

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Нови Сад, 18.06.2018.

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 31.05.2018. године, декан Факултета техничких наука је донео решење број 012-199/21-2016 о именовању комисије.</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. Др Ђорђе Лађиновић, редовни професор – председник, Теорија конструкција, 29.11.2012. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.</p> <p>2. Др Мирјана Малешев, редовни професор – члан, Грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 29.05.2013. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.</p> <p>3. Др Андрија Рашета, доцент – члан, Теорија конструкција, 25.09.2015. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.</p> <p>4. Др Властимир Радоњанин, редовни професор – ментор, Грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 29.05.2013. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.</p> <p>5. Др Мери Цветковска, редовни професор – ментор, Техничка механика и отпорност материјала - конструктивна механика, 19.10.2012. год., Универзитет Св. Кирил и Методиј у Скопљу, Грађевински факултет.</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Игор, Митко, Цолев</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 04.07.1983., Нови Сад, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Грађевинарство - конструкције, дипломирани инжењер грађевинарства - мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2008., Грађевинарство</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Нелинеарна термо-механичка анализа понашања армиранобетонских оквирних конструкција у условима пожарних дејстава</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Докторска дисертација кандидата је изложена у 10 поглавља (4 прилога), на 249 страна и садржи 184 референци, 17 табела и 281 слика и графикана. Рад је електронски обрађен.

Структура рада је следећа:

1. Увод
2. Пожар као феномен и пожарни сценарији
3. Термичка својства армираног бетона при повишеним температурама
4. Механичка својства армираног бетона при повишеним температурама
5. Метод коначних елемената (МКЕ) у термо-механичкој анализи конструкција
6. Нумеричка анализа понашања оквирних конструкција у условима пожара
7. Комбиновани утицај сеизмичког и пожарног хазарда на одговор конструкције
8. Завршне напомене и закључци
9. Литература
10. Прилози

У првом поглављу, **Увод**, дефинисани су предмет и проблем истраживања, актуелни владајући ставови из области истраживања, циљеви и потреба за истраживањем, методе истраживања, хипотезе истраживања и дат је кратак приказ садржаја рада.

У другом поглављу, **Пожар као феномен и пожарни сценарији**, приказана је генеза пожара као феномена инцидентног дејства на конструкције, и дефинисани су параметри који утичу на развој, интензитет и трајање пожара. Представљени су типови и модели пожарног дејства који се најчешће примењују у анализи одговора конструкција: једнозонски пожари (номинални и параметарски) и вишезонски пожари (двезонски и рачунски модели динамике флуида).

Треће поглавље, **Термичка својства армираног бетона при повишеним температурама**, приказује термичка својства бетона и челика при повишеним температурама. Описана је зависност појединачних параметара од температуре, неопходних за успостављање условних једначина за одређивање термичког одговора конструкције, као што су топлотна дифузија, топлотна проводљивост, запреминска маса и специфична топлота материјала. Дат је преглед резултата експерименталних испитивања релевантних истраживача из области истраживања и емпиријске везе својстава материјала према важећим Еврокод стандардима.

У четвртном поглављу, **Механичка својства армираног бетона при повишеним температурама**, приказана су механичка својства бетона и челика при повишеним температурама. Сложеност физичко-хемијских процеса који настају у армираном бетону приликом загревања, за потребе рачунских анализа, приказана је преко односа напона и дилатација материјала при повишеним температурама, промене модула еластичности, притисне чврстоће и коефицијента термичког ширења, који утиче на развој термичких дилатација унутар изложених елемената. Представљени су резултати експерименталних истраживања појединих параметара, доступни у литератури, као и предложени модели за рачунске анализе према Еврокод стандардима.

