

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Милоша Јочковића

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 22/63-2 од 22.04.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милоша Јочковића, маг.инж.грађ. под насловом:

ISOGEOMETRIC APPROACH IN DYNAMIC ANALYSIS OF SPATIAL CURVED BEAMS

Докторска дисертација је написана на енглеском језику у складу са условима међународног пројекта SEEFORM у оквиру кога је дисертација урађена. Наслов дисертације на српском језику гласи:

ИЗОГЕОМЕТРИЈСКИ ПРИСТУП У ДИНАМИЧКОЈ АНАЛИЗИ ПРОСТОРНИХ КРИВОЛИНИЈСКИХ ГРЕДНИХ НОСАЧА

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- 2013. године кандидат је уписао Докторске академске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Грађевинарство.
- 16.05.2019. године на седници Катедре за техничку механику и теорију конструкција кандидат је изложио предложену тему докторске дисертације под насловом „Изогеометријски приступ у динамичкој анализи просторних криволинијских гредних носача“.
- Комисија коју је образовало Веће катедре прихватила је тему докторске дисертације и предложила кандидату да тему пријави Наставно-научном већу Грађевинског факултета.
- 16.05.2019. године кандидат је пријавио тему докторске дисертације Наставно-научном већу Грађевинског факултета у Београду.
- 23.05.2019. године Наставно-научно веће Грађевинског факултета у Београду именовало је Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата у саставу: Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch, проф. др Растислав Мандић и в. проф. др Марија Нефовска Даниловић (Одлука бр. 169/4-19 од 24.05.2019).
- 12.09.2019. године Наставно-научно веће Грађевинског факултета у Београду прихватило је извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата докторске дисертације и своју одлуку доставило Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на давање сагласности (Одлука бр. 169/7 од 16.09.2019).

- 30.09.2019. године Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом „Изогеометријски приступ у динамичкој анализи просторних криволинијских гредних носача“ (Одлука бр. 61206 -/2-19 од 30.09.2019).
- 15.04.2021. докторска дисертација је предата на преглед и оцену.
- На седници одржаној 22.04.2021. године (Одлука бр. 22/63-2) Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду именовало је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације у следећем саставу:

др Марија Нефовска-Даниловић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Грађевински факултет,

Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch, професор, Hochschule Bochum, Bochum University of Applied Sciences

др Растислав Мандић, редовни професор у пензији, Универзитет у Београду, Грађевински факултет,

др Александар Борковић, ванредни професор, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет,

др Мирослав Марјановић, доцент, Универзитет у Београду, Грађевински факултет.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидата Милоша Јочковића припада научној области Грађевинарство, ужа научна област Техничка механика и теорија конструкција. За коменторе дисертације одређени су др Марија Нефовска-Даниловић, ванредни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду, и Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch, професор на Hochschule Bochum, Bochum University of Applied Science.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милош Јочковић рођен је 06.04.1988. године у Сремској Митровици, Република Србија. Основну школу и гимназију, општи смер, завршио је у Шиду, обе као носилац дипломе „Вук Караџић“.

Основне академске студије на Грађевинском факултету у Београду уписао је школске 2007/08. године, а дипломирао је 2011. године на модулу Конструкције, са просечном оценом 9,54. Синтезни рад из области бетонских конструкција под насловом „Пројекат конструкције пословне зграде По + П + 10“ одбранио је са оценом 10 (десет) и тиме стекао звање дипломираног инжењера грађевинарства. Дипломске академске (мастер) студије на Грађевинском факултету у Београду уписао је школске 2011/2012. године, а дипломирао је 2013. године на модулу Конструкције, са просечном оценом 9,57. Мастер рад под насловом „Слободне вибрације система плоча применом Методе спектралних елемената“ одбранио је на Катедри за техничку механику и теорију конструкција са оценом 10 (десет) и тиме стекао звање мастер инжењера грађевинарства.

