

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА, НОВИ САД

ОБРАЗАЦ 6.

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>Решењем бр. 012-199/4-2020 од 28.01.2021. године, на основу Одлуке Наставно научног већа, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, декан Факултета техничких наука, проф. др Раде Дорословачки, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p>
<p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>1) <b>др Радомир Фолић</b>, председник комисије, професор емеритус, УНО: конструкције у грађевинарству, датум избора у звање 24.01.2008., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <p>2) <b>др Саша Стошић</b>, члан комисије, ванредни професор, УНО: техничка механика и теорија конструкција, датум избора у звање 10.05.2018., Грађевински факултет у Београду, Универзитет у Београду</p> <p>3) <b>др Данијел Кукарас</b>, члан комисије, ванредни професор, УНО: грађевинске конструкције, датум избора у звање 28.12.2018., Грађевински факултет Суботица, Универзитет у Новом Саду</p> <p>4) <b>др Зоран Брујић</b>, члан комисије, ванредни професор, УНО: конструкције у грађевинарству, датум избора у звање 14.09.2018., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <p>5) <b>др Владимир Вукобратовић</b>, ментор, доцент, УНО: конструкције у грађевинарству, датум избора у звање 01.10.2016., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Драго, Шпиро, Жарковић</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: <b>25.11.1985., Задар, Република Хрватска</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: <b>Факултет техничких наука, грађевинарство – конструкције, мастер - инжењер грађевинарства</b></p>

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:  
**2014. година, студијски програм: грађевинарство**

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:  
-

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:  
-

### **III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Нови конститутивни модел бетона формулисан према неспрегнутој комбинацији теорија пластичности – механика оштећења

### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација кандидата Драга Жарковића је написана на 151 страна на српском језику, ћириличним писмом. Дисертација садржи 7 поглавља и 2 прилога, 213 референци, 73 слике и 5 табела. На почетку докторске тезе дати су: посвета, апстракт на српском и енглеском језику, садржај, листа симбола, списак слика и табела. Рад је електронски обрађен.

Докторска дисертација је структурирана кроз следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед постојеће литературе
3. Предложени конститутивни модел бетона
4. Нумеричка имплементација
5. Нумерички примери
6. Закључци и правци даљих истраживања
7. Литература
8. Прилози

### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Дисертација садржи све неопходне елементе прописане важећим правилницима.

Докторску дисертацију чини шест целина.

У **првом поглављу** дефинисани су предмет, потреба, значај и циљеви истраживања. Постављена је основна хипотеза и описана је методологија истраживања, као и применљивост резултата проистеклих из предметног истраживања.

У **другом поглављу** приказан је преглед стања и истраживања у посматраној области. Ово поглавље је подељено у четири целине: увод, понашање бетона према експерименталним истраживањима, конститутивни модели бетона и дискусија. У уводном делу је истакнут значај познавања експерименталног понашања бетона за потребе формулације конститутивних модела и извршена је класификација модела према математичкој формулацији. У следећем делу су детаљно изложени аспекти нелинеарног понашања бетона при експерименталним испитивањима. У наставку је дат детаљан преглед развијених конститутивних модела из доступне литературе, разврстани према математичкој формулацији. Посебан акценат је на моделима који се заснивају на теорији пластичности, механици оштећења и комбинацији пластичност-оштећење. У делу посвећеној дискусији је констатован значај избора математичке формулације при формирању конститутивних модела.

У **трећем поглављу** је детаљно изложена математичка формулација новог конститутивног модела за бетон. Ово поглавље садржи четири потпоглавља: увод, део заснован на теорији пластичности, део према механици оштећења и верификација модела према експерименталним подацима из литературе. У кратком уводном делу је демонстриран значај модела који су формулисани према комбинацији теорија пластичности-механика оштећења. Будући да се ради о конститутивном моделу који је заснован на комбинацији две математичке формулације, следећа

два дела су посвећена делу формулације према теорији пластичности, у којем су обрађени сви аспекти модела: две површи течења и правила течења, ојачање материјала, итд., и делу формулације према механици оштећења у којем је такође она детаљно приказана. На крају, после верификације према експерименталним подацима приказане су могућности и перформансе развијеног конститутивног модела у анализи конструкција.

