovi interne rezonancije i moguće bifurkacije kod nelinearnih oscilacija oštećenih mehaničkih sistema

Utvrdiće se mogućnost primene nove *p* verzije metode konačnih elemenata u proučavanju kretanja različitih mehaničkih sistema sa oštećenjem.

Naučno-stručni radovi		
a) Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja M20		
1.1	V. Stojanović, P. Kozić, G. Janevski, <b>Exact closed-form solutions for the natural frequencies and stability of elastically connected multiple beam system using Timoshenko and high order shear deformation theory</b> , <i>Journal of Sound and Vibration</i> – ACCEPTED 05-Sep-12.(prihvaćen rad)	M21=8p
1.2	V. Stojanović, P. Kozić, <b>Forced transverse vibration of Rayleigh and Timoshenko double-beam system with effect of compressive axial load</b> , <i>International Journal of Mechanical Sciences</i> (2012) 60:59-71.	M21=8p
1.3	V. Stojanović, P. Kozić, G. Janevski, <b>Buckling instabilities of elastically connected Timoshenko beams on an elastic layer subjected to axial forces</b> , <i>Journal of Mechanics of Materials and Structures</i> (2012) 7:363-374.	M23=3p
1.4	V. Stojanović, P. Kozić, R. Pavlović, G. Janevski, <b>Effect of rotary inertia and shear on vibration and buckling of a double beam system under compressive axial loading</b> , <i>Archive of Applied Mechanics</i> (2011) 81:1993-2005.	M23=3p
1.5	P. Kozić, R. Pavlović, G. Janevski, V. Stojanović, <b>Moment Lyapunov exponents and stochastic stability of moving narrow bands</b> , <i>Journal of Vibration and Control</i> (2010) 17:988-999.	M22=5p

b) Zbornici međunarodnih naučnih skupova M30		
1.6	V. Stojanović, P. Ribeiro, <b>Modes of vibration of damaged beams by a new p-version finite element</b> , <i>The 23rd International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM2012), Beijing, China, 19 to 24 August, 2012.</i>	M33=1p
1.7	V. Stojanović, P. Ribeiro, S. Stoykov, <b>A new p-version finite element method for nonlinear vibrations of damaged Timoshenko beams</b> , <i>6th European congress on computational methods in applied sciences and engineering (eccomas 2012), University of Vienna, Austria, September 10-14, 2012.</i>	M33=1p
1.8	V. Stojanović, P. Kozić, G. Janevski, <b>Influence of rotary inertia on vibration and buckling of a double beam system under compressive axial loading</b> , <i>International Conference - Mechanical Engineering in XXI Century, 25-26 November 2010, Nis, Serbia.</i>	M33=1p
1.9	V. Stojanović, P. Kozić, <b>Buckling of elastically connected Timoshenko beams under compressive axial loading</b> , <i>Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vlasina lake, Serbia, 5-8 July 2011.</i>	M63=0.5p
1.10	R. Pavlović, I. Pavlović, V. Stojanović, <b>Influence of transverse shear and rotary inertia on vibration and stability of cross-ply laminated plates</b> , <i>Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vlasina lake, Serbia, 5-8 July 2011.</i>	M63=0.5p

<b>2. Učešće u realizaciji projekata</b> <b>(a) Naučno istraživački projekti</b>	
2.1	Naučno-istraživački projekat koji finansira Ministarstvo za Nauku I tehnološki razvoj Republike Srbije. <b>Deterministička i stohastička stabilnost mehaničkih sistema ON 174011</b> . Rukovodilac projekta: Dr Ratko Pavlović, red. prof.
2.2	Naučno-istraživački projekat koji finansira FCT fondacija Portugalije. <b>Intelligent systems for fault detection in multidimensional processes</b> "/Faculty of Engineering, University of Porto, PTDC/EEA-AUT/108180/2008, financed by Portuguese funds through FCT/MCTES (PIDDAC) and co-financed by the European Fund for Regional Development (FEDER) via COMPETE – "Programa Operacional Factores de Competitividade (POFC)".

