

Datum: 15.11.2016			
Obr. br.	God.	Stranica	Broj stranica
01	150/09	—	—

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U NIŠU**

PREDMET: Izveštaj o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata **mr Radovana Cvetkovića**

Odlukom Nastavno-naučnog Veća Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu br.8/5 od 12. 10. 2016. imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije **mr Radovana Cvetkovića**, dipl. inž. građ., pod naslovom

„MEHANIČKO PONAŠANJE SPREGNUTIH KONSTRUKCIJA TIPRA DRVO-BETON“

Posle pregleda doktorske disertacije Komisija podnosi Nastavno-naučnom Veću Građevinsko-arhitektonskog fakulteta sledeći

IZVEŠTAJ

1. UVOD

1.1 Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Kandidat **mr Radovana Cvetkovića**, dipl. inž. građ., prijavio je doktorsku disertaciju 20.05.2009. Komisija za ocenu podobnosti doktoranta i teme doktorske disertacije, u sastavu: prof. dr Dragoslav Stojić, dipl. inž. građ. (Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu), prof. dr Dušan Petković, dipl. inž. građ. (Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu) i prof. dr Boško Stevanović, dipl. inž. građ. (Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu), određena je 19.06.2009. Komisija je dala pozitivno mišljenje 10.11.2009., a tema doktorske disertacije je potvrđena odlukom odgovarajućeg stručnog veća Univerziteta u Nišu 09. 02. 2010.

Za mentora je imenovan prof. dr Dragoslav Stojić, dipl. inž. građ.

Kandidat je predao završenu disertaciju 29. 09. 2016., a Nastavno-naučno Veće Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu je 12. 10. 2016. formiralo Komisiju za ocenu i odbranu ove disertacije u sastavu: prof. dr Dragoslav Stojić, dipl. inž. građ. (Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu), prof. dr Boško Stevanović, dipl. inž. građ. (Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu), v. prof. dr Danijel Kukaras, dipl. inž. građ. (Građevinski fakultet Univerziteta u Novom Sadu), doc. dr Tatjana Kočetov-Mišulić, dipl. inž. građ. (Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu) i doc. dr Slobodan Ranković, dipl. inž. građ. (Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu),

1.2 Naučna oblast disertacije

Istraživanja prikazana u ovoj doktorskoj disertaciji pripadaju primenjenim i teorijskim tehničkim naukama u oblasti građevinarstva (drvene i betonske konstrukcije, spregnute konstrukcije, eksperimentalna analiza), za koje je matičan Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu.

1.3 Biografija kandidata

Mr Radovan Cvetković rođen je 5. avgusta. 1967. godine u Kruševcu. Nakon završene srednje Građevinske škole, smer za visokogradnju, upisao je Građevinski fakultet u Nišu, odsek za visokogradnju, školske 1987/88. godine.

24. juna 1994. godine diplomirao je radom iz oblasti Betonskih konstrukcija koji je imao temu: "Statički i dinamički proračun armirano-betonske konstrukcije TV-tornja visine od 320m" sa ocenom 10. Iste godine, kao najbolji diplomirani student u generaciji 1993/1994. Građevinskog fakulteta, nagrađen je od strane Univerziteta u Nišu i dodeljena mu je Povelja Univerziteta.

Od jeseni 1994. držao je vežbe na predmetu Drvene konstrukcije i skele, a od januara 1995. uključen je u rad na strateškom i istraživačko-tehnološkom projektu "Uvođenje sistema Evrokodova i osvajanje novih metoda projektovanja proizvoda i tehnologija u građevinskom konstrukterstvu Srbije", potprojektu: "Evrokod 5-Proračun drvenih konstrukcija" od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, kao mladi istraživač stipendista.

7. marta 1995. izabran je za saradnika Građevinskog fakulteta u Nišu u zvanju asistenta-pripravnika za predmete Drvene konstrukcije i skele i Betonske konstrukcije.

1996. uključen je u rad na naučnom projektu iz oblasti osnovnih istraživanja pod nazivom "Teorijska i eksperimentalna istraživanja savremenih metalnih i drvenih konstrukcija."

Narednih godina kandidat je držao vežbe iz napred navedenih predmeta, radio na naučno-istraživačkim projektima finansiranim od Ministarstva za nauku i tehnologiju, pisao i objavljivao radove na naučnim i stručnim skupovima i preko Instituta za građevinarstvo i arhitekturu, kao projektant-saradnik učestvovao u izradi različite projektne dokumentacije, elaborata i ekspertiza.