У петом поглављу, **Метод коначних елемената (МКЕ) у термо-механичкој анализи конструкција**, описан је метод прорачуна понашања конструкција у условима пожара. За рачунске анализе у оквиру дисертације коришћен је програмски пакет ANSYS Workbench 16.0, који се заснива на методи коначних елемената. Коришћен је секвенцијални тип анализе, при чему се најпре одређује термички одговор конструкције за целокупно време трајања пожара, а затим се спроводи временска механичка анализа, користећи претходно одређене температурне профиле у току пожара. Термичка анализа се спроводи узимајући у обзир пренос топлоте услед кондукције, конвекције и радијације, док је механичком анализом обухваћено нелинеарно понашање и деградација материјала при повишеним температурама. У оквиру поглавља, дат је приказ коначних елемената коришћених приликом моделирања елемената од бетона и челика, најпре за одређивање термичког, а затим и механичког одговора.

У шестом поглављу, **Нумеричка анализа понашања оквирних конструкција у условима пожара**, приказани су резултати сопствених нумеричких анализа. Описана је конструкција

анализираног армиранобетонског оквира, димензионисаног према Еврокод стандардима за пројектовање сеизмички отпорних конструкција, за средњу класу дуктилности и случај сеизмичког дејства изражен преко максималног убрзања тла од 0,2 g. Извршена је валидација нумеричких модела, преко упоредних анализа рачунски добијених резултата и резултата експерименталних истраживања релевантних аутора, као и прилога из Еврокод стандарда, на појединачним конструкцијским елементима, коришћењем доступне литературе. Даљим рачунским анализама, обухваћено је одређивање утицаја различитих пожарних сценарија, почетног нивоа оптерећења и типа агрегата за справљање бетона, на термички и механички одговор оквира. Детаљно је описан нумерички модел и анализиране комбинације, са приказом и описом релевантних резултата. Резултати су представљени у облику температурних профила у бетону и арматури у току трајања пожара, померања носача и карактеристичних елемената, развоја унутрашњих сила у елементима носача и развоја напона и дилатација у карактеристичним пресецима оквира.

У оквиру седмог поглавља, **Комбиновани утицај сеизмичког и пожарног хазарда на одговор конструкције**, приказана је методологија и резултати прорачуна утицаја вишеструких хазарда на понашање армиранобетонских оквира, тачније земљотреса праћеног пожаром. Утицај пројектног земљотреса одређен је коришћењем нелинеарне статичке „pushover“ анализе, за два нивоа сеизмичког дејства (0,2 g и 0,3 g), док је пожарна анализа спроведена за параметарски тип пожара који одговара анализираној оквирној конструкцији. Како би се квантификовао утицај земљотреса на одговор конструкције изложене пожару, спроведене су и упоредне анализе без сеизмичког дејства. Резултати су приказани у виду температурних профила бетона и арматуре, померања носача и напонско-деформацијског стања арматуре у карактеристичним пресецима оквира.

Осмо поглавље, **Завршне напомене и закључци**, садржи опште напомене и закључке који су проистекли из спроведених рачунских анализа, као и правце даљих истраживања.

Девето поглавље, **Литература**, садржи списак коришћене литературе, који садржи 184 референце, које обухватају књиге, студије случајева, зборнике радова са научних конференција, докторске дисертације, директиве и стандарде, научне радове из водећих часописа и са научних конференција.

Десето поглавље, **Прилози**, садржи приказ комбинација дејстава коришћених у анализама, улазне параметре термичких и механичких својстава бетона и челика, као и детаљан преглед резултата спроведених анализа.

На крају рада, приказан је списак публикација кандидата, које су проистекле на основу резултата истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији, као и биографија кандидата.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У оквиру првог поглавља, **Увод**, јасно су дефинисани предмет и проблем истраживања, потреба за истраживањем, циљеви и очекивани резултати докторске дисертације. Приказан је предмет владајућих ставова, методе примењене у истраживању и формулисане су хипотезе истраживања.

