

**НАУЧНО – НАСТАВНОМ ВЕЋУ
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Милана Бурсаћа

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 139/11-25 од 23. априла 2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости и пријем теме докторске дисертације Милана Бурсаћа, маг. инж. грађ., под насловом:

**МОДЕЛ ГЕНЕРАЛИСАНЕ ПЛАСТИЧНОСТИ ЗА НЕЛИНЕАРНУ АНАЛИЗУ
РАМОВСКИХ КОНСТРУКЦИЈА ИЗЛОЖЕНИХ ПОВИШЕНИМ
ТЕМПЕРАТУРАМА**

Наслов на енглеском језику:

**A GENERALIZED PLASTICITY MODEL FOR NONLINEAR ANALYSIS OF FRAME
STRUCTURES AT ELEVATED TEMPERATURES**

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- 24. октобар 2022. године - кандидат је уписао Докторске академске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Грађевинарство.
- 16. јун 2025. године - на седници Катедре за техничку механику и теорију конструкција кандидат је изложио предложену тему докторске дисертације под насловом „Модел генералисане пластичности за нелинеарну анализу рамовских конструкција изложених повишеним температурама”. Комисија коју је образовало Веће Катедре је прихватила тему докторске дисертације и предложила кандидату да

тему пријави Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

- 18. јун 2025. године - кандидат је пријавио тему докторске дисертације Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду.
- 03. јули 2025. године - Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду именовало је Комисију за писање извештаја о оцени научне заснованости теме докторске дисертације у саставу: в. проф. др Светлана Костић, доц. др. Анина Глумац, в. проф. др Александар Ландовић (Одлука бр. 139/4-25 од 4.07.2026. године).
- 18. септембар 2025. године - Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду прихватило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и своју одлуку доставило Већу научних области грађевинско–урбанистичких наука Универзитета у Београду на давање сагласности (Одлука бр. 139/6-25 од 18.09.2025).
- 30. септембар 2025. године - Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом „Модел генералисане пластичности за нелинеарну анализу рамовских конструкција изложених повишеним температурама” (Одлука бр. 61206-3432/2-25 од 30.09.2025.).
- 14. април 2026. године - докторска дисертација је предата на преглед и оцену.
- На седници одржаној 23.04.2026. године (Одлука бр. 139/11-25 од 23.04.2026.) Наставно-научно веће Грађевинског факултета у Београду именовало је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације у следећем саставу:
 - др Анина Глумац, дипл.инж.грађ, доцент, Грађевински факултет Универзитета у Београду,
 - др Милан Спремић, дипл.инж.грађ., ванредни професор, Грађевински факултет Универзитета у Београду,
 - др Nicola Tondini, дипл.инж.грађ., редовни професор, Универзитет у Тренту, Департман за грађевинско, еколошко и машинско инжењерство, Италија.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидата Милана Бурсаћа припада научној области Грађевинско инжењерство и ужој научној области Техничка механика и теорија конструкција. За ментора дисертације одређена је др Светлана Костић, ванредни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милан Бурсаћ рођен је 31.10.1998. године у Бачкој Тополи, где је завршио основну школу и гимназију општег смера.

Грађевински факултет у Суботици, Универзитета у Новом Саду уписао је 2017/2018 школске године и дипломирао на конструктивном смеру 2020/2021 године са просечном оценом 10.00 у току студија. Дипломски рад под називом „Рачунско моделирање кратких и витких аксијално притиснутих спрегнутих стубова правоугаоног попречног пресека” одбранио је са оценом десет (10). Мастер студије на Грађевинском факултету у Суботици, Универзитета у Новом Саду, смер Металне конструкције, уписао је школске 2021/2022 године. Исте школске године је положио све испите предвиђене студијским планом и програмом и одбранио мастер рад под називом „Рачунско моделирање везе дрвета и лаког бетона код спрегнутих таваница”.

Докторске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, студијски програм Грађевинарство, уписао је 2022/2023. године. Одабрана ужа научна област истраживања приликом уписа на студије била је Техничка механика и теорија конструкција. Положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом, остваривши просечну оцену 9.62. У току студија је био добитник бројних стипендија међу којима се истичу стипендија Фонда за младе таленте - Доситеја у 2020/2021. и 2021/2022 и стипендија Министарства науке, технолошког развоја и иновација током целих докторских студија почев од школске 2022/2023. Поседује одлично знање енглеског језика и основно знање немачког језика.