Okobra 2000. godine s odobrenjem Nastavno-naučnog veća Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu upisuje se i odlazi na poslediplomske studije, na Građevinski fakultet Ruskog Univerziteta, u Bohumu, SR Nemačka.

Poslediplomske studije pod nazivom "Master course-Computational Engineering" trajale su dve godine, (4 semestra), predavanja i vežbe držani su na engleskom jeziku. Tokom studija položio je ispite iz 20 predmeta i stekao pravo na izradu magistarske teze pod nazivom "Ponašanje spregnutih greda tipa drvo-beton opterećene savijanjem" ("Behaviour of Composite Timber-Concrete Structures with Bending Actions"), pod mentorstvom Prof. Dr-Ing. Fridhelma Štangenberga, šefa Katedre za betonske konstrukcije Građevinskog fakulteta u Bohumu.

Magistarski rad je ocenjen najvišom ocenom 1,0 i kandidat je 14. oktobra 2002. stekao zvanje magistra u oblasti građevinarstva na Građevinskom fakultetu u Bohumu.

Stečenu diplomu magistra nostrifikovao je Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu dana 26.03. 2003. godine kao Diplomom magistra tehničkih nauka.

Tema doktorske disertacije pod nazivom „Mehaničko ponašanje spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton" odobrena mu je od strane Odbora za tehničko-tehnološke nauke Univerziteta u Nišu februara 2010. Tokom 2010. i 2011. u više navrata boravi na Građevinskom fakultetu Ruskog univerziteta u Bohumu, u statusu stipendiste, u okviru SEEFORM projekta i radi na disertaciji. U okviru SEEFORM projekta redovno učestvuje na status seminarima vezanim za progres u radu na tezi. Status seminari se organizuju u Bohumu, Nišu, Beogradu i Skoplju.

Učesnik je naučno istraživačkog projekta TR036037 pod nazivom „Izgradnja studentskih domova u Srbiji početkom 21.veka" u periodu od 2010.-2016. godine, finansiranog od Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije.

Član je Inženjerske komore Srbije. Član je Društva građevinskih konstruktera Srbije.

Član je Komisije za standardizaciju Republike Srbije u oblasti Drvenih konstrukcija i Zidanih konstrukcija. U više navrata bio je član Saveta Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu. Od stranih jezika govori, čita i piše engleski, snalazi se sa ruskim i nemačkim.

Oženjen je i otac je jednog deteta.

U ovom trenutku kandidat je zaposlen na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu, u zvanju asistenta na predmetima uže naučne oblasti Drvene i zidane konstrukcije.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1 Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija **mr Radovana Cvetkovića**, dipl. inž. građ., u celosti je urađena prema metodologiji za izradu naučno-istraživačkih radova iz oblasti građevinarstva i prema uputstvu Senata Univerziteta u Nišu, sa posebnim uputstvima za oblikovanje štampane i elektronske verzije disertacije.

Disertacija se sastoji od 166 strana osnovnog teksta i sadrži 141 sliku (dijagrama, crteža, fotografija), 36 tabela i spisak referentne literature sa 85 naslova.

Sadržajna struktura doktorske disertacije organizovana je na sledeći način:

- 1) **Uvod (5 strana, 1-5),**
- 2) **Spregnute konstrukcije drvo-beton (16 strana, 6-21),**
- 3) **Teorija sprezanja (17 strana, 22-38),**
- 4) **Laboratorijsko ispitivanje mehaničkih karakteristika betona, drveta i parametara pomerljivosti njihove veze (32 strane, 39-70),**
- 5) **Računska analiza spregnutih nosača (16 strana, 71- 86),**
- 6) **Eksperimentalna analiza spregnutih nosača tipa drvo-beton (44 strane, 87-130),**
- 7) **Numeričko modeliranje spregnutih nosača (15 strana, 131-145),**
- 8) **Teorija zamora (12 strana, 146-157),**
- 7) **Zaključna diskusija (6 strana, 158 do 166).**

Disertacija sadrži i rezime (na srpskom i engleskom jeziku), popis slika i tabela, spisak korišćene literature i biografiju kandidata. Tehnička obrada disertacije u celini je na odgovarajućem nivou.

