

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Исидоре Јаковљевић

Одлуком бр. 148/11-21 од 21.04.2022. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Исидоре Јаковљевић, маг. инж. грађ, под насловом:

**DEMOUNTABLE SHEAR CONNECTIONS WITH BOLTS AND WELDED HEADED STUDS IN STEEL-CONCRETE COMPOSITE STRUCTURES**

Наслов на српском језику:

**ДЕМОНТАЖНИ СМИЧУЋИ СПОЈЕВИ ОСТВАРЕНИ ЗАВРТЊЕВИМА И  
МОЖДАНИЦИМА СА ГЛАВОМ КОД СПРЕГНУТИХ КОНСТРУКЦИЈА ОД  
ЧЕЛИКА И БЕТОНА**

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

**1.1. Подаци о процедури пријављивања и предаје дисертације**

На седници Већа Катедре за материјале и конструкције одржаној 18.03.2021. Исидора Јаковљевић је јавно излагала предложену тему докторске дисертације под насловом „*Demountable shear connections with bolts and welded headed studs in steel-concrete composite structures*“ (на српском језику „Демонтажни смичући спојеви остварени завртњевима и можданицима са главом код спрегнутих конструкција од челика и бетона“). Комисија у саставу проф. др Златко Марковић, в. проф. др Јелена Добрић и в. проф. др Милан Спремић је прихватила предложену тему.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета бр. 148/4 од 29.03.2021. године, одређена је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом „*Demountable shear connections with bolts and welded headed studs in steel-concrete composite structures*“ у саставу проф. др Златко Марковић, проф. др Душко Лучић (Грађевински факултет у Подгорици, Универзитет Црне Горе), в. проф. др Јелена Добрић и в. проф. др Милан Спремић. Позитиван извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 22.04.2021. године (одлука бр. 148/6 од 27.04.2021. године). Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 11.05.2021. (одлука бр. 61206-1887/2-21 од 11.05.2021. године) усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидата Исидоре Јаковљевић.

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета 08.04.2022. године.

## 1.2. Научна област дисертације

Тема докторске дисертације припада научној области Грађевинарство и ужој научној области Металне конструкције, која је дефинисана Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

Радови публиковани у међународним часописима који квалификују менторе проф. др Златка Марковића и в. проф. др Милана Спремића за вођење докторске дисертације су:

1. N. Gluhović, **Z. Marković**, **M. Spremić**, and M. Pavlović, “Mechanically fastened shear connectors in prefabricated concrete slabs–experimental analysis,” *Steel Compos. Struct.*, vol. 36, no. 4, pp. 369–381, Aug. 2020. [M21a]
2. I. Milicević, B. Milosavljević, M. Pavlović, and **M. Spremić**, “Bolted connectors with mechanical coupler embedded in concrete: Shear resistance under static load,” *Steel Compos. Struct.*, vol. 36, no. 3, pp. 321–337, Aug. 2020. [M21a]
3. B. Milosavljević, I. Milicević, M. Pavlović, and **M. Spremić**, “Static behaviour of bolted shear connectors with mechanical coupler embedded in concrete,” *Steel Compos. Struct.*, vol. 29, no. 2, pp. 257–272, Oct. 2018. [M21a]
4. **M. Spremić**, M. Pavlović, **Z. Marković**, M. Veljković, and D. Buđevac, “FE validation of the equivalent diameter calculation model for grouped headed studs,” *Steel Compos. Struct.*, vol. 26, no. 3, pp. 375–386, Feb. 2018. [M21a]
5. **M. Spremić**, **Z. Marković**, M. Veljković, “Recommendations for the design of grouped headed studs,” *Steel Construction Design and Research*, vol. 10, no. 2, pp. 145–153, 2017.
6. **M. Spremić**, **Z. Marković**, J. Dobrić, M. Veljković, and D. Buđevac, “Shear connection with groups of headed studs,” *Gradjevinar*, vol. 69, no. 5. Union of Croatian Civil Engineers and Technicians, pp. 379–386, 2017. [M23]
7. **M. Spremić**, **Z. Marković**, M. Veljković, and D. Buđevac, “Push-out experiments of headed shear studs in group arrangements,” *Adv. Steel Constr.*, vol. 9, no. 2, pp. 139–160, 2013. [M23]
8. M. Pavlović, **Z. Marković**, M. Veljković, and D. Buđevac, “Bolted shear connectors vs. headed studs behaviour in push-out tests,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 88, no. 1, pp. 134–149, 2013. [M21]

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Исидора Јаковљевић је рођена 1993. године у Београду, где је завршила основну школу и гимназију као носилац Вукове дипломе. Током средње школе била је полазница семинара антропологије и физике у Истраживачкој станици Петница.