Године 2011. награђен је из Фонда „Проф. Милан Ђурић“ за постигнуте резултате из групе предмета Теорија конструкција. Осим тога, у периоду од 2007. до 2011. године похваљиван је од стране Грађевинског факултета за постигнуте резултате током студија. Од 2008. до 2010. године био је стипендиста Републике Србије, а од 2010. до 2011. године стипендиста Фонда за младе таленте Републике Србије – фондације "Доситеја".

Докторске академске студије на Грађевинском факултету у Београду уписао је школске 2013/2014. године. Положио је све испите предвиђене наставним планом са просечном оценом 9,88.

Милош Јочковић рад у струци започиње 2012. године у Нафтној индустрији Србије, након чега се запошљава у Контроли летења Србије и Црне горе – SMATSA.

Рад на Грађевинском факултету започиње у новембру 2013. године као истраживач приправник на научном пројекту „Истраживање дејства вибрација на људе и објекте у циљу одрживог развоја градова“ (евиденциони број: ТР 36046, руководилац проф. др Мира Петронијевић). У периоду од јуна

2013. до децембра 2013. године учествује на пројекту “Implementing MATLAB tool for analysing flutter instability“ који је финансиран од стране DAAD – Немачка.

Од новембра 2014. године запослен је на Грађевинском факултету Универзитета у Београду у звању асистента - студента докторских студија за ужу научну област Техничка механика и теорија конструкција. Од избора у звање асистента – студента докторских студија држи вежбања из предмета Матрична анализа конструкција, Метод коначних елемената и Примена рачунара у пројектовању конструкција. Поред тога, био је члан комисија за одбрану дипломских радова на Катедри за техничку механику и теорију конструкција.

Од 2015. године као стипендиста учествује у међународном програму SEEFORM, који финансира DAAD, Немачка. У оквиру тог програма је провео 5 месеци на студијском боравку у Немачкој на Hochschule Bochum (Bochum University of Applied Sciences), под менторством Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch-a.

Милош Јочковић је као аутор или коаутор до сада објавио један научни рад у међународном часопису на SCI листи (M21), два рада у међународном научном часопису (M24), осам радова у зборницима међународних научних скупова (M33), два рада у зборницима скупова националног значаја (M63) и четири рада у монографијама националног значаја (M45).

Члан је Српског друштва за механику.

Говори и пише енглески језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милоша Јочковића написана је на енглеском језику, на 110 страна. Садржи 77 слика и седам табела. Дисертација је у обликована у складу са важећим Правилником о докторским студијама на Универзитету у Београду. Дисертација садржи девет поглавља:

- 1) Увод;
- 2) Преглед претходних истраживања;
- 3) NURBS функције;
- 4) Диференцијална геометрија;
- 5) Линеарна формулација динамичке анализе просторне Бернули-Ојлерове греде;
- 6) Геометријски нелинеарна формулација динамичке анализе равне Бернули-Ојлерове греде;
- 7) Објектно-орјентисани рачунарски програм;
- 8) Нумерички примери;
- 9) Закључци и препоруке за будући рад.

Поред тога, дисертација садржи резиме на српском и енглеском језику, као и биографију кандидата. Списак литературе садржи 62 референце.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном поглављу објашњен је предмет истраживања. Приказана је основна идеја изогеометријског приступа у нумеричкој анализи грађевинских конструкција. Наведене су предности изогеометријског приступа у односу на у пракси веома заступљену методу коначних елемената (МКЕ) са аспекта дискретизације, избора базних функција, времена потребног за прорачун, као и тачности и поузданости резултата. Затим су дате основне претпоставке теорије Бернули-Ојлерове греде и истакнуте предности примене Бернули-Ојлерових гредних елемената у односу на гредне елементе засноване на Тимошенковој теорији, у погледу избора непознатих параметара у чворовима и елиминације феномена *shear locking*. С обзиром да су употреба савремених материјала и естетски захтеви приликом пројектовања довели до појаве витких гредних конструктивних елемената који су изузетно осетљиви на дејство просторно и временски променљивог динамичког оптерећења, у наставку је објашњен модел динамичког оптерећења који у обзир узима утицај масе која се креће. У већини истраживања, утицај покретне масе на конструкцију замењује се концентрисаном силом константног интензитета, правца и смера, која мења свој положај на конструкцији током времена. Оваквим приступом занемарен је инерцијални утицај покретне масе на конструкцији који је настао

као последица кретања масе по својој трајекторији. Показано је да тај утицај за одређене конструкције при одређеним брзинама кретања масе није заменарљив и да се мора узети у обзир приликом анализа. На крају, формулисана је циљ дисертације као примена изогометријског приступа у динамичкој анализи просторних криволинијских греда у условима линеарне и геометријски нелинеарне анализе, на основу чега је развијен изогометријски гредни елемент користећи основне принципе механике континуума и диференцијалне геометрије.