2.2 Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Doktorska disertacija se sastoji iz devet celina, kroz koje se, nakon formulacije problema, predstavljaju teorijske osnove, a zatim i istraživački pristupi i rezultati sopstvenih istraživanja.

U **prvom** poglavlju dat je uvod u oblast spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton, navedene su njihove prednosti u odnosu na konstrukcije izvedene primenom klasičnih materijala, razne mogućnosti primene koje se već uveliko eksploatišu u razvijenim zemljama sveta, objašnjena metodologija i svrha naučnog istraživanja sa akcentom na rešavanje konkretnih inženjerskih i konstrukterskih problema u praksi.

U **drugom** poglavlju dat je pregled konkretnih primera iz graditeljske prakse, pre svega u Skandinavskim zemljama. Izložena je tipizacija spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton sa detaljnim opisom konstrukcijskih formi, ali i u odnosu na ostvareni efekat sprezanja koji je u direktnoj vezi sa primenjenim tipovima spojnih sredstava ili spojnih sistema. Aktuelni spojni sistemi za dostizanje određenog efekta sprezanja u spoju drvenog i betonskog dela spregnutog preseka grafički su predstavljani u ovom poglavlju, kratko je naveden značaj koeficijenta popustljivosti istih i predstavljena matematička formulacija procene ostvarenog efekta sprezanja. Pregled dosadašnjih istraživanja daje kratke opise rezultata ostvarenih teorijsko-numeričko-

eksperimentalnom analizom spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton izloženih kratkotrajnom i dugotrajnom statičkom opterećenju savijanjem i dinamičkom opterećenju u formi visokocikličnog zamora.

Treće poglavlje predstavlja teoriju elastičnog sprezanja koja je iskorišćena kao osnova za formiranje matematičkog algoritma za proračun naponsko-deformacijskog stanja spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton. Dat je opšti teorijski pristup koji rezultira fundamentalnom diferencijalnom jednačinom četvrtog reda čijim rešavanjem se na veoma složen način mogu odrediti vrednosti horizontalnih pomeranja između drvenog i betonskog dela spregnutih preseka, nastalih popuštanjem spojnih sredstava, kao i veličina ugiba spregnute grede u sredini njenog raspona. U drugom delu ovog poglavlja izložena je praktičnija i primenljivija metoda za proračun spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton poznata pod nazivom **γ -postupak**, a ta metoda je u daljem poslužila kao osnova za kreiranje računске procedure definisane u Aneksu B Evrokoda 5. Jednačine date u ovom dokumentu definišu naponsko-deformacijsko stanje u svakoj tački po visini poprečnog preseka i betonskog i drvenog dela, i daje okvire za proračun parametara popustljivosti spojnih sistema ili sredstava korišćenih u vezi drveta i betona.

U **četvrtom** poglavlju opisani su i detaljno dati rezultati laboratorijskih ispitivanja elasto-mehaničkih karakteristika betona i lepljenog lameliranog drveta korišćenog za izradu spregnutih greda tipa drvo-beton čijim se ispitivanjem bavi celo jedno poglavlje. Predstavljeno je utvrđivanje čvrstoće pri zatezanju paralelno vlaknima standardizovanih uzoraka drveta, kao i zapreminske težine i procenta vlažnosti (SRPS EN 408), utvrđivanje modula elastičnosti i čvrstoće pri statičkom savijanju standardizovanih uzoraka drveta, kao i zapreminske težine i procenta vlažnosti (SRPS EN 408), određivanje modula popustljivosti spojnih sredstava, zavrtnjeva M8...150 ugrađenih na međusobnom rastojanju od 150mm duž spoja drvenog i betonskog dela spregnute grede, (SRB EN 26981), određivanje modula popustljivosti spojnog sistema, koji se sastoji od kombinacije zavrtnjeva M8...150 i betonskog žleba ojačanog (armiranog) istim tipom zavrtnja. Data je metodologija utvrđivanja mehaničkih parametara betona.