Основне академске студије уписала је 2012. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду. Основне студије је завршила 2016. године на Одсеку за конструкције, са просечном оценом 9,78, одбравивши дипломски рад на тему „Пројекат армиранобетонске конструкције вишеспратне стамбено пословне зграде“. Мастер студије уписала је исте године и завршила 2017. године са просечном оценом 9,86, одбравивши мастер рад на тему „Прорачун носивости на замор мостовских конструкција – Пример спрегнутог друмског моста“.

Током студија учествовала је на неколико студентских конференција и такмичења. Током лета 2015. године, провела је три недеље на пракси у Универзитету у Екситеру у Енглеској, на истраживачком одељењу са вибрационо инжењерство. Септембар и октобар 2016. године провела је на пракси у Федералном институту за испитивање материјала (*Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung - BAM*) у Берлину, на одељењу 7.4 – Технологија грађевинских материјала.

Током студија додељено јој је неколико награда, међу којима су: награда из фонда академика проф. др Милана Ђурића за изузетне резултате постигнуте на групи предмета Теорија конструкција за школску 2014/2015. годину, награда за студента генерације на студијском програму Грађевинарство у школској 2015/2016. години, награда из фонда проф. др Владимира Королије као студенту са највећом просечном оценом у току студирања на модулу Конструкције у школској 2015/2016. години, и награда из Фонда проф. Бранка Зарића за најбољи мастер рад из области Металних конструкција у школској 2016/2017. години.

У октобру 2017. године уписала је докторске студије на Грађевинском факултету у Београду одредивши се за ужу научну област Металне конструкције. Положила је све испите предвиђене студијским програмом са просечном оценом 10. Учествовала је на више међународних конференција и публиковала је неколико радова у међународним часописима. Била је полазница тренинга „*Advances in Wind Energy Technology*“ у Братислави у оквиру COST акције TU1304 (март 2018) и летње школе „*Bauhaus Summer School of Forecast Engineering*“ у Вајмару (август 2018). Додељена јој је награда Друштва грађевинских конструктора Србије за најбољи научни рад младих аутора 2018. године.

Од јануара 2018. године запослена је на Грађевинском факултету у Београду као асистент – студент докторских студија за ужу научну област Металне конструкције. Била је полазница две обуке за наставно особље Универзитета у Београду: програм „*TRAIN – Training and Research for Academic Newcomers*“ (2018–2019) и курс „*EMI – English as a Medium of Instruction*“ (2019–2020). Током рада на Грађевинском факултету у оквиру Института за материјале и конструкције учествовала је на изради неколико стручних пројеката.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Исидоре Јаковљевић под насловом „*Demountable shear connections with bolts and welded headed studs in steel-concrete composite structures*“ („Демонтажни смичући спојеви остварени завртњевима и можданицима са главом код спрегнутих конструкција од челика и бетона“) садржи укупно 170 страна, од којих је основни текст на 150 страна, а 20 страна су референце и прилози. Дисертација је написана на енглеском језику и подељена је у осам поглавља:

1. Introduction (Увод)
2. Literature review (Преглед литературе)
3. Connection design (Прорачун смичућег споја)
4. Experimental work (Експериментално испитивање)
5. Numerical analysis (Нумеричка анализа)
6. Parametric studies (Параметарске анализе)
7. Design recommendations (Препоруке за пројектовање)
8. Conclusions (Закључци)

Дисертација садржи 149 слика на којима су приказани дијаграми, цртежи и фотографије релевантни за илустрацију текста и 47 табела. Списак цитиране литературе садржи 89 наслова. На почетку дисертације је дат резиме на енглеском и српском језику са кључним речима. Биографија аутора дата је на крају дисертације.