<b>3.Učešće na seminarima</b>	
3.1	Učešće na edukativnom seminaru o korišćenju KoBSON servisa:" <b>ELEKTRONSKI IZVORI INFORMACIJA U NAUCI- značaj, vrste, dostupnost, procena vrednosti</b> ", Niš, 8. Oktobar, 2009.



Tabela 1: Preliminarni ostvareni broj ESPB bodova

ESPB na osnovu definisanih kriterijuma	ESPB	
1.1. Diplomirani inženjer mašinstva	300	300
1.2. Polaganje ispita iz predmeta na doktorskim studijama	8*10	80
2.1. Učešće studenta na stručnom seminaru, simpozijumu, skupu iz oblasti doktorskih studija	Ref.:3.1	2
2.2. Učešće studenta u realizaciji naučno-istraživačkih projekata	Ref.:2.1-2.2	10
2.3. Rad saopšten na skupu nacionalnog značaja (kategorija R65, M63), štampan u celini	Ref. 1.9.-1.10	1
2.4. Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja (kategorija R54, R54), štampan u celini	Ref. 1.5.-1.7	3
2.5. Rad objavljen u časopisu međunarodnog značaja (kategorija R52,M23)	Ref. 1.3.-1.4	6
2.6. Rad objavljen u vodećem časopisu međunarodnog značaja (kategorija R51b)	Ref. 1.5	5
2.7. Rad objavljen u istaknutom vodećem časopisu međunarodnog značaja (kategorija R51a, M21)	Ref. 1.1.-1.2	16
	Σ	423

## 5. PRILOG ZAHTEVU ZA ODOBRENJE DOKTORSKE DISETACIJE BIOGRAFSKO-BIBLIOGRAFSKOG KARAKTERA

Kandidat Vladimir Stojanović rođen je 09. 03. 1983. godine u Zaječaru. Osnovnu školu „Vuk Karadžić” u Negotinu završio je kao učenik generacije i dobitnik više nagrada za osvojena prva mesta na regionalnim i republičkim takmičenjima iz matematike i fizike.

Gimnaziju „Predrag Kostić” u Negotinu, prirodno-matematičkog smera, završio je 2002. godine sa odličnim uspehom. Za postignuti uspeh nagrađen je Vukovom diplomom. Tokom

gimnazijskog školovanja kandidat je bio učesnik zimskog i letnjeg seminara iz matematike Naučno-istraživačke stanice u Petnici. Nosilac je pohvalnice sa 40. republičkog takmičenja mladih fizičara održanog u Aranđelovcu 2002. Godine.

Mašinski fakultet u Nišu upisao je školske 2003/2004 godine, a završio 12. juna 2009. godine na profilu Mehatronika sa srednjom ocenom 9.95 odbranivši diplomski rad pod nazivom „Primena PLC-a za nadzor i upravljanje sistemima sa posebnim osvrtom na vodosnabdevanje grada Niša” ocenom 10. Tokom studija bio je najbolji student prve, druge, treće i pete godine studija. Radio je kao demonstrator u laboratoriji za fiziku Mašinskog fakulteta u Nišu. Učestvovao je na takmičenju u znanju iz matematike na mašinijadama i uvek osvajao jedno od prva tri mesta. Bio je student prodekan i predsednik studentskog parlamenta. Kao stipendista Ministarstva prosvete Republike Srbije, fonda za mlade talente, obavio je stručnu praksu u kompaniji "CISA" u Rimu.

Učestvovao je u radu Instituta za međunarodno obrazovanje kao rukovodilac projekta „Sistem daljinskog nadzora i upravljanja sistemom vodosnabdevanja grada Niša”.

Kao diplomirani mašinski inženjer zasnovao je radni odnos jula 2009. godine u kompaniji "Hemofarm" u sektoru za energetiku.

Školske 2008/2009 upisao je doktorske studije na Mašinskom fakultetu u Nišu i položio je sve ispite predviđene planom i programom Mašinskog fakulteta u Nišu sa prosečnom ocenom 10.

Naučno se usavršavao na Engenharia Univerzitetu u Portu.