U **petom** poglavlju data je uporedna analitička analiza dveju spregnutih greda tipa drvo-beton istih geometrijskih karakteristika, koje su formirane korišćenjem različitih sistema za sprezanje. Sračunate su odgovarajuće nosivosti u odnosu na granične vrednosti karakterističnih (računskih) čvrstoća na pritisak i zatezanje u betonskom delu preseka i na smicanje, savijanje i zatezanje u drvenom delu spregnutog preseka. Sagledan je i kapacitet spojnog sredstva u prvom načinu sprezanja. Popustljivost spojnog sredstva ili sistema u vezi drveta i betona karakteriše se određenom vrednošću koja se, u prvom načinu, može analitički dovoljno tačno odrediti jednačinom iz EC 5, a u drugom, na osnovu standarda EN 26891, kojim je definisana određena eksperimentalna procedura opisana i dokumentovana u poglavlju četvrtom.

Šesto poglavlje zasniva se na eksperimentalnoj verifikaciji dobijenih rezultata kroz ispitivanje određenog broja greda do loma uz praćenje i merenje niza parametara koji karakterišu mehaničko ponašanje spregnutih konstrukcija drvo-beton opterećenih savijanjem. Predstavljena je merna tehnika, raspored mernih tačaka u kojima su beleženi podaci neophodni za opservaciju i komparaciju naponsko-deformacijskog stanja ispitivanih spregnutih greda dvoma različitim spojnim sistemima. Dati su detaljno rezultati ispitivanja obe serije greda po svim mehaničkim parametrima i materijalnim specifičnostima koje karakterišu ponašanje spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton u tabelarnoj i grafičko-dijagramskoj formi. Takođe je napravljena detaljna uporedna analiza sa posebnim osvrtom na deformabilnost, stanje napon i dilatacija u karakterističnim presecima.

U **sedmom** poglavlju date su karakteristike numeričkog modeliranja svih elemenata spregnutih greda odgovarajućim konstitutivnim zakonima materijala, metodologija izrade

modela u softverskom paketu ABAQUS i pregled dobijenih numeričkih rezultata po različitim naponsko-deformacijskim pokazateljima ponašanja greda jednog i drugog tipa.

U kontekstu budućih istraživanja, **osmo** poglavlje predstavlja teorijske osnove visokocikličnog zamornog opterećenja. Zamor, kao dobro poznati fenomen u ponašanju čeličnih konstrukcija, može biti uzrok skraćanja eksploatacionog veka, tj. prognoziranе trajnosti svih konstrukcija, u krajnjem i spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton. U ovom trenutku, u nekoliko istraživačkih centara, širom sveta, radi se na usvajanju modela ponašanja ovog tipa konstrukcija izloženih visokocikličnom zamornom opterećenju, pre svega u oblasti mostogradnje. Dat je pregled dostupnih rezultata dosadašnjih istraživanja.

Deveto poglavlje sadrži pravce daljih istraživanja i odgovarajuće zaključke zasnovane na eksperimentalno-računsko-numeričkoj analizi dva tipa spregnutih greda tipa drvo-beton izloženih statičkom savijanju do loma. Data je njihova uporedna analiza rezultata dobijenih navedenim postupcima, kao i analiza primenjenih spojnih sredstava (sistema).

3. OCENA DISERTACIJE

3.1 Savremenost i originalnost

Spregnute konstrukcije drvo-beton predstavljaju inovativne konstrukcijske sisteme koji su poslednjih decenija postali predmet istraživanja i praktične primene u zemljama razvijenog sveta, prvenstveno zbog svojih atraktivnih mehaničkih osobina. Poslednjih godina, ovaj tip konstrukcijskih elemenata se sreće i u našem konstrukterstvu i to prilikom rekonstrukcije starih, drvenih međuspratnih konstrukcija objekata koji su zaštićeni kao spomenici kulture, ali ima i primera gradnje novih međuspratnih konstrukcija projektovanih u ovom sistemu. Mnogo je razloga za ovakav inženjerski izbor. Pre svega, drvo ima relativno veliku čvrstoću na zatezanje i njegovim sprežanjem sa betonom, koji ima veliku čvrstoću na pritisak, postiže se optimalno iskorišćenje mehaničkih karakteristika ova dva materijala u nosaču. Ovako kreirani konstrukcijski elementi imaju manju sopstvenu težinu u odnosu na klasične betonske elemente, što vodi smanjenju ukupne težine objekta, povoljnijem ponašanju objekta u seizmičkim uslovima i smanjenju obima radova na projektovanju i izradi temeljne konstrukcije.

