

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовано комисију: Декан Факултета техничких наука решењем број 012-199/7-2021 од 27.05.2021. године.		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. др Ђорђе Лађиновић,	редовни професор	Теорија конструкција 29.11.2012.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
ФТН Нови Сад		Председник комисије
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. др Лазаревић Михаило	Редовни професор	Механика 16.04.2009.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Машински факултет, Београд		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. др Граховац Ненад	Ванредни професор	Механика 03.06.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
ФТН Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. др Жигић Миодраг	Ванредни професор	Механика 03.06.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
ФТН Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. др Спасић Т. Драган	Редовни професор	Механика 06.10.2005.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
ФТН Нови Сад		Ментор
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ		
1. Име, име једног родитеља, презиме: Александар Симо Окука		
2. Датум рођења, општина, држава: 21.07.1984. Зеница, Босна и Херцеговина		
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Грађевинарство,		

Мастер инжењер грађевинарства

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:
2020. година, Машинско инжењерство

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Оптимално управљање кретањем сеизмички побуђене и базно изоловане суперструктуре у присуству пасивних пригушивача

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација Александра Окуке написана је на седамдесет и четири стране и садржи дванаест слика и осам табела. Дисертација има седам поглавља и део са литературом који садржи седамдесет шест јединица. У првом поглављу, Увод, назначена је важност проблема сеизмичке заштите и дат кратак преглед тренутног стања у тој области. Затим следе мотивација и оквир за анализу проблема у коме ће се сеизмичка заштита повезати са фракционом вискоеластичношћу, теоријом оптималног управљања и нумеричким методама. У другом поглављу, Полазни ставови, даје се преглед модела земљотресне побуде: опадајућа синусоида, Рикеров сигнал, или Рикерова таласна функција, и интерполација сигнала снимљених за време Ел-Центро земљотреса из 1940. Следе модели пасивних: фрикционих и вискоеластичних пригушивача, са посебним освртом на фракциони Бургерсов модел. Бургерсов модел је дат са више детаља због све веће примене у различитим областима инжењерства. Поред тога, приказане су основе за трансформацију обичних фрикционих у обичне диференцијалне једначине целобројног реда, као и основе за примену Понтријагиновог Принципа Максимиума на решавање проблема оптималног управљања, и за само налажење тих оптималних решења методом sukcesивних апроксимација. Треће поглавље, Поставка проблема оптималног управљања, садржи све детаље неопходне да се проблем сеизмичке заштите постави у оквир за примену Принципа Максимиума. Изабран је критеријум оптималности са специфицираним интервалом времена и моделом кретања датим у форми Кошијевог проблема за обичне фракционе диференцијалне једначине. Постављен је нелинеарни проблем оптималног управљања са управљањем које узима вредности на затвореном скупу. У поглављу четири, Кретање без управљања, анализирано је кретање система без активирања управљачког уређаја, како би се касније проценили ефекти оптимизације. Кошијев проблем за фракционе диференцијалне једначине решен је свођењем на еквивалентни Кошијев проблем за обичне диференцијалне једначине целобројног реда за шта је коришћена експанзиона формула Атанацковића и Станковића из 2004. Суво треће је анализирано на два начина и облику мултифункције и у облику глатке функције брзине клизања, и то се комбиновало са целобројним и фракционим вискоеластичним пасивним пригушивачима Келвин-Зенеровог типа. Како сила трења као мултифункција значајно усложњава проблеме оптималног управљања, јер су у том случају десне стране једначина модела прекидне функције, испитан је утицај регуларизације те силе на атрибуте кретања система. Поглавље пет, Решавање проблема оптимизације, садржи неопходне услове екстремума за управљање са сатурацијом, диференцијалне једначине за спрегнуте променљиве, услове трансверзалности и то за стандардно линеарно и стандардно фракционо линеарно вискоеластично тело и за сва три типа сеизмичке побуде. Приказано је и како ће се применити метод sukcesивних апроксимација за налажење оптималних кретања система. У поглављу шест, Резултати нумеричких симулација, приказују се резултати нумеричке интеграције система постављених у поглављу четири и решења задатака оптималног управљања добијена методом sukcesивних апроксимација постављених у поглављу пет. Кроз поређења добијених вредности атрибута кретања и критеријума оптималности, за задатке са и без управљања, квантификовани су утицаји различитих дампера, силе трења и активног уређаја на редукцију ефеката сеизмичког дејства. Графичке приказе решења прате дискусија и коментари добијених резултата. У поглављу седам, Закључна разматрања, дат је осврт на све што је урађено у оквиру тезе, уз идентификацију отворених проблема са којима се може наставити истраживање.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација је урађена савесно и коректно. У првом поглављу изнета је важност проблема сеизмичке заштите, посебно за објекте од ширег друштвеног значаја. У другом поглављу изнети припремни резултати за компарацију три врло често сретана типа сеизмичког дејства, представљају потпуно оригиналан приступ јер побуде Рикеровог типа и земљотреса Ел Центро нису анализиране у проблемима структуралне оптимизације. Посебан део овог поглавља је анализа употребе фракционог пригушивача Бургерсовог типа као алтернативе за постојеће. Анализа осам могућих фракционих модификација Бургерсовог модела и одговарајућих ограничења на коефицијенте у моделу који обезбеђују дисипацију енергије *ab initio* примењена је на три проблема које је кандидат решио током израде тезе, а резултати те анализе су нови и објављени у три рада, у три страна часописа веома високе међународне репутације. У два од та три рада кандидат је први аутор. Резултати објављени у шестој глави, приказани у облику графика и табела, су потпуно нови, јер квантификују утицај сваког од три фактора сеизмичке заштите пасивних: фриксионог и фракционог вискоеластичног пригушивача, и управљачког уређаја. Оцењене су максималне вредности атрибута кретања и критеријум оптималности за сва три типа сеизмичке побуде. Приказивањем контрапримера наглашена је важност рестрикција у фракционим моделима вискоеластичних тела и показано да њихово нарушавање поред енергетске инконзистенције, слика 11, узрокује и неуправљивост јер метод сукцесивних апроксимација дивергира. Упоређивана су и кретања за два модела силе трења, слика 12 и табела 8 чиме је оправдана употреба регуларизованог модела сувог трења у проблемима оптимизације.