У другом поглављу, **Пожар као феномен и пожарни сценарији**, дат је шири преглед типова пожарног оптерећења. На јачину пожара највише утичу количина запаљивог материјала, услови вентилисаности пожарног сектора и карактеристике простора у којем је инициран почетак пожара. Савремене методе процене понашања конструкција изложених пожару заснивају се на експерименталним и рачунским истраживањима, која за циљ имају проверу критеријума носивости конструкције, раздвајања и термичке изолованости омотача пожарног сектора. У циљу стандардизације и успостављања релативне класификације конструкцијских елемената са аспекта њихове отпорности и понашања у условима пожара, успостављене су референтне, тзв. номиналне пожарне криве. Природни пожари (параметарске криве), узимају у обзир начин на који термичке карактеристике омотача, количина пожарног оптерећења и вентилисаност простора утичу на развој пожара. Поред номиналних и параметарских пожара, дат је и кратак преглед доступних напреднијих модела

пожарних кривих, попут двозонских модела и вишезонских рачунских модела динамике флуида.

У трећем поглављу, **Термичка својства армираног бетона при повишеним температурама**, идентификована су термичка својства материјала носеће конструкције, од којих зависи пренос топлоте унутар елемената, као последица загревања. На пренос топлоте, поред познавања развоја температуре унутар пожарног сектора, утичу запреминска маса, коефицијент топлотне проводљивости и специфични топлотни капацитет материјала. Осим запреминске масе челика, која је константна за целокупан опсег температура које се могу развити у току пожара, на остала термичка својства бетона и челика, велики утицај има температура којој је материјал изложен. У оквиру поглавља, дат је преглед експерименталних резултата истраживања појединих својстава материјала при повишеним температурама, доступних у литератури, као и емпиријске зависности термичких својстава од температуре, према Еврокод стандардима.

У четвртном поглављу, **Механичка својства армираног бетона при повишеним температурама**, истражен је утицај повишене температуре на механичка својства бетона и челика. Пораст температуре унутар елемената конструкције изазива деградацију механичких својстава и повећање дуктилности материјала. За спровођење рачунске анализе, неопходно је успоставити везу између односа напона и дилатација, модула еластичности, притисне и затезне чврстоће материјала и коефицијента термичког ширења, и достигнуте температуре унутар елемената носача. Приказани су резултати експерименталних истраживања механичких својстава материјала при повишеним температурама, доступни у литератури, као и температурна зависност механичких својстава према Еврокод стандардима.

Пето поглавље, **Метод коначних елемената (МКЕ) у термо-механичкој анализи конструкција**, даје преглед доступних комерцијалних и специјализованих програмских пакета који се користе за прорачун одговора конструкција изложених пожару, применом методе коначних елемената. Наведени програмски пакети поседују способност спровођења нелинеарних термичких и механичких прорачуна, а дат је и преглед аутора и публикација у којима су конкретни програмски пакети коришћени и валидирани. У оквиру истраживања, кандидат се одлучио за употребу комерцијалног програмског пакета ANSYS Workbench 16.0. Дат је детаљан приказ коначних елемената коришћених у оквиру термичке и механичке анализе, као и математичка формулација моделовања развоја преслина при прекорачењу носивости бетона на затезање, и моделовања дробљења бетона при прекорачењу граничних напона притисака. Дефинисан је критеријум лома бетона при мултиаксијалном напонском стању, према доступној литератури. Како се као последица пожарног дејства очекују велике дилатације, за дефинисање пластичности материјала, уведени су корекциони изрази, којима се конвертују подаци о вези напона и дилатација из инжењерског у реалан облик.