Као аутор или коаутор, Милан Бурсаћ је до сада објавио 3 научна рада у врхунским међународним часописима (1 категорије M21a, 2 категорије M21), 1 рад у националном часопису (M52), 5 радова у зборницима међународних научних скупова (M33).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милана Бурсаћа, под насловом „Модел генералисане пластичности за нелинеарну анализу рамовских конструкција изложених повишеним температурама” написана је на енглеском језику, на 128 страна А4 формата. Дисертација садржи 77 слика, 13 табела и 122 библиографске референце.

Дисертација садржи пет поглавља:

- Увод
- Термална анализа
- Механичка анализа

- Нумерички примери
- Закључци и препоруке за будући рад

Поред тога, докторска дисертација садржи: насловну страну на енглеском и српском језику, страну са подацима о ментору и члановима комисије, абстракт дисертације на енглеском и српском језику, захвалницу, садржај, списак слика, списак табела, референце, прилог, кратку биографију кандидата са научним доприносом, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности електронске и штампане верзије и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље представља значај истраживања и наглашава потребу постојања поузданих нумеричких модела за анализу нелинеарног понашања конструкција у условима пожара. Након тога следи преглед литературе о претходно развијеним нумеричким моделима, укључујући напомене о њиховим предностима и недостацима. На крају, прво поглавље се завршава дефинисањем проблема истраживања и циљева дисертације, који су јасно представљени. Усвојена методологија је одговарајућа и адекватно изложена.

Друго поглавље анализира термичку анализу, која је, у оквиру усвојеног приступа, први корак при анализи конструкција изложених пожару. Приказане су теоријске основе разматраног проблема. Поглавље садржи детаље развијених функција за термичку анализу попречних пресека греда/стубова које су базиране на методи коначних елемената и написане у MATLAB-у. Припадајући код је дат у прилогу. Разматране су усвојене претпоставке и термичке карактеристике материјала челика и бетона. На крају, поглавље се завршава верификационим примерима изведених функција. Верификациони примери садрже по један пример за сваки тип попречног пресека (I челични профил, правоугаони, кружни и елиптични CFST пресеци) и поређење добијених резултата са широко коришћеним софтвером SAFIR.

Треће поглавље даје приказ механичке анализе - другог корака у анализи конструкција изложених пожару. Ово поглавље садржи главне једначине GP елемента који је проширен за анализу у условима пожара и представља главни допринос дисертације. Описано је одређивање стања елемента, као и разматрање великих померања кроз коротациону формулацију. Поглавље детаљно обрађује проширење GP елемента за анализу пожара и потребне модификације. Дискутује се извођење температурно зависних површи течења, њихова верификација, као и својства еластичне компоненте. Поглавље се завршава детаљима о рачунарској имплементацији елемента и ефеката термичког оптерећења.

Четврто поглавље фокусира се на валидацију предложеног GP елемента и процену његове тачности. Валидација је спроведена на великом скупу студија у којима се резултати GP елемента пореде са експериментално добијеним резултатима и резултатима других

нумеричких студија. Примери челичних конструкција укључују греде, стубове, као и 2D и 3D рамове. Слично томе, примери са CFST стубовима обухватају појединачне стубове, мале 2D и 3D рамове. У овим симулацијама се или одређује критично време или температура достигнута при лому. Где је доступно, приказано је поређење са најчешће коришћеним влакнастим (fiber) елементом. Ова поређења укључују не само нумеричке резултате, већ и потребно време прорачуна.