**Четврто поглавље** је посвећено нумеричкој имплементацији модела. Ово поглавље је подељено у пет потпоглавља: увод, развијени компјутерски програм, стратегија решавања нелинеарних једначина, нумеричка интеграција конститутивних једначина и конзистентна материјална матрица крутости. У оквиру увода је истакнут значај и могућности при имплементацији конститутивног модела материјала, а указано је и на проблеме који се неминовно јављају при анализи материјала који омекшавају, попут бетона. Будући да је и истакнуто да је потенцијално најбољи пут имплементације у сопствени софтвер за анализу конструкција, у коме аутор има поуну контролу над свим корацима, следећи део је у потпуности посвећен приказу развијеног софтвера и његових могућности. У следећем потпоглављу су приказане могућности при решавању нелинеарних једначина методе коначних елемената, када је присутан материјал који омекшава и детаљно је приказана предложена процедура коју је развио докторант. У наставку је приказана нумеричка интеграција конститутивних једначина за део према теорији пластичности уз помоћ уназад-Ојлер процедуре. У последњем потпоглављу је истакнут значај познавања конзистентне материјалне матрице крутости, те је у том смислу детаљно приказано њено извођење према теорији пластичности, а затим и према механици оштећења. Напошетку је истражена и демонстрирана стопа конвергенције система једначина при коришћењу дате материјалне матрице.

У **петом поглављу** су приказане нумеричке анализе на репрезентативним примерима прорачуна елемената конструкције уз помоћ развијеног и верификованог модела у софтверу за анализу конструкција. Наглашен је значај могућности имплементације модела у софтвер за анализу, као и значај потенцијалне могућности имплементације модела у друге софтвере. Од примера за нумеричку анализу приказани су и дискутовани резултати: елемента са засеком на монотонно и циклично затезање, савијање греде са засеком оптерећењем у три и четири тачке, циклично оптерећен чвор стуб-греда, као и примери прорачуна кратког елемента оптерећеног вертикалним дејством.

У **шестом поглављу**, вредновани су резултати до којих је аутор дошао истраживањем, а коректно су оцењени и назначени правци наредних истраживања. Закључци произашли из сопствених истраживања су представљени концизно и јасно и селективно тј. обухватају само најзначајније доприносе дисертације.

**Седмо поглавље** представља попис коришћене литературе, која је коректно цитирана у тексту. На основу овог списка уочава се да је кандидат приликом израде докторске дисертације користио савремене релевантне и вредне изворе који се односе на проблематику која је проучавана у дисертацији.

## **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

### **Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)**

**Žarković D., Jovanović Đ., Vukobratović V., Brujić Z.:** “*Convergence improvement in computation of strain-softening solids by the arc-length method*“, Finite Elements in Analysis and Design 164 (1) (2019), pp 55-68, doi: 10.1016/j.finel.2019.06.005

### **Рад у врхунском међународном часопису (M21)**

Jovanović Đ., **Žarković D.**, Vukobratović V., Brujić Z.: “*Hysteresis model for beam-to-column connections of steel storage racks*”, Thin-Walled Structures 142 (2019), pp. 189-204., Netherlands, doi: 10.1016/j.tws.2019.04.056

#### **Рад у националном часопису међународног значаја (M24)**

Jovanović Đ., **Žarković D.**, Brujić Z., Lađinović Đ.: “*Fiber beam-column element implementation in academic CAD software Matrix 3D*”, Građevinski Materijali I Konstrukcije 60 (2) (2017), pp: 57-77, Srbija, DOI: 10.5937/grmk1702057J, ISSN: 2217-8139

#### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)**

**Žarković D.**, Jovanović Đ., Vukobratović V., Brujić Z.: “*A new constitutive model for beam-to-column connections of steel storage racks*”, 6<sup>th</sup> International Conference Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Kraljevo, pp: 295-302, 2018. Serbia, UDC: 624.014.2.042.7

**Žarković D.**, Jovanović Đ., Starčev-Ćurčin A., Nadaški D.: „*Concrete creep implementation into the Ottosen's constitutive model*“, 14<sup>th</sup> International Scientific Conference iNDIS2018 Planning, design, construction and renewal in the civil engineering, Department of Civil Engineering and Geodesy - Faculty of Technical Sciences Novi Sad, 2018., pp.329-337, ISBN 978-86-6022-105-8

**Žarković D.**, Brujić Z., Lađinović Đ.: “*Application of Ottosen's Constitutive Model to Flexural Failure of RC Beams*”, State and trends of civil and environmental engineering E-GTZ 3, Tuzla, pp: 261-168, 2016., BIH, ISBN: 2490-2535

#### **Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)**

**Žarković D.**, Jovanović Đ., Brujić Z., Lađinović Đ.: “*CDPM2 Model betona u formulaciji 3D konačnih elemenata pri cikličnom opterećenju*“, 15. Kongres Društva Građevinskih Konstruktera – DGKS, Zlatibor, pp: 349-358, 2018., Srbija, ISBN: 978-86-6022-069-3

### **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Истакнут је значај развоја новог конститутивног модела за бетон, као и оправданост одабира његове математичке формулације. Поред тога, наглашен је и значај једноставности и употребљивости модела, односно могућност примене модела за прорачун различитих прорачунских ситуација. Таксативно су наведени ефекти нелинеарног понашања бетона који су обухваћени овим конститутивним моделом, као и они који нису обухваћени. Од значаја, истакнута је чињеница да је постигнута независност одговора система од усвојене густине мреже коначних елемената која је употребљена, као и да постоји могућност коришћења различите величине елемената у оквиру истог носача. Приказано је да је постигнуто задовољавајуће подударане резултата анализе моделом на нивоу интеграционе тачке са доступним експерименталним подацима из литературе. Наглашен је значај извођења конзистентне материјалне матрице, које је детаљно приказано у раду, и констатован је веома добар ниво конвергенције система при коришћењу исте. На крају, истакнута је веома добра подударност резултата нумеричке анализе система, методом коначних елемената у развијеном софтверу са резултатима при експерименталним испитивањима из литературе.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Комисија закључује да је дисертација јасно структурирана, прегледана, систематична и да је примењен адекватан научни приступ. У истраживању су коришћене одговарајуће савремене методе које се, широм света, користе у истраживањима ове врсте. С обзиром да је број нумеричких анализа веома обиман, пажљиво су одабрани резултати који су адекватно приказани и дискутовани, а један део је приказан у пратећим додацима.

Анализа нумеричких резултата је приказана систематично, јасно изложена и спроведена уз примену адекватних метода. Техничка обрада свих поглавља докторске дисертације је на високом нивоу. Јасно написан текст пропраћен је табелама и дијаграмима који доприносе

<p>квалитетнијем и лакшем сагледавању и јаснијој анализи добијених резултата.</p> <p>Тумачење резултата истраживања је коректно, оправдано и стручно.</p> <p>Комисија сматра да укупан рад кандидата, по свом карактеру и обиму, у потпуности одговара дефинисаној теми и наслову, да су потврђена полазишта, као и да ће резултати овог истраживања веома корисна и да ће имати примену у грађевинској пракси и будућим научним истраживањима из ове области.</p> <p>Докторска дисертација проверена је у софтверском пакету за детекцију плагијаризма <i>iThenticate</i>, у Библиотеци Факултета техничких наука. Анализом генерисаног извештаја о подударности текста дисертације са другим изворима, Комисија је утврдила да је проценат подударности занемарљив и донела закључак да је докторска дисертација оригинално ауторско дело.</p> <p>Сагласно изнетим ставовима, <b>Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања спроведених у овој докторској дисертацији.</b></p>
<p><b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме</p> <p><b>Комисија је констатовала да је дисертација Драга Жарковића у потпуности написана у складу са образложењима наведеним у пријави теме. Поштован је програм истраживања и формулисани су адекватни закључци.</b></p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе</p> <p>Докторска дисертација, на основу назива теме, садржаја, обраде и тумачења резултата истраживања, <b>садржи све битне елементе који се захтевају при изради радова овакве врсте.</b></p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>У оквиру докторске дисертације Драга Жарковића формулисан је нови конститутивни модел бетона, јединствен по својим карактеристикама. Моделом је обухваћена већина аспеката нелинеарног понашања бетона за различита напонска стања. Пре свега је иновативан део формулације са секундарном површи течења, којом је обезбеђено описивање понашања бетона при затварању и поновном отварању постојећих прелина. Овај феномен до одређене мере обухвата свега неколико модела из литературе, али са потпуно другачијом формулацијом. Такође, модел је формулисан тако да је за његово коришћење довољан унос основних механичких параметра бетона, који су познати на основу стандардних тестова бетона. Осим овога у оквиру дисертације је предложена и иновативна процедура за решавање система нелинеарних једначина у методи коначних елемената. По свему наведеном, <b>докторска дисертација Драга Жарковића представља оригиналан допринос науци.</b></p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>На основу детаљне анализе рада кандидата комисија констатује да су испуњени постављени циљеви и да <b>дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања и њену позитивну оцену.</b></p>
<p><b>X ПРЕДЛОГ:</b></p> <p>На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</li> <li>- да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни односно измени) или</li> <li>- да се докторска дисертација одбија</li> </ul>

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

**др Радомир Фолић**, професор емеритус, председник комисије

---

**др Саша Стошић**, ванредни професор , члан комисије

---

**др Данијел Кукарас**, ванредни професор , члан комисије

---

**др Зоран Брујић**, ванредни професор , члан комисије

---

**др Владимир Вукобратовић**, доцент, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.