У другом поглављу дат је преглед литературе. Прво је дат историјски преглед развоја изогометријске анализе и NURBS (енг. *Non-uniform rational basis spline*) базних функција, након чега су приказана истраживања у области изогометријске анализе гредних носача. Закључено је да је већина истраживања била заснована на моделу Тимошенкове греде, као и да су се такви модели показали неефикасним у анализи витких гредних елемената због појаве *shear locking*-а. У условима великих померања и ротација, неопходна је примена геометријски нелинеарне анализе и формулације. У наставку поглавља су приказана истраживања у области геометријски нелинеарне анализе гредних носача. Већина тих истраживања била је заснована на Тимошенковој теорији и примени МКЕ при дејству статичког оптерећења. На крају, дат је преглед истраживања утицаја временски и просторно променљивог динамичког оптерећења на динамички одговор гредних носача. Покретно оптерећење је изазвано кретањем масе по конструкцији и као такво се често замењује силом константног интензитета, правца и смера (модел силе). Приликом оваквог моделирања покретног оптерећења занемарује се инерцијални члан од покретне масе чији је утицај на конструкцију у неким случајевима значајан, па је потребно користити модел који ће овај ефекат узети у обзир (модел покретне масе). Изогометријски приступ у анализи утицаја покретног оптерећења на конструкцију у досадашњим истраживањима био је фокусиран на раванске праволинијске елементе, док је анализа утицаја од покретног оптерећења на просторним или криволинијским елементима вршена помоћу МКЕ или применом полуаналитичких поступака.

У трећем поглављу дат је приказ NURBS базних функција. Дефинисани су основни појмови (тзв. *knot* вектор, контролне тачке), особине NURBS базних функција, као и предност њихове примене приликом дефинисања геометрије просторних кривих линија. У наставку су објашњене основне методе прогушења које се користе приликом NURBS параметризације кривих линија, као и њихов утицај на тачност геометрије просторних кривих линија.

У наредном, четвртном поглављу приказани су основни појмови из диференцијалне геометрије, на основу којих ће у наредном поглављу бити формулисана изогометријски елемент просторне криволинијске Бернули-Ојлерове греде. У наставку поглавља објашњена је NURBS параметризација и имплементација референтног система који се показао веома ефикасним у формулацији Бернули-Ојлеровог изогометријског гредног елемента.

У петом поглављу прво је приказана формулација изогометријског Бернули-Ојлеровог гредног елемента у условима линеарне динамичке анализе. Поље померања, брзина и убрзања дефинисани су користећи NURBS параметризацију која је објашњена у четвртном поглављу. За основне непознате величине усвојене су компоненте померања и торзиона ротација у контролним тачкама. Затим су на основу кинематичких и конститутивних релација, користећи основне принципе механике континуума, формулисане *strong* и *weak* форма проблема. На основу *weak* форме, изведене су једначине кретања просторне криволинијске греде, као и матрица крутости и конзистентна матрица маса. У наставку, објашњена је експлицитна метода решавања једначина кретања при дејству динамичког оптерећења. На крају, објашњена су два модела (модел покретне силе и модел покретне масе) просторно и временски променљивог оптерећења која ће касније бити коришћена у нумеричким анализама.

Формулација Бернули-Ојлеровог гредног елемента у условима геометријски нелинеарне анализе приказана је у шестом поглављу. Полазећи од деформисане конфигурације гредног елемента, дефинисано је поље померања, а затим и поље брзина и убрзања. Приликом дефинисања поља убрзања, занемарени су производи градијента брзина, као и производ компонената градијента брзина и угаоних брзина. У наставку поглавља изведене су једначине кретања и имплементирана је експлицитна схема интеграције за њихово решавање.

На основу теоретских разматрања приказаних у петом и шестом поглављу, у седмом поглављу описан је објектно-орјентисан рачунарски програм који је кандидат самостално развио у склопу израде докторске дисертације. Наведене су класе које су развијене са одговарајућим особинама и методама. На крају је дат дијаграм међусобних релација појединих класа.

У осмом поглављу приказани су нумерички примери којима су илустроване теоретске поставке и имплементација развијеног рачунарског програма. Редом су разматрани: слободне вибрације просторне криволинијске греде, линеарна динамичка анализа просторне криволинијске греде и геометријски нелинеарна динамичка анализа криволинијске греде при дејству временски променљивог покретног оптерећења. У динамичкој анализи извршена је опсежна параметарска анализа утицаја граничних услова, модела покретног оптерећења, његовог интензитета и брзине на динамички одговор. Поређењем са постојећим нумеричким примерима из литературе и решењима добијеним применом комерцијалног програма ABAQUS, урађена је верификација предложене формулације и развијеног програма. Посебна пажња је посвећена конвергенцији решења коришћењем различитих техника прогушења у изогометријској анализи (тзв. *h*-, *p*- и *k-refinement*), са посебним освртом на број непознатих у анализи и времену потребном за прорачун.

У последњем, деветом поглављу дати су закључци који су проистекли из дисертације, да би на крају биле истакнуте препоруке и смернице за будући рад у овој области.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Поред естетских захтева приликом пројектовања, употреба савремених материјала довела је до појаве витких конструкција које су изузетно осетљиве на дејство динамичког оптерећења. Због тога је важно формулисати одговарајуће нумеричке поступке за ефикасну и брзу анализу у таквим случајевима. Изогометријски приступ представља релативно нову и веома актуелну област која данас има све ширу примену у нумеричкој анализи конструкција. У поређењу са класичном МКЕ има бројних предности, које се пре свега огледају у веома једноставној формулацији сложене геометрије криволинијских конструкција засноване на *Computer Aided Design (CAD)* програмима који користе *NURBS* функције.

Досадашња истраживања примене изогометријског приступа већином су била фокусирана на површинске конструктивне елементе (плоче, љуске) како у статичким, тако и у динамичким анализама и анализама стабилности конструкција, док је изогометријска анализа линијских елемената углавном била заснована на Тимошенковој теорији. Код витких гредних елемената погоднија за примену је Бернули-Ојлерова теорија. Докторска дисертација кандидата М. Јочковића представља оригиналан научни допринос у области примене изогометријског приступа у динамичкој анализи просторних криволинијских гредних елемената заснованих на Бернули-Ојлеровој теорији. У оквиру дисертације, кандидат је развио изогометријски криволинијски гредни елемент користећи основне принципе механике континуума и диференцијалне геометрије, у условима малих и великих померања и ротација. Развијени елемент имплементиран је у објектно-орјентисан рачунарски програм у MATLAB-у, који пружа могућност динамичке анализе просторних криволинијских гредних елемената при дејству покретног динамичког оптерећења. Показано је да је овакав приступ ефикаснији и погоднији за примену код просторних криволинијских елемената у поређењу са МКЕ, како са аспекта тачности, тако и са аспекта времена потребног за прорачун.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидат је проучио релевантну литературу и навео је 62 референце које су од значаја за област којом се дисертација бави. Кандидат се адекватно позивао на постојећу литературу током израде рада. Око 50% референци чине радови у којима су приказани резултати истраживања у последњих 10 година. Већину референци чине радови објављени у врхунским међународним часописима као што су *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, *Applied Mathematical Modelling* и *Journal of Sound and Vibration*.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Поред општих научних метода истраживања које се односе на прикупљање и преглед литературе и синтезу закључака, у докторској дисертацији кандидат је користио специфичне научне методе, које се тичу нумеричког моделирања просторних криволинијских гредних елемената као што су основни принципи диференцијалне геометрије, механике континуума и изогометријске методе. Поред тога,

коришћени су и нумерички поступци за анализу слободних вибрација и нумеричку интеграцију једначина кретања применом експлицитне методе. За потребе поређења резултата сопствених истраживања, коришћена је метода коначних елемената, док је оцена конвергенције резултата извршена применом три различите методе прогушћења (*h*-, *p*- и *k-refinement*). Кандидат је користио методе објектно-орјентисаног програмирања у MATLAB-у и развио оригинални рачунарски програм. Може се рећи да је кандидат адекватно комбиновао сложене теоријске и нумеричке методе како би остварио циљеве дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Ефикасна и брза анализа просторних криволинијских гредних елемената важна је не само из теоријских већ и из практичних разлога. Наиме, употребом класичних метода прорачуна оваквих конструкција, време и ресурси потребни за добијање тачних резултата прорачуна расту у односу на сложеност геометрије конструкције, врсте оптерећења и анализе. Изогеометријским приступом описивање геометрије просторног гредног елемента изводи се на релативно једноставан начин, при чему се не нарушава геометрија носача у физичком домену, као што је случај код класичне МКЕ. Поред тога, употребом изогеометријског приступа значајно је смањен број степени слободе конструкције неопходан за тачне резултате, што је нарочито битно у динамичким анализама. Потенцијалне примене предложеног модела Бернули-Ојлерове криволинијске греде односе се на решавање различитих проблема вибрација ових греда при дејству временски и просторно променљивог динамичког оптерећења, коришћењем развијеног рачунарског програма у MATLAB-у.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

Током докторских студија, кандидат је стекао самосталност у научном раду кроз полагање испита, активно учешће на SEEFORM семинарима, студијске боравке на *Hochschule Bochum*, припрему и израду докторске дисертације, публикавање радова и учешћа на међународним и домаћим конференцијама. Кандидат је такође показао способност да критички анализира научну литературу и да на основу постављених хипотеза и избора одговарајућих метода развије нови елемент просторне криволинијске Бернули-Ојлерове греде користећи изогеометријски приступ, који се у динамичкој анализи оваквих проблема показао ефикаснијим и тачнијим у односу на досадашња публикована решења. Све то потврђује научну зрелост и истраживачки потенцијал кандидата Милоша Јочковића.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни научни доприноси у дисертацији су:

1. Развој Бернули-Ојлеровог криволинијског гредног елемента применом изогеометријског приступа и његова примена у геометријски нелинеарног динамичкој анализи при дејству покретног оптерећења,
2. Развој програма за нумеричку линеарну и геометријски нелинеарну динамичку анализу криволинијских гредних елемената применом изогеометријског приступа,
3. Систематизација претходних знања у области истраживања, као и синтеза нових резултата и знања која треба да допринесу даљем развоју и практичној примени изогеометријског приступа у динамичкој анализи конструкција.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У оквиру докторске дисертације, кандидат је развио нумерички модел заснован на изогеометријском приступу за линеарну и геометријски нелинеарну динамичку анализу Бернули-Ојлерових криволинијских гредних елемената, чиме је показао ефикасност развијеног модела у односу на класичну МКЕ. Број степени слободе је смањен у односу на класичне приступе формулисања гредног елемента, што је такође допринело ефикасности поступка. У поређењу са МКЕ предности примењеног изогеометријског приступа огледају се у високој тачности и поузданости, начину дискретизације домена и смањеном времену потребном за прорачун. Коришћењем метода и рачунарског програма развијених у оквиру дисертације, крајњи корисник може да узме у обзир ефекте покретног динамичког оптерећења и прецизније одреди динамички одговор криволинијских

гредних елемената. Резултати приказани у оквиру дисертације су верификовани на примерима из литературе, као и коришћењем методе коначних елемената.

Применљивост резултата и развијеног програма у инжењерској пракси је велика, јер модел омогућава ефикаснију анализу криволинијских греда при дејству покретног динамичког оптерећења. Део резултата истраживања у оквиру дисертације публикован је врхунском међународном часопису са SCI листе.

Резултати приказани у дисертацији представљају одличну полазну основу за будуће истраживање, пре свега на формулацију нових елемената и њихову имплементацију у рачунарски програм, утицај трења између гредног елемента и покретне масе, као и анализу стабилности.

4.3. Верификација научних доприноса

У току истраживачког рада у ужој области теме докторске дисертације, кандидат Милош Јочковић објавио је следеће радове:

Категорија M21:

1. **Jočković M**, Radenković G, Nefovska-Danilović M, Baitsch M, (2019): Free vibration analysis of spatial Bernoulli-Euler and Rayleigh curved beams using isogeometric approach, Applied Mathematical Modelling 71, 152 – 172 (IF 3,633).

Категорија M33:

2. **Jočković M**, Nefovska-Danilović M, Free vibration analysis of beam element using isogeometric analysis, Contemporary achievements in Civil Engineering, 22.04.2016, Subotica, Serbia, 269 – 278. (ISBN 978-86-80297-63-7)
3. **Jočković M**, Baitsch M, Nefovska-Danilović M, Free vibration analysis of curved Bernoulli-Euler beam using isogeometric analysis, 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, 19.06.2017 – 21.06.2017, Tara, Serbia, S 1 – 10. (ISBN 978-86-909973-6-7)
4. **Jočković M**, Radenković G, Nefovska-Danilović M, Free vibration analysis of curved spatial Bernoulli-Euler beam with circular cross section using isogeometric approach. 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics, 24.06.2019 – 26.06.2019, Sremski Karlovci, Serbia S4a 1 – 10. (ISBN 978-86-909973-7-4)
5. **Jočković M**, Nefovska-Danilović M, Isogeometric based dynamic analysis of Bernoulli Euler curved beam subjected to moving load, International Conference on Contemporary Theory and Practice in Construction XIV Stegrad (2020), 63 – 70. (ISSN 2566-4484)

Категорија M45:

6. **Jočković M**, Radenković G, Nefovska-Danilović M, (2019): Izogeometrijski pristup u analizi slobodnih vibracija prostornih Bernuli – Ojlerovih grednih nosača, Teorija građevinskih konstrukcija, Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet, Univerzitet Crne Gore – Građevinski fakultet, Akademija inženjerskih nauka Srbije, 47 – 54.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе приложене докторске дисертације, испуњености задатака и циљева истраживања, примењене методологије, научног доприноса и добијених резултата, може се констатовати да докторска дисертација под насловом „**Изогеометријски приступ у динамичкој анализи просторних криволинијских гредних носача**“ („**Isogeometric approach in dynamic analysis of spatial curved beams**“) представља оригинални научни допринос и потврду да је кандидат Милош Јочковић способан за самостални научно-истраживачки рад. Квалитет рада потврђен је чињеницом да су резултати дисертације објављени у врхунском међународном часопису са SCI листе, на основу чега се научни допринос Милоша Јочковића може сматрати значајним у области изогеометријске анализе гредних носача.

У оквиру дисертације формулисан је изогеометријски елемент Бернули-Ојлерове греде, на основу чега је развијен нумерички модел за динамичку анализу криволинијских гредних елемената при дејству покретног оптерећења и тиме начињен помак у примени изогеометријског приступа у динамичкој анализи просторних криволинијских греда. На основу теоретских разматрања, развијен је рачунарски програм, који је верификован бројним нумеричким примерима.

На основу напред изнетог, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се прихвати позитивна оцена докторске дисертације Милоша Јочковића, маг.инж.грађ, под насловом „Изогеометријски приступ у динамичкој анализи просторних криволинијских гредних носача“ („Isogeometric approach in dynamic analysis of spatial curved beams“) и да се упуту захтев Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду за давање сагласности за јавну одбрану дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
В. проф. др Марија Нефовска-Даниловић,
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....
Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch,
Hochschule Bochum, Bochum University of Applied Sciences

.....
Проф. др Растислав Мандић (у пензији),
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....
В. проф. др Александар Борковић,
Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-
геодетски факултет

.....
Доц. др Мирослав Марјановић,
Универзитет у Београду, Грађевински факултет