Дисертација је технички обликована према упутствима Сената Универзитета у Београду и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце: изјава о ауторству, изјава о истоветности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Основни текст разматране докторске дисертације има осам поглавља, након којих су приказани списак коришћене литературе и прилози. На почетку текста је дат садржај, резиме и списак кључних речи на енглеском и српском језику.

У првом поглављу, које представља увод, описан је значај примене демонтажних смичућих спојева у спрегнутим међуспратним конструкцијама од челика и бетона. Представљено је ново, демонтажно, решење смичућег споја са завртњевима и можданицима са главом применљиво у спрегнутим плочама са трапезним профилисаним лимом. Образложен је мотив за истраживање, дефинисани су предмет, циљеви истраживања и коришћена методологија. У овом поглављу дат је и кратак преглед садржаја дисертације.

У другом поглављу дат је преглед литературе у области демонтажних смичућих спојева у спрегнутим конструкцијама од челика и бетона и у области понашања можданика са главом у спрегнутим плочама са профилисаним лимом. Приказана су различита иновативна решења демонтажних смичућих конектора, публикована последњих година. Резултати експерименталних и нумеричких истраживања која су спроведена кроз тестове смицања и испитивање гредних носача, међусобно су упоређени и дискутовани. Такође, приказани су поступци за прорачун носивости можданика са главом у плочама на профилисаним лиму према важећим европским прописима и према предложеним новим препорукама за прорачун. Приказан је преглед различитих поставки тестова смицања коришћених кроз досадашња истраживања и преглед резултата испитивања утицаја арматуре у плочи на носивост смичућег споја.

У трећем поглављу представљено је решење демонтажног смичућег споја са можданицима са главом и завртњевима, кроз студију случаја објекта вишеспратне јавне паркинг гараже. Дискутована је усвојена геометрија предложеног смичућег споја и примењено конструктивно обликовање. Наведени су параметри који су предмет даљих експерименталних и нумеричких истраживања спроведених у оквиру дисертације.

У четвртом поглављу описана су експериментална испитивања која су спроведена у оквиру дисертације: главно експериментално испитивање кроз тестове смицања и испитивање механичких својстава употребљених материјала. У оквиру главног испитивања, испитано је 20 узорака кроз осам серија којима су обухваћени демонтажни смичући спојеви са завртњевима и можданицима и одговарајући стандардни смичући спојеви са можданицима. Испитане су различите конфигурације демонтажног споја: спојеви са континуалном и дисконтинуалном плочом изнад ослоначке греде, спојеви са и без узенгија постављених око можданика, спојеви са угловима између ребара профилисаног лима и осе носача од 45°, 60° и 90°. Методологија испитивања је детаљно приказана. Резултати експерименталног испитивања представљени кроз носивост, дуктилност и крутост смичућег споја су међусобно упоређени, дискутовани и критички анализирани.

У петом поглављу описани су методологија и поступак спроведених нумеричких анализа. Формирани тродимензионални модели тестова смицања, базирани на примени методе коначних елемената, детаљно су описани. Дат је приказ примењених материјалних модела који су развијени на основу спроведених експерименталних испитивања механичких својстава материјала. Верификација нумеричких модела извршена је кроз поређење са експерименталним резултатима. Формирани нумерички модели су искоришћени за детаљну анализу понашања демонтажног смичућег споја и међусобно поређење понашања различитих типова споја.

У шестом поглављу је приказана нумеричка параметарска анализа, подељена у пет делова. Прво је спроведена иницијална параметарска анализа кроз коју је вариран положај арматуре по висини плоче, дебљина плоче и ширина плоче у тестовима смицања. На основу добијених резултата, донете су одлуке за формирање модела при даљој параметарској анализи. У другом