Последње, пето поглавље пружа свеобухватан преглед истраживања представљеног у докторској дисертацији. Истакнути су кључни научни доприноси дисертације, и дате су смернице за будућа истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Челичне и спрегнуте конструкције од челика и бетона широко се користе због својих бројних предности. Њихова носивост се значајно мења у условима пожара, и ова тема је од великог интереса за инжењерску заједницу. Постоји велика потреба за поузданим, али једноставним нумеричким моделима. Ова дисертација даје значајан научни допринос будући да је развијен нумерички модел који нуди веома добар баланс између рачунарске ефикасности и нумеричке тачности. Као такав, модел је веома погодан за брзу процену носивости рамовских конструкција изложених пожару, што је доказано кроз обимну нумеричку валидацију кроз коју су резултати упоређени са доступним експерименталним подацима. Поред тога, дисертација даје изразе за температурно зависне површине течења чија употреба није ограничена само на примену у оквиру GP елемента, већ се може применити и код различитих проблема везаних за анализу попречних пресека елемената конструкције који су изложени високим температурама.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији кандидат је извршио преглед релевантне литературе која обухвата 122 библиографске јединице. Ови извори укључују књиге, докторске дисертације, зборнике са конференција и научне радове у часописима који се односе на тему дисертације. Преглед литературе истиче кључне неистражене теме у овој области и поставља неопходну основу за истраживање које је представљено у дисертацији. Током целе дисертације кандидат је прецизно цитирао релевантну литературу и нагласио најважније закључке који су из ње проистекли.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За истраживање у оквиру докторске дисертације кандидат је применио адекватне научне методе. Оне обухватају:

- материјално и геометријски нелинеарну анализу методом коначних елемената
- временски зависну термичку анализу
- математичке методе нумеричке анализе
- методе оптимизације
- рачунарско програмирање у MATLAB-у
- нумеричке симулације у програмима FedeasLab, OpenSees и SAFIR

3.4. Применљивост остварених резултата

Због сложености понашања конструкција изложених повишеним температурама, а посебно утицајима пожара, често су неопходне напредне прорачунске методе које се у пракси не користе широко због сложености примене и времена потребног за анализу. Валидирани нумерички модел развијен у оквиру ове докторске дисертације пружа поуздан модел за брзу анализу рамовских конструкција у условима пожара. Ово доприноси сигурнијем пројектовању конструкција. Такође, значајна предност предложеног модела је његова рачунарска ефикасност, која омогућава брзу и довољно тачну анализу целе конструкције и његову ширу примену у пракси. Може се закључити да резултати ове докторске дисертације имају велики потенцијал за примену у анализи и пројектовању конструкција.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови комисије сматрају да је кандидат показао способност за спровођење висококвалитетних истраживања, што укључује способност идентификације, дефинисања и решавања научних и инжењерских проблема. Ова способност је показана кроз:

- детаљан преглед литературе који карактерише критичка анализа и идентификација главних неистражених тема,
- јасно дефинисање циљева и концептуализацију рада,
- писање и имплементацију GP елемента и функција термичке анализе у FedeasLab-у,
- спровођење обимне нумеричке студије,
- детаљну анализу резултата и извођење закључака,
- објављивање три рада у часописима са SCI листе, при чему је кандидат први аутор,
- објављивање пет радова на међународним конференцијама, међу којима је и високо реномирани ECCOMAS конгрес.

Све наведено потврђује научну зрелост и истраживачки потенцијал кандидата.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Главни научни доприноси ове дисертације су:

- Развијен и верификован MATLAB код за 2D термичку анализу челичних I пресека и спрегнутих челично-бетонских CFST пресека (кружних, правоугаоних и елиптичних).
- Проширена формулација елемента концентрисане пластичности, заснована на моделу Генералисане пластичности, како би се омогућила термомеханичка анализа конструкција изложених повишеним температурама.
- Изведен нови израз за површ течења елиптичних CFST пресека за анализу при референтним и повишеним температурама.
- Рачунарска имплементација новог GP елемента и модула за термичку анализу у оквиру модула за термомеханичку анализу у софтверу FedeasLab.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Ова дисертација даје неколико кључних доприноса области нелинеарне анализе конструкција, посебно код проширења модела заснованог на теорији Генералисане пластичности на анализу конструкција при повишеним температурама. Развијени елемент има значајан потенцијал за примену у пракси, јер је његова тачност упоредива са тачношћу претходно развијених сложенијих модела. Поред тога, због своје једноставне формулације и “general closest point projection” алгоритма са квадратном конвергенцијом, он је рачунарски ефикаснији. Ово је од великог значаја у пројектовању када је брза процена носивости конструкција у условима пожара приоритет. Предности модела су посебно изражене код већих конструктивних система, где примена сложенијих нумеричких модела захтева знатно дуже време прорачуна.

Методологија представљена у овој докторској дисертацији комбинује резултате термичке и механичке анализе, омогућавајући анализу конструкција при повишеним температурама. Такође се детаљно разматра избор низа других параметара (као што су: површина течења и њена еволуција са температуром, крутост елемената) који се не користе само у оквиру GP модела, већ имају шири потенцијал примене у различитим другим моделима и проблемима у области нелинеарне анализе конструкција и нелинеарне анализе конструкција на дејство пожара.