U ovom istraživanju posebna pažnja posvećena je stepenu sprežanja između dva materijala koji direktno zavisi od primenjenih spojnih sistema i odgovarajućih mehaničkih karakteristika koje ta spojna sredstva ispoljavaju pri određenim opterećenjima spregnutih nosača. Napravljena je uporedna analiza između dveju serija spregnutih grednih nosača različitim spojnim sistemima od kojih je jedan unapređen (inovativan). Odgovarajuće analize bazirane su na analitičkim modelima, odgovarajućoj numeričkoj simulaciji primenom metoda konačnih elemenata (MKE) u softverskom paketu ABAQUS i na odgovarajućim eksperimentalnim rezultatima dobijenim po standardizovanim procedurama.

U tom smislu, tema disertacije je savremena i bavi se u svetu trenutno aktuelnim problemom u oblasti spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton.

Kandidat se bavi istraživanjem mehaničkog ponašanja spregnutih grednih nosača tipa drvo-beton izloženih savijanju, kao i mehaničkim karakteristikama spojnih sredstava (sistema) kojima se ostvaruje veza u spojnoj ravni drveta i betona. Originalni doprinos ovom pristupu ogleda se u sledećem:

- teorijska istraživanja u disertaciji, verifikovana eksperimentalnim i numeričkim rezultatima, daju verni prikaz mehaničkog ponašanja dveju serija spregnutih greda tipa drvo-beton izloženih savijanju, kao i sve značajne parametre koji se odnose na vezu betona i drveta u njihovoj spojnoj ravni,
- eksperimentalna istraživanja izvode se na modelima od materijala domaćeg porekla. Sve klasifikacije date u radu mogu biti dobra osnova za standardizaciju mehaničkih parametara upotrebljenog drveta i spojnih sistema,
- prikazana II metoda sprezanja drveta s betonom, na osnovu dobijenih teorijskih i eksperimentalnih rezultata, može poslužiti kao dobro projektantsko rešenje u okolnostima u kojima se zahteva viši nivo upotrebljivosti konstrukcije.

3.2 Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U okviru izrade ove disertacije korišćeni su delovi dokumenata relevantnih svetskih organizacija i udruženja kao i standarda koji definišu praktičnu primenu spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton (CEN-Evropski komitet za norme, DIN-Nemački institut za norme, ISS- Institut za standardizaciju Srbije). Veći broj referenci čine radovi objavljeni posle 2000. godine u vrhunskim međunarodnim časopisima, pre svega, „Construction and Building Materials“, „Journal of Structural Engineering“, „Material and Structures“, kao i na konferencijama (WCTE-World Conference on Timber Engineering). Kandidat je kroz pregled literature u disertaciji obuhvatio i najvažnije autore i publikacije iz istraživane oblasti (Ceccotti, , Fragiaco, Lukaszewska, Blass, Dias, Yeoh...).

3.3 Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Na osnovu vrednovanja pojedinih delova disertacije konstatovali smo da je kandidat u rešavanju savremenog naučnog problema koristio poznate i priznate naučne metode (eksperimentalnu metodu, komparativnu računsku analizu, numeričko modeliranje, itd.). Rezultati istraživanja prikazani su na jasan i razumljiv način. Formulirani zaključci u radu su potkrep-ljeni odgovarajućim teorijskim analizama i rezultatima eksperimentalnih merenja, kao i numeričkim simulacijama.

Posebna pažnja posvećena je eksperimentalnim istraživanjima teme rada. U tu svrhu korišćena je savremena merna oprema i predviđen dovoljan broj adekvatnih mernih mesta. Osavremenjen je pristup merenja različitih mehaničkih parametara pri različitim nivoima opterećenja, a sva merenja bila su kontinualna (svake sekunde) do loma, sa velikim brojem mernih rezultata. Obrada signala dobijenih sa elektronskih mernih uređaja sprovedena je savremenim (licenciranim) softverom, a rezultati su jasno prezentovani. Prikaz rezultata putem uporednih dijagrama i njihova komparativna analiza omogućili su jasan i upečatljiv uvid u merene parametre.

Primenjeni postupci i izvedeni zaključci su dovoljno opšti da se mogu primeniti i u drugim, sličnim, istraživanjima i analizama.