делу испитиван је утицај дебљине лима на горњој ножици у демонтажним спојевима са завртњевима и можданицима са континуалном плочом изнад челичног лима. Затим је кроз серију формираних модела са задатим различитим класама бетона, висином и пречником можданика, упоређено понашање демонтажних и стандардних спојева. У трећем делу, варијациони су дебљина угаоника, пречник и позиција узенгије, и растојање између можданика и ивице бетонске плоче у демонтажним спојевима са дисконтинуалном плочом изнад челичног лима. Резултати понашања споја са дисконтинуалном плочом упоређени су са понашањем споја са континуалном плочом кроз серију модела са различитим класама бетона и висином и пречником можданика. У четвртном делу, параметарском анализом су обухваћени спојеви са углом између осе носача и ребара профилисаног лима од  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$ , различите класе бетона и различити пречници и висине можданика, чија је носивост упоређена са одговарајућим смичућим спојевима са углом између ребара профилисаног лима и осе носача од  $90^\circ$ . У последњем делу, добијене носивости можданика у профилисаном лиму упоређене су са прорачунским препорукама.

У седмом поглављу приказане су предложене препоруке за прорачун и конструктивно обликовање демонтажних смичућих спојева, донете на основу спроведених експерименталних и нумеричких испитивања. Предложен је израз за одређивање носивости смичућег споја са углом између ребара профилисаног лима и осе носача у опсегу између  $30^\circ$  и  $90^\circ$ .

У осмом поглављу сумирани су примарни закључци докторске дисертације и дефинисане су препоруке за будућа истраживања.

У последњем поглављу дат је списак коришћене литературе.

Након списка литературе дата су два прилога. У прилогу А дата је упоредна анализа различитих модела за нумеричко симулирање лома бетона. У прилогу Б дата је база експерименталних резултата испитивања смичућих спојева са профилисаним лимом *Cofraplus 60*.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Растући тренд примене спрегнутих конструкција од челика и бетона у савременом грађевинарству може се приписати предностима које овакви системи носе, првенствено рационалној употреби и ефикасном искоришћењу бетона и челика. Најчешћи пример конструктивног спрегнутог елемента који се среће у пракси је спрегнута греда формирана од челичног профила и бетонске плоче, која може бити пуна или спрегнута на челичном профилисаном лиму. Како би се остварило спрегнуто понашање бетонске плоче и челичног профила, неопходно је применити механичка спојна средства попут еластичних можданика са главом, који се најчешће користе у пракси.

Један од важних захтева последњих деценија, у време када се значајна пажња посвећује очувању животне средине, јесте одрживи развој. У грађевинској пракси, примене овог принципа огледају се у рециклирању и поновној употреби коришћеног грађевинског материјала, замени традиционалних материјала са новим еколошким материјалима, као и у поновној употреби конструктивних елемената или комплетних конструкција. Могућност демонтаже челичних конструкција и поновне монтаже на другом месту је битна предност коју ове конструкције поседују и која је у складу са поменутиим принципима. Међутим, спрегнуте греде од челика и бетона спојене еластичним можданицима са главом у својој основној форми немају могућност демонтаже. Из тог разлога, многа истраживања спроведена у области спрегнутих конструкција током последње деценије бавила су се испитивањем различитих смичућих спојева који омогућавају демонтажу и поновну употребу међуспратних спрегнутих конструкција.

Кроз докторску дисертацију реализовано је конструктивно решење демонтажног смичућег споја који је остварен путем завртњева и можданика са главом. Предложено решење представља алтернативу демонтажним спојевима са завртњевима убетонираним у спрегнуту или бетонску плочу који су претходних деценија интензивно испитивани. Демонтажни спој омогућава поновну употребу међуспратне конструкције у целисти: спрегнуте плоче и челичног профила.

Предложено решење демонтажног споја је испитано како би се утврдило његово понашање при смичућим оптерећењима. Кроз спроведена експериментална и нумеричка испитивања утврђени су кључни параметри који утичу на понашање демонтажног споја, попут дебљине челичног лима и угаоника, пречника узенгија и растојање између можданика и ивице бетонске плоче, и њихов ефекат је квантификован. На основу донетих закључака, дате су препоруке за прорачун и конструктивно обликовање предложених демонтажних смичућих спојева са континуалном и дисконтинуалном плочом изнад гредног носача. Ова препоруке могу имати директну примену у свакодневной инжењерској пракси.