Значајан број нумеричких симулација коришћених за верификацију модела проширује базу примера који се могу користити у даљим истраживањима за поређење модела и њихову верификацију.

На крају, резултати постигнути у оквиру ове дисертације представљају одличну основу за развој унапређених модела који могу додатно повећати број доступних нумеричких

модела за инжењере и омогућити инжењерима прилагођавање нумеричког модела захтевима тачности конкретне анализе.

4.3. Верификација научних доприноса

Током истраживачког рада на докторској дисертацији, кандидат Милан Бурсаћ је објавио следеће радове као аутор и коаутор:

- Врхунски међународни часописи

1. M. Bursać and S. M. Kostić, "Two approaches for modeling CFST columns under fire conditions," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 235, p. 109797, 2025. doi: 10.1016/j.jcsr.2025.109797 – Категорија M21
2. M. Bursać and S. M. Kostić, "Nonlinear analysis of elliptical CFST columns at ambient and elevated temperatures," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 229, p. 109491, 2025. doi: 10.1016/j.jcsr.2025.109491 – Категорија M21
3. M. Bursać and S. M. Kostić, "An efficient model for 3D analysis of steel frames exposed to fire," *Computers & Structures*, vol. 297, p. 107363, 2024. doi: 10.1016/j.compstruc.2024.107363 – Категорија M21a

- Међународне конференције

1. M. Bursać, S. M. Kostić: „Generalized plasticity model for nonlinear analysis of steel frames at elevated temperatures“, The 9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering ECCOMAS Congress 2024 (2024), DOI: 10.23967/eccomas.2024.129 – Категорија M33
2. M. Bursać, S. M. Kostić: „Optimization of purlins cross-section exposed to fire“, *Contemporary Theory and Practice in Construction* 16 (2024) 449-456, DOI: 10.61892/stp202401026B – Категорија M33
3. M. Bursać, S. M. Kostić: „Plastic bending resistance of composite beams according to second generation Eurocode 4“, *IX International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering Proceedings* (2024) 77-85, DOI: 10.14415/CACE2024.06 – Категорија M33
4. M. Bursać, S. M. Kostić: „Evaluation of yield surfaces` accuracy for steel I sections under elevated temperatures“, *The 9th International Conference “Civil Engineering – Science and Practice” GNP 2024 Proceedings* (2024) 173-180 – Категорија M33
5. M. Bursać, S. M. Kostić: „Nonlinear analysis of steel frames at elevated temperatures“, *International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies CNN TECH CONFERENCE 2024* (2024) – Категорија M33

- Домаћи часопис:

1. M. Bursać, S. Stošić: “Interaction surfaces for post-fire analysis based on Minkowski sum”, *Journal of Faculty of Civil Engineering* 43 (2023) 18-27, DOI: 10.14415/jfce-889 – Категорија M52

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходне анализе приложене докторске дисертације, испуњености задатака и циљева истраживања, примењене методологије, научног доприноса и добијених резултата, може се констатовати да докторска дисертација под насловом „Модел генералисане пластичности за нелинеарну анализу рамовских конструкција изложених повишеним температурама“ представља значајан и оригиналан научни допринос. Она показује да је кандидат, Милан Бурсаћ, способан за самосталан научноистраживачки рад. Овај рад је такође био предмет евалуације шире научне заједнице, при чему су објављена три рада у врхунским међународним часописима (као први аутор), као и пет радова у зборницима са конференција међународног значаја.

На основу наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати докторску дисертацију Милана Бурсаћа под насловом „Модел генералисане пластичности за нелинеарну анализу рамовских конструкција изложених повишеним температурама“ и да одобри њену јавну одбрану.

У Београду, 8. мај 2026.

Чланови Комисије:

доцент др Анина Глумац, дипл.инж.грађ.
(Грађевински факултет Универзитета у Београду)

в.проф. др Милан Спремић, дипл.инж.грађ.
(Грађевински факултет Универзитета у Београду)

проф. др Nicola Tondini, дипл.инж.грађ.
(Универзитет у Тренту, Департман за грађевинско,
еколошко и машинско инжењерство, Италија)