У шестом поглављу, **Нумеричка анализа понашања оквирних конструкција у условима пожара**, описана је анализирана армиранобетонска оквирна конструкција. Конструкција је симетрична у два управна правца, регуларна у основи, због чега је анализирана као равански модел. Издвојен је средњи рам, који је, по природи геометрије и оптерећења, симетричан у односу на две равни, због чега су даље анализе спроведене на 1/4 анализирани оквирне конструкције. Приказани су сви неопходни геометријски подаци и усвојена арматура, која је одређена применом процедура описаних одредбама Еврокода ЕН 1998-1-1, за средњу класу дуктилности и случај сеизмичког дејства изражен преко максималног убрзања тла од 0,2 g. Описани су параметри који су варирали у анализама: положај пожара у конструкцији, утицај почетног нивоа оптерећења, тип агрегата за справљање бетона и комбиновани утицај сеизмичког и пожарног дејства. Валидација термичког рачунског модела је изведена на основу Анекса А Еврокод стандарда ЕН 1992-1-2, поређењем рачунски добијених температурних профила, након 60, 90 и 120 минута трајања стандардног пожара, са упоредним вредностима. Како су експериментална истраживања на оквирним конструкцијама у пуној величини веома ретка, валидација термо-механичког рачунског модела је изведена на основу доступних резултата експеримента на појединачном гредном елементу, релевантних аутора из области истраживања. Детаљно су описани термички и механички модел оквира, након чега су приказани и дискутовани сви релевантни резултати најпре термичке, а затим и механичке анализе за конкретан тип пожарног сценарија, типа агрегата и почетног нивоа оптерећења. Резултати обухватају температурне профиле у бетону

и арматури, глобалне деформације носача у карактеристичним временским тренуцима, развој вертикалних и хоризонталних деформација карактеристичних чворова. Поред деформација, приказан је и развој сила унутар елемената стубова и греда (нормалне силе и моменти савијања), као и механички одговор арматурних шипки у карактеристичним попречним пресецима. У наставку су приказани и дискутовани упоредни резултати параметарских анализа, у форми развоја деформација у току трајања пожара и у карактеристичним временским тренуцима.

У седмом поглављу, **Комбиновани утицај сеизмичког и пожарног хазарда на одговор конструкције**, анализиран је секвенцијалан утицај два инцидентна дејства, сеизмичког и пожарног. Велики земљотреси су често праћени локалним пожарима, који се јављају на конструкцијама које су претходно већ претрпеле одређена оштећења. Сеизмичко дејство је анализирано коришћењем нелинеарне статиче „pushover“ анализе, за два нивоа сеизмичког дејства изражена преко максималног убрзања тла од 0,2 g и 0,3 g. Пожарно дејство је дефинисано на основу параметарске пожарне криве, у складу са Анексом Е Еврокод стандарда ЕН 1991-1-2. Утицај земљотреса на пожарну отпорност је квантификован поређењем резултата анализе без сеизмичког дејства. Како материјални модели бетона за спровођење појединачних типова анализа нису јединствени, утврђен је утицај коришћења модела бетона предложених у Еврокод стандардима за сеизмичку и пожарну анализу, на сеизмички одговор оквирних конструкција. Деформације носача су квантификоване на основу достигнутих дилатација у арматури у карактеристичним попречним пресецима елемената греда и стубова, при претходно одређеним циљним померањима која одговарају специфичним сеизмичким дејствима, и на основу деформација носача при растеређењу носача бочним силама.

У осмом поглављу, **Завршне напомене и закључци**, наведена су завршна разматрања и јасно су формулисани закључци који су проистекли из спроведених истраживања у оквиру дисертације. Добијени резултати су у складу са постављеним циљевима, јасно су дефинисани и повезани са основним хипотезама и циљевима истраживања. На крају су назначени правци даљих истраживања, којима би се могли обухватити додатни комплексни феномени који су уочени у појединим експерименталним истраживањима, доступним у литератури.

У деветом поглављу наведена је **Литература** коју је кандидат користио приликом израде докторске дисертације, а која садржи значајне савремене резултате истраживања из проблематике која је проучавана у оквиру дисертације.

Прилози садрже табеларне и графичке додатке на које се кандидат позивао током израде докторске дисертације, као и детаљан приказ резултата спроведених појединачних анализа.

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

Категорија М23 - рад у истакнутом међународном часопису са импакт фактором

1. **Džolev I.**, Cvetkovska M., Lađinović Đ., Radonjanin V. (2018): Numerical analysis on the behavior of reinforced concrete frame structures in fire, Computers and Concrete, Vol. 21, No. 6, pp. 637-647, ISSN 1598-8198, DOI: 10.12989/cac.2018.21.6.637

Категорија М33 - рад саопштен на скупу међународног значаја, штампан у целини

1. **Džolev I.**, Cvetkovska M., Lađinović Đ., Radonjanin V. (2015): Load influence and fire exposure of a simply supported beam, 16th International Symposium of MASE, Ohrid, Macedonia, 1-3 October 2015, pp. 475-482, ISBN 608-4510-24-8
2. **Džolev I.**, Cvetkovska M., Lađinović Đ., Radonjanin V., Rašeta A. (2015): Thermal analysis of concrete members subjected to fire according to EN 1991-1-2 & EN 1992-1-2, 13th International Scientific Conference iNDiS 2015, Novi Sad, 25-27 November 2015,

Proceedings pp. 708-715, ISBN 978-86-7892-750-8 UDK: 69.05:006.77(4-672EU)

3. **Džolev I.**, Jovanović Đ., Cvetkovska M., Lađinović Đ., Radonjanin V. (2016): Lateral torsional buckling of steel beams subjected to fire, 6th International Conference Civil Engineering – Science and Practice, Žabljak, Montenegro, 7-11 March 2016, pp. 85-92, ISBN 978-86-82707-30-1
4. **Džolev I.**, Radujković A., Cvetkovska M., Lađinović Đ., Radonjanin V. (2016): Fire analysis of a simply supported steel beam using Opensees and Ansys Workbench, 4th International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering, Subotica, 22 April 2016, pp. 315-322, ISBN 978-86-80297-63-7
5. **Džolev I.**, Cvetkovska M., Lađinović Đ., Radonjanin V., Rašeta A. (2016): Fire analysis of a simply supported reinforced concrete beam using Ansys Workbench, 8th Symposium 2016 Association of Structural Engineers of Serbia, Zlatibor, 15-17 September 2016, pp. 322-327, ISBN 978-86-7892-839-0
6. **Džolev I.**, Lađinović Đ., Rašeta A., Laban M. (2017): Thermo-mechanical properties of reinforced concrete at elevated temperatures, 12th International Conference Risk and Safety Engineering, Kopaonik, 9-11 January 2017, pp. 88-98, ISBN 978-86-6211-107-4
7. **Džolev I.**, Lađinović Đ., Cvetkovska M., Radujković A., Rašeta A. (2017): Seismic response of RC frame structure modelled according to EN 1992-1-1 and EN 1992-1-2, 17th International Symposium of MASE, Ohrid, Macedonia, 4-7 October 2017, pp. 407-413, ISBN 978-608-4510-32-1

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Анализирана оквирна конструкција је димензионисана према ЕН 1992-1-1 и ЕН 1998-1-1 за средњу класу дуктилности и сеизмичко дејство изражено преко максималног убрзања тла 0,2 g. Геометрија оквира и усвојена арматура су исти у свим анализама, а за одређивање утицаја на одговор конструкције, варирани су параметри пожарног сценарија (локације пожара), интензитета почетног оптерећења и типа агрегата, услед стандардне пожарне криве. Утицај земљотреса на одговор конструкције у току пожара који следи непосредно након престанка земљотреса, одређен је за два интензитета пројектног земљотреса, изражена преко максималног убрзања тла од 0,2 g и 0,3 g, са компарацијом резултата за случај дејства само пожарног оптерећења. Дејство пожара у овим анализама одговара параметарској пожарној криви, која је дефинисана за конкретну геометрију анализираних просторних конструкција и усвојену материјализацију омотача пожарног сектора.

На основу методологија напредног прорачуна конструкција у условима пожарних дејстава, према ЕН 1991-1-2 и ЕН 1992-1-2, уз додатну примену конститутивног модела за троаксијално напрезање бетона, и валидације засноване на резултатима експерименталних истраживања, доступним у литератури, закључено је да се програмски пакет ANSYS Workbench 16.0 може користити за анализу понашања армиранобетонских (АБ) оквирних конструкција изложених пожарним и сеизмичким дејствима, будући да омогућава обухватање нелинеарних термичких и механичких својстава бетона и челика у зависности од температуре, што је неопходан услов за одређивање нелинеарног временског термичког и механичког одговора.

Анализирана АБ оквирна конструкција показала се веома отпорном у случају пожара, обезбеђујући функцију термичке изолованости и носивости у задовољавајућем временском периоду. Функцију раздвајања није могуће рачунски одредити, већ је за ту врсту провере, неопходно спровођење експерименталне анализе. Дијаграми сила у пресецима елемената изложених пожару су променљиви у току трајања пожара. Са продирањем топлоте унутар елемената, дијаграми момената савијања се трансаторно померају у правцу и смеру преноса топлоте, омогућавајући идентификацију потенцијалних критичних зона носача. Заштитни слој бетона је кључан за заштиту главне подужне арматуре у смислу термичке изолације и временског одлагања повећања температуре, која за последицу има деградацију механичких својстава челика. Из тог разлога, неопходно је обратити пажњу на заштиту бетонског дела пресека од експлозивног пуцања бетона и директног излагања арматуре пожару. Услед

великог температурног градијента у првим минутима трајања пожара и термичког ширења заштитног слоја бетона, долази до промене напонског стања у арматури и појаве напона затезања у првобитно притиснутим шипкама арматуре. Са деградацијом механичких својстава заштитног слоја бетона, напон затезања у арматури у току пожара почиње да опада, чиме опет долази до развоја напона притисака и коначно, до пластичних деформација притиснуте арматуре. Достижање границе развлачења у затегнутој арматури, јавља се са супротне стране опожарене површине греде, у незагрејаном делу попречног пресека.

Дебљина међуспратне бетонске конструкције од 15 цм у потпуности задовољава критеријум изолованости пожарног сектора према ЕН 1992-1-2.

Са повећањем броја етаже на којој настаје пожар, повећавају се и деформације елемената. Највеће деформације се јављају у елементима који су директно изложени пожару и окружују пожарни сектор. Глобалне деформације конструкције су концентрисане у нивоу пожарног сектора и изнад, док се испод нивоа пожара јављају мање деформације.

У зависности од типа агрегата, већа хоризонтална померања се јављају у случају употребе силикатног агрегата, док су релативни угиби греда већи у случају карбонатног агрегата.

Са повећањем почетног нивоа оптерећења, хоризонталне деформације елемената су практично исте, док су вертикалне деформације, директно оптерећених греда, веће.

Предложен је метод комбиноване анализе сеизмичког и пожарног дејства, коришћењем нелинеарне статичке „pushover“ анализе и пожарног дејства дефинисаног преко параметарске пожарне криве. За разлику од монотонно растуће стандардне пожарне криве, параметарска крива је јасно дефинисана фазом загревања, хлађења, и фазом након потпуног гашења пожара. Обухватање свих фаза је неопходно при одређивању одговора конструкције, јер се екстремни утицаји не јављају истовремено са екстремним спољашњим термичким дејством, услед термичке инерције бетона. За одређивање понашања АБ оквира услед комбинованог сеизмичког и пожарног дејства, могу се користити материјални модели за бетон и челик, према ЕН 1992-1-2, у недостатку експерименталних истраживања. Глобална процена заосталих деформација услед сеизмичког дејства се огледа у хоризонталним померањима и релативном односу хоризонталних померања суседних етажа у нивоу међуспратних конструкција. Услед сеизмичког дејства, течење арматуре и пластичне деформације се јављају најпре у зони ослањања стубова прве етаже, а убрзо потом и у пресеку греде прве етаже, у којем долази до прекида додатне арматуре за пријем негативних момената затезања, према плану армирања. Хоризонтална померања оквира у току пожара у највећој мери зависе од термичког ширења загреваних греда и савојне крутости стубова. Генерално, услед комбинованог дејства, на апсолутне вредности хоризонталних померања, највећи утицај имају заостала напонско-деформацијска стања непосредно након дејства земљотреса. На максимална вертикална померања оквира утиче напонско стање стубова услед гравитационог оптерећења и термичко издужење загреваних стубова. Апсолутна вертикална померања су већа са порастом етаже на којој настаје пожар, односно са смањењем аксијалног напона притиска у стубовима. Већа заостала вертикална померања стубова услед сеизмичког дејства већег интензитета индукују већа померања у току пожара. Иако сеизмичко дејство изазива оштећења конструкције, у виду заосталих деформација и пластификације појединих шипки арматуре у критичним пресецима елемената стубова и греда, носивост оквира није нарушена накнадним пожарним дејством карактеристичним за конкретан тип конструкције и пожарни сектор.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