3.4 **Primenljivost ostvarenih rezultata**

Na osnovu svih istraživanja sprovedenih u disertaciji zaključujemo da primena spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton i korišćenje povoljnih mehaničkih svojstava materijala koji sadejstvuju u spregnutom preseku, predstavlja realnu mogućnost za kreiranje različitih rešenja u građevinskom konstrukterstvu. Kreiranjem unapredene žlebne veze drveta i betona, (II tip sprezanja), definisanjem odgovarajućih parametara pomerljivosti i krutosti takve veze i potvrdom njene efikasnosti kroz teorijsko-eksperimentalnu analizu spregnutih greda serije „B”, stvorena je osnova za primenu dobijenih vrednosti pri projektovanju i proračunu objekata visokogradnje i mostogradnje. Za lepljeno lamelirano drvo (korišćeno drvo smreke) domaće proizvodnje, napravljeno u određenim tehnološkim uslovima, definisane su karakteristične vrednosti mehaničkih čvrstoća u skladu sa zvaničnim standardizovanim procedurama i određena kvalitativna klasa u skladu sa SRBS EN 1194.

3.5 **Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad**

Sposobnosti koje je kandidat ispoljio tokom izrade ove disertacije pokazuju da poseduje kvalitete potrebne za samostalni naučni rad. Tokom izrade disertacije kandidat je pokazao sposobnost sagledavanja problema i formulisanja hipoteza, zatim osmišljavanja postupka za testiranje postavljenih hipoteza, izbora adekvatnih metoda i tehnika koje bi pri tome trebalo koristiti, kao i nepristrasne analize dobijenih rezultata i izvođenja zaključaka. Kandidat je pokazao sposobnost organizacije istraživanja i sistematičnost u prikupljanju i obradi velikog broja ulaznih podataka i u prikazu i analizi dobijenih rezultata. Korektno su formulisani predlozi za dalja istraživanja.

Na osnovu navedenog, konstatovali smo da je kandidat pokazao naučnu zrelost za samostalni naučni rad.

4. **OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS**

4.1 **Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa**

Disertacija **mr Radovana Cvetkovića** bavi se savremenom analizom mehaničkog ponašanja spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton, izloženih savijanju i daje originalan naučni i praktični doprinos. Imajući u vidu prikazane rezultate, naučni doprinos ovog istraživanja ogleda se u sledećem:

- definisane su mehaničke karakteristike konstitutivnih materijala spregnutih nosača tipa drvo-beton, kao i njihovo mehaničko ponašanja pri kratkotrajnom statičkom opterećenju do faze loma u oblasti savijanja,
- određena su mehaničkim svojstvima spojnih sistema korišćenih za sprezanje drveta i betona (modul pomerljivosti spojnih sistema, krutost ostvarene veze u spojnoj ravni drveta i betona),
- spojni sistem koji se sastoji od žleba u betonu armiranog zavrtnjem i zavrtnja (korišćen kao II tip sprezanja) predstavlja inovativni, unapređeni sistem i kroz teorijsko-eksperimentalnu analizu dokazana je njegova superiornost u odnosu na klasičan način sprezanja drveta i betona (I tip sprezanja),

- predstavljen je originalni numerički model ispitivanih spregnutih grednih nosača tipa drvo-beton. Model je veoma složen i može poslužiti kao osnova daljeg istraživanja mehaničkog ponašanja spregnutih konstrukcija drvo-beton (naponsko-deformacijska analiza u linearnoj ili nelinearnoj oblasti ponašanja materijala), metodom konačnih elemenata,
- usvojene brojne vrednosti parametara pomerljivosti i krutosti, spojnih sistema korišćenih u ovom istraživanju za sprezanje drveta i betona, na osnovu teorijsko-eksperimentalne analize, mogu biti osnova za standardizaciju u ovoj oblasti konstrukterstva i praktičnu primenu u pojednostavljenim inženjerskim proračunima.

4.2 Kritička analiza rezultata istraživanja

Ovim istraživanjem obuhvaćena je oblast spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton izloženih savijanju. Na osnovu sopstvenih eksperimentalnih istraživanja na uzorcima spregnutih grednih nosača tipa drvo-beton serija „A“ i „B“, u kojima su korišćeni različiti spojni sistemi, definisani su mehanički parametri ponašanja samih grednih uzoraka kao i izabranih spojnih sistema kojima je ostvareno sprezanje drveta i betona. Rezultati istraživanja potvrdili su polazište da je primena ove metode veoma primenljiva kod ojačanja AB nosača. Podaci kojima se kandidatu služio su relevantni i uverljivi, a tumačenje rezultata jasno i korektno prezentovano. Rezultati su pregledno prikazani sa velikim brojem grafikona i autorskih fotografija.