Као важан резултат истиче се аналитичка интерпретација утицаја угла између ребара профилисаног лима и осе носача на носивост смичућег споја. Анализа понашања смичућих спојева са углом између ребара профилисаног лима и осе носача различитим од  $90^\circ$  или  $0^\circ$  не може се пронаћи у научној литератури, иако овакви спојеви представљају честе примере у инжењерској пракси, посебно у спрегнутим међуспратним конструкцијама објеката са неправилниом обликом основе.

Испитивања спроведена у оквиру дисертације проширују базу података носивости можданика у стандардним смичућим спојевима у спрегнутим плочама са профилисаним лимом. Ова база је значајна за критичко сагледавање важећих прописа и предложених аналитичких израза за одређивање носивости можданика у профилисаним лиму. Доступни експериментални резултати испитивања смичућих спојева са профилисаним лимом *Cofraplus 60* обухватају можданике пречника 19 mm и 22 mm, док је кроз ово истраживање база допуњена резултатима за можданике пречника 16 mm.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма за проверу подударности текста којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „*Demountable shear connections with bolts and welded headed studs in steel-concrete composite structures*“, аутора Исидоре Јаковљевић, потврђена је оригиналност ове докторске дисертације.

### **3.2. Осврт на референтну и кориштenu литературу**

У изради ове докторске дисертације кориштено је 89 библиографских јединица. Већину референци чине радови објављени у врхунским међународним часописима попут *Engineering Structures*, *Journal of Constructional Steel Research*, *Structures*, и *Journal of Structural Engineering*, као и радови објављени на значајним међународним конференцијама, докторске дисертације и међународни стандарди из области испитивања материјала и пројектовања спрегнутих конструкција од челика и бетона.

### **3.3. Опис и адекватност примењених научних метода**

Рад у дисертацији је реализован паралелном применом теоријског приступа ослоњеног на податке добијене из литературе и практичног приступа заснованог на сопственом експерименталном истраживању и нумеричкој анализи. За сагледавање постојећих сазнања из предметне области извршена је синтеза досадашњих истраживања применом структурално-функционалне и компаративне анализе објављених резултата, док је за планирање и анализу резултата експерименталног истраживања примењена хипотетичко-дедуктивна метода.

У оквиру експерименталних истраживања испитана су механичка својства употребљених материјала (бетон, завртњевци, можданици, профилисани лим, челични профил, челични лим) и извршено је главно експериментално испитивање кроз тестове смицања за 20 узорака. Поменута експериментална испитивања као и статистичка обрада добијених резултата обављена је у складу са тренутно важећим стандардима.

У анализи сопствених и постојећих експерименталних и нумеричких резултата коришћене су компаративне и статистичке методе испитивања. Наведене методе истраживања су у потпуности адекватне за примену у предметном истраживању.

### **3.4. Применљивост остварених резултата**

Резултати добијени у оквиру истраживања указују следеће:

1. Предложено решење монтажног смичућег споја са завртњевцима и можданицима са главом одликује се приближно једнакој носивости и једнаким облицима лома као одговарајући стандардни смичући спој са можданицима.
2. Кључна разлика у понашању монтажног и стандардног споја огледа се у капацитету проклизавања. Укупно проклизавање монтажног споја одговара суми проклизавања завртњева и можданика. Проклизавање завртњева је доминантно у почетној фази оптерећења услед постојања зазора у рупи завртња, док проклизавање можданика постаје доминантно у каснијим фазама оптерећења. Као последица почетног проклизавања, монтажни спој има приближно 3–4 пута мању крутост у односу на стандардни смичући спој са можданицима.
3. При конструисању монтажног споја са континуалном плочом изнад носача важно је водити рачуна о дебљини челичног лима за који су можданици заварени. Како би се постигла носивост која одговара стандардном споју, дебљину лима треба усвојити тако да буде већа од  $0.4d$ , где је  $d$  пречник можданика.
4. При конструисању монтажног споја са дисконтинуалном плочом изнад носача важно је придржавати се следећих правила како би носивост одговарала носивости стандардног споја: (1) на ивици плоче треба поставити угаонике чија дебљина треба да буде већа од  $0.4d$ , (2) око можданика треба поставити узенгије минималног пречника  $0.5d$ , (3) растојање између можданика и ивице плоче треба да буде минимим 70 mm.
5. Угао између ребара профилисаног лима и осе носача утиче на носивост смичућег споја. Дефинисана је израз за одређивање носивости споја са углом између ребара профилисаног лима и осе носача у опсегу  $30^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ , у функцији носивости споја са ребрима која су трансверзална на осу носача ( $\alpha = 90^\circ$ ) и величине угла између ребара и осе носача.

Наведени закључци изведени су на основу детаљних анализа резултата сопствених експерименталних испитивања, квалитативних и квантитативних нумеричких студија и аналитичких прорачуна. Добијени експериментални резултати представљају важан допринос науци, јер омогућавају надоградњу постојећих знања и олакшавају будући истраживачки рад. Поред тога, нумерички модели развијени на основу сопствених експерименталних испитивања могу бити употребљени за даље параметарске анализе.

### **3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад**

Кандидат се у оквиру своје докторске дисертације бавио изучавањем и критичком анализом доступне релевантне литературе, планирањем, спровођењем, обрадом и анализом резултата експерименталног истраживања, аналитичким прорачунима, као и нумеричким моделирањем применом методе коначних елемената. Систематичним приступом постављеном проблему, повезујући различите сегменте научно-истраживачког рада, Исидора Јаковљевић је успешно

решила постављене задатке и доказала да поседује способност за самостални научно-истраживачки рад.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру докторске дисертације Исидоре Јаковљевић остварени су следећи научни доприноси:

1. Реализован је смичући спој са завртњевима и можданицима са главом и утврђено је његово понашање при смичућем оптерећењу.
2. На основу експерименталних резултата и нумеричке анализе дате су препоруке за прорачун и конструктивно обликовање смичућег споја са завртњевима и можданицима са главом у случају примене спрегнутих плоча на профилисаном лиму које су континуалне или дисконтинуалне изнад носача.
3. Показано је да избор параметара попут дебљине челичног лима и угаоника, растојања између можданика и ивице плоче, и присуства узенгија око можданика, има утицај на носивост демонтажног смичућег споја.
4. Утврђена је релација између носивости одговарајућих демонтажних смичућих спојева са континуалном и са дисконтинуалном плочом изнад носача, која зависи од чврстоће бетона на притисак и попречног растојања између можданика и ивице плоче.
5. Дефинисана је зависност између носивости можданика у смичућем споју са углом између ребара профилисаног лима и осе носача у опсегу  $30^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ , и носивости можданика са ребрима која су трансверзална на осу носача ( $\alpha = 90^\circ$ ).

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У свом истраживачком раду, Исидора Јаковљевић, маг. инж. грађ, се бавила испитивањем понашања демонтажних смичућих спојева са завртњевима и можданицима са главом у спрегнутим плочама на профилисаном лиму. Експерименталним програмом су обухваћени тестови смицања различитих конфигурација демонтажног смичућег споја и одговарајућег стандардног смичућег споја. Кроз експериментално испитивање упоређен је утицај дисконтинуитета плоче изнад ослонца, допринос узенгија и утицај угла између ребара профилисаног лима и осе носача на носивост и дуктилност смичућег споја. Додатно, спроведена су експериментална испитивања употребљених материјала.

Симулација експеримената кроз развој тродимензионалних нумеричких модела, њихова калибрација и валидација спроведени су применом методе коначних елемената у програмском пакету *Abaqus* на основу добијених експерименталних резултата. Калибрисани нумерички модели обезбедили су основу за спровођење опсежних параметарских нумеричких студија у оквиру којих су сагледани и анализирани утицаји различитих параметара на одговор смичућег споја.

На основу резултата испитивања дефинисане су препоруке за примену демонтажног смичућег споја. Као важан резултат истиче се аналитичка интерпретација утицаја угла између ребара профилисаног лима и осе носача на носивост смичућег споја. Такође, истраживањем је формирана опсежна база података која омогућава проверу тачности и прецизности прорачунских модела за одређивање носивости можданика у профилисаном лиму. Формирани тродимензионални нумерички модели на бази методе коначних елемената презентовани у дисертацији могу бити употребљени за даље параметарске анализе.



### 4.3. Верификација научних доприноса

У току израде дисертације, Исидора Јаковљевић је међународној и домаћој, научној и стручној јавности представила свој рад кроз следеће публикације:

#### Категорија M23:

**I. Jakovljević, M. Spremić, Z. Marković,** “*Demountable composite steel-concrete floors: A state-of-the-art review,*” Journal of the Croatian Association of Civil Engineers. vol. 73, no. 3, pp. 249–263. March 2021.

#### Категорија M24:

**I. Jakovljević, J. Dobrić, Z. Marković,** “*Flexural buckling of hot-finished and cold-formed elliptical hollow section columns: Numerical comparative analysis,*” Građevinski materijali i konstrukcije. vol. 62, no. 2, pp.15–32, 2019.

**I. Jakovljević, S. Kovačević, and N. Marković,** “*Elastic critical load of plates and plate girders subjected to patch load,*” Građevinski materijali i konstrukcije. vol. 61, no. 4, pp.55–67, 2019.

#### Категорија M33:

**I. Jakovljević, M. Spremić, Z. Marković,** “*Numerical study on the composite shear connection with bolts and welded headed studs,*” 16th ASES International Congress Proceedings, Aranđelovac, 13–15th May 2021.

**I. Jakovljević, J. Dobrić, Z. Marković,** “*Numerical study on bending behaviour of hot-finished and cold-formed elliptical hollow sections,*” Proceedings of the 18th International symposium of MASE, Ohrid, 2–5th October 2019.

**I. Jakovljević, J. Dobrić, Z. Marković,** “*Numerical evaluation of flexural buckling of hot-finished and cold-formed EHS columns,*” 15th ASES International Congress Proceedings, Zlatibor, 6–8th September 2018.

**I. Jakovljević, S. Kovačević, N. Marković,** “*Buckling of plates and plate girders subjected to patch load,*” 15th ASES International Congress Proceedings, Zlatibor, 6–8th September 2018.

**I. Jakovljević, N. Gluhović, M. Spremić, Z. Marković,** “*The influence of a roof mounted small-scale HAWT on headed studs fatigue resistance,*” Proceedings of WINERCOST '18 2nd International Conference on Wind Energy Harvesting, Catanzaro, 21–23rd March 2018.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У оквиру докторске дисертације кандидата Исидоре Јаковљевић представљено је иновативно решење демонтажног смичућег споја са завртњевима и можданицима са главом. Испитивање алтернативних смичућих спојева који омогућавају поновну употребу конструкције на другој локацији у складу је са принципима одрживог развоја и савременим трендовима у области спрегнутих конструкција од челика и бетона.

Кандидат постављеном проблему прилази и са научног и са инжењерског аспекта. У дисертацији је приказана систематизација и анализа досадашњих сазнања из предметне области, сопствена експериментална истраживања и теоријска анализа (аналитичким и нумеричким методама). Резултати истраживања утемељени на експерименталном испитивању, а потом проширени кроз обимну нумеричку анализу, су релевантни, поуздани и валидни. Закључци изведени на бази спроведених експерименталних и нумеричких истраживања дају упутства за примену предложеног решења, чиме имају директан значај за инжењерску праксу.

На основу свега реченог, може се констатовати да докторска дисертација кандидата Исидоре Јаковљевић, маг. инж. грађ, под насловом „*Demountable shear connections with bolts and welded headed studs in steel-concrete composite structures*“ представља оригиналан и вредан научни допринос у области металних конструкција и да има све неопходне елементе које докторска дисертација треба да поседује. Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати Извештај Комисије и упути захтев Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду за давање сагласности за јавну одбрану ове докторске дисертације.

## ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Београд, 25.04.2022.

.....  
проф. емеритус др Драган Буђевац,  
Грађевински факултет Универзитета у Београду

.....  
проф. др Милан Вељковић,  
Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, The Netherlands

.....  
проф. др Душко Лучић,  
Грађевински факултет у Подгорици, Универзитет Црне Горе

.....  
в. проф. др Јелена Добрић,  
Грађевински факултет Универзитета у Београду