У дисертацији је спроведена нумеричка и параметарска анализа процене одговора АБ оквира изложеног дејству пожара и комбинованом дејству земљотреса и накнадног пожара, применом нелинеарне временске термо-механичке методе. Дисертација је добро структурирана, а добијени резултати истраживања су прегледно приказани и јасно и систематски изложени. Уз приказане резултате и њихову дискусију, дата су и одговарајућа

образложења и критички осврт на њихово вредновање, у складу са владајућим ставовима науке у области истраживања. Техничка обрада свих поглавља у докторској дисертацији је на високом нивоу. Текст је оптимално илустрован и поткрепљен одговарајућим сликама и гафиконима. На основу резултата истраживања и њиховог критичког разматрања, изведени су закључци који дају јасне одговоре на постављена полазишта и циљеве истраживања, и предложени су правци будућих истраживања. Дисертација је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate*, са индексом сличности текста 6%.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Комисија констатује да је докторска теза написана и урађена у складу са образложењем наведеним у пријави теме докторске дисертације.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Докторска дисертација, својим насловом, садржајем, начином обраде и тумечења резултата истраживања, садржи све битне елементе који се захтевају при изради радова овакве врсте, а кандидат је испољио способност за самосталан научно-истраживачки рад.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

На основу детаљне анализе дисертације, увидом у актуелност поменуте проблематике, утврђеног циља и коришћене методологије истраживања, констатује се да предметна докторска дисертација по свом садржају представља оригинални научни рад. Кандидат је својим радом на изради докторске дисертације допринео расветљавању свеобухватног увида у понашање АБ оквира изложених пожарним дејствима, као и комбинованим дејствима земљотреса праћених пожарима, кроз одређивање термо-механичког одговора на глобалном и локалном нивоу. Посебан допринос се огледа у развоју нумеричких модела прорачуна коришћењем комерцијалног програмског пакета ANSYS Workbench 16.0, и упоредној анализи битних инжењерских параметара (пожарног сценарија и положаја пожара у конструкцији, интензитета почетног дејства и типа агрегата за справљање бетона) и њиховог утицаја на одговор АБ оквирних конструкција. Кроз анализу утицаја претходног сеизмичког дејства и процене насталих оштећења, показано је да АБ оквирне конструкције димензионисане према Еврокоду 8, за средњу класу дуктилности и сеизмичко дејство изражено преко максималног убрзања тла 0,2 g, поседују задовољавајућу отпорност при дејству пожара, као и при дејству пожара након престанка дејства пројектног типа земљотреса. Дисертација има и практичан инжењерски значај јер су резултати истраживања омогућили идентификацију потенцијалних критичних зона у елементима носача, чијим обликовањем у фази пројектовања може да се утиче на добијање пожељног и предвидљивог понашања АБ оквирних конструкција изложених пожарним дејствима.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

На основу детаљне анализе рада, комисија констатује да су испуњени постављени циљеви и да докторска дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

да се докторска дисертација под насловом „**Нелинеарна термо-механичка анализа понашања армиранобетонских оквирних конструкција у условима пожарних дејстава**“ прихвати, а кандидату Цолев Игору одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. Др Ђорђе Лађиновић, редовни професор
Факултет техничких наука, Нови Сад

2. Др Мирјана Малешев, редовни професор
Факултет техничких наука, Нови Сад

3. Др Андрија Рашета, доцент
Факултет техничких наука, Нови Сад

4. Др Властимир Радоњанин, редовни професор
Факултет техничких наука, Нови Сад

5. Др Мери Цветковска, редовни професор
Грађевински факултет, Скопље

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.