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

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

Okuka A.S., Zorica D., (2018), Formulation of thermodynamically consistent fractional Burgers models. *Acta Mechanica*, 229(8), 3557-3570.. [M22]

Okuka A.S., Zorica D., (2020), Fractional Burgers models in creep and stress relaxation tests. *Applied Mathematical Modelling*, 77, 1894-1935. [M21]

Oparnica, L., Zorica, D., Okuka, A.S., (2019), Fractional Burgers wave equation. *Acta Mechanica*, 230 (12), 4321-4340. [M22]

Spasić D.T., Okuka A.S., On dynamic vibration absorber models for harmonic excitation, 6th International conference Contemporary achievements in civil engineering 20. Subotica, Serbia, 2018. [M33]

Okuka A.S., Grahovac N.M., Žigić M.M., Spasić DT. A seismic protection system comprising an active device, fractional damping and dry friction. Poster, International Conference of Fractional Differentiation and its Application-Novi Sad, Serbia, 2016. [M33]

Žigic N.M., Spasic D.T., Grahovac N.M., Okuka A.S., Dynamic of a structure with viscoelastic and friction dampers, 4th International conference Contemporary achievements in civil engineering, Subotica, Serbia, 2016. [M33]

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

У дисертацији је разматран проблем сеизмичке заштите базно изолованог објекта помоћу пасивног фриксионог пригушивача, пасивног фракционог вискоеластичног пригушивача и активног управљачког уређаја ограничених перформанси за три типа сеизмичке побуде: опадајуће синусоиде, Рикерове таласне функције и интерполираног сигнала земљотреса Ел Центро. Квантификација ефеката пасивних пригушивача и активног уређаја је урађена на основу упоређивања атрибута кретања нумерички добијених решења Кошијевог проблема за задатак динамике са одговарајућим нумерички добијеним решењима двотачкастих граничних проблема за задатак оптимизације.

Критеријум оптималности мотивисан је теоријом линеарних регулатора у облику да се релативно померање, релативна брзина и дејство управљачког уређаја минимизирају на специфицираном временском интервалу. Проблем оптималног управљања постављен је у оквир Понтрјагиновог Принципа Максимиума и решаван методом сукцесивних апроксимација који су предложили Крилов и Черноуско. Са обзиром на фракциону вискоеластичност испитиван је фракциони Келвин-Зенеров модел у присуству ограничења на параметре у моделу који су последица ентропијске неједнакости. Поред тога постављене су основе за примену фракционог Бургерсовог модела као алтернативе за реализацију пасивног вискоеластичног пригушивача. Главни резултати, добијени у овој дисертацији су:

1. резултати приказани у табели 1, већ публиковани у референцама [52], [53] и [54], представљају ограничења на параметре Бургерсковог модела која обезбеђују енергијску конзистенцију проблема,
2. резултати приказани на сликама 5-10 и у табелама 2-7 квантификују утицај сваког елемента сеизмичке заштите, а добијено решење постављеног задатка оптимизације смањује изабрани критеријум оптимизације, у зависности од вредности изабраних параметара, између 20 и 50%, и вредност силе у пасивном вискоеластичном пригушивачу између 20 и 30%, што смањује негативне ефекте сеизмичког дејства и продужава радни век пригушивача.

У закључку, можемо рећи да се у докторској дисертацији Александра Оукe разматра важан и тренутно веома актуелан проблем управљања кретањем у грађевинарству помоћу диференцијалних једначина фракционог реда и математичке теорије оптималних процеса. Резултати које је аутор добио представљају значајан допринос за пројектовање система сеизмичке заштите реалних грађевинских конструкција у регијама склоним земљотресу.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

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

Према неподељеном мишљењу Комисије дисертација је написана прегледно и јасно. Аутор је брижљиво навео и оценио досадашње резултате у области сеизмичке заштите пасивним и активним елементима и припремио оквир у коме ће се поставити проблем. Његови оригинални резултати наведени су прецизно и прегледно. Конкретна решења приказана су у облику графикана који приказују атрибуте кретања померања, брзине, силе трења и силе у вискоеластичним пригушивачима те функцију управљања за карактеристичне вредности параметара и различите типове сеизмичког дејства. Резултати су тумачени јасно, и прегледно. У тези предложени метод за нумеричке симулације је јасан и може бити од користи за коректан избор елемената сеизмичке заштите. Рад је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма iThenticate.

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?
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?
4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

Дисертација је написана у складу са проблематиком која је наведена у пријави. Она садржи све битне елементе: исцрпан преглед досадашњих резултата, коректан избор фичких и математичких модела, метода решавања двочастих граничних проблема који се појављују у теорији управљања кретањем, и оригинални ауторов допринос предметној проблематици. Наведена литература је брижљиво одабрана и аутор наводи релевантне резултате у вези са проблематиком коју анализира. Дисертација садржи оригинални ауторов допринос науци у резултатима изнетим у поглављима два и шест. Анализа осам могућих фракционих пригушивача Бургерсовог типа дата у секцији 2.3.3. и табели 1, представља основу за развој алтернативних решења за постојеће вискоеластичне пригушиваче. Резултати презентовани на сликама 5-10 и табелама 2-7 представљају оригинални допринос проучавању система сеизмичке заштите у грађевинарству. Недостатака нема.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана

На основу укупне оцене дисертације Александра С. Окуке, мастер инжењер грађевинарства, Комисија предлаже одговарајућим органима Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду, да се докторска дисертација прихвати и да се кандидату одобри усмена одбрана.

Место и датум:

Нови Сад, 30. јун 2021.

1. др Ђорђе Лађиновић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник комисије

2. др Михаило Лазаревић, редовни
професор, Машински факултет Београд,
члан

3. др Ненад Граховац, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад,
члан

4. др Миодраг Жигић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад,
члан

5. др Драган Т. Спасић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад,
ментор

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