U disertaciji su definisani predmet, polazne pretpostavke i metode istraživanja. Kandidat je prikazao analitička, eksperimentalna i numerička istraživanja, koja su isplanirana, sprovedena i obrađena na visokom nivou. Sprovedeno istraživanje i analize su samostalne i originalne. Kandidat je uspešno primenio teorijska znanja iz predmetne oblasti i otvorio mogućnost za dalja istraživanja i verifikaciju prikazanih rezultata, u cilju praktične primene spregnutih konstruktivnih elemenata tipa drvo-beton i na našim prostorima. Dobijeni rezultati imaju mogućnost primene u naučne svrhe i u inženjerskoj praksi.

Disertacija **mr Radovana Cvetkovića** sadrži sve bitne elemente. Metodološki pristup disertaciji u celini je na visokom nivou, a redosled izlaganja materije je logičan i jasan.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu prethodno navedenog, konstatujemo da disertacija pod naslovom:

„MEHANIČKO PONAŠANJE SPREGNUTIH KONSTRUKCIJA TIPA DRVO-BETON“,

mr Radovana Cvetkovića sadrži originalni naučni doprinos iz oblasti spregnutih konstrukcija tipa drvo-beton. Na osnovu teorijskih razmatranja, analitičkih, eksperimentalnih i numeričkih istraživanja, u disertaciji je prikazana celovita slika mehaničkog ponašanja spregnutih grednih nosača izloženih savijanju. Prikazano je povećanje nosivosti i krutosti nosača u kojima je korišćen II, inovativni tip sprezanja u odnosu na klasičan način sprezanja, u radu predstavljen kao I tip sprezanja. Dokazan je povoljan uticaj žlebne veze drveta i betona (II tip sprezanja) na granično stanje nosivosti i posebno, upotrebljivosti spregnutih nosača. Prikazana je numerička simulacija i analiza grednih modela upotrebom metode konačnih elemenata i softverskog paketa „ABAQUS“. Urađena je uporedna analiza teorijskih, numeričkih i eksperimentalno dobijenih rezultata. Definisani su mehanički parametri izabranih spojnih sistema kojima je izvedeno sprezanje drveta i betona pri izradi grednih uzoraka za ispitivanje.

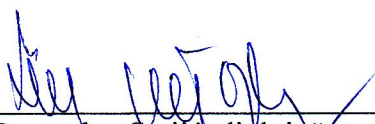
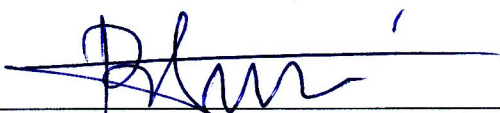
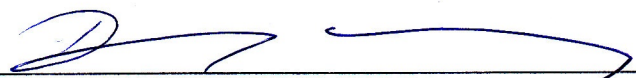
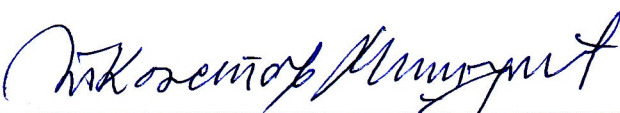
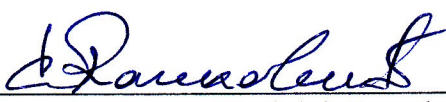
Imajući u vidu sve navedeno, Komisija sa izuzetnim zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu da doktorsku disertaciju **mr Radovana Cvetkovića**, dipl. inž. građ., pod naslovom:

„MEHANIČKO PONAŠANJE SPREGNUTIH KONSTRUKCIJATIPA DRVO-BETON“,

prihvati i uputi Univerzitetu na davanje saglasnosti za njenu javnu odbranu.

Niš-Beograd-Novi Sad-Subotica,

ČLANOVI KOMISIJE:

1. 
dr Dragoslav Stojić, dipl. inž. građ., redovni profesor
Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu
2. 
dr Boško Stevanović, dipl. inž. građ., redovni profesor
Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu
3. 
dr Danijel Kukaras, dipl. inž. građ., vanredni profesor
Građevinskog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu
4. 
dr Tatjana Kočetov-Mišulić, dipl. inž. građ., docent
Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu
5. 
dr Slobodan Ranković, dipl. inž. građ., docent
Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu