УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ **ОБРАЗАЦ – 6**
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Датум и орган који је именовао комисију:
   Декан Факултета техничких наука, на основу одлуке Научно-наставног већа Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду, донео је Решење о именовању комисије за оцену и одбрану докторске дисертације број 012-40/2694-2024 од 05.05.2025.

2. Састав комисије у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду*:

1.	Живанић др Драган	редовни професор	Пројектовање и испитивање машина и конструкција, транспортна техника и логистика 01.07.2024.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука		председник
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	Зубер др Нинослав	редовни професор	Пројектовање и испитивање машина и конструкција, транспортна техника и логистика 13.09.2021.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	Марковић др Горан	редовни професор	Механизација и носеће конструкције 24.10.2024
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	Јовановић др Весна	ванредни професор	Транспортна техника и логистика 08.07.2024.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Нишу Машински факултет у Нишу		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

5. Ђокић др Радомир	ванредни професор	Пројектовање и испитивање машина и конструкција, транспортна техника и логистика 01.10.2021.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука		ментор
установа у којој је запослен-а		функција у комисији

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме:
   Танасије, Александар, Јојић

2. Датум рођења, општина, држава:
   19.05.1993., Нови Сад, СР Југославија

3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:
   Факултет техничких наука у Новом Саду
   Механизација и конструкционо машинство
   Мастер инжењер машинства

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:
   2017. – Машинство

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Формирање математичког модела зиплајна са експерименталном верификацијом и анализом утицајних параметара

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Дисертација садржи укупно 226 нумерисаних страница, од којих су 59 страница прилог. Написана је на српском језику, ћириличним писмом. Структура дисертације обухвата 11 поглавља, 173 слике и 23 табеле. Иза насловне странице приложена је кључна документацијска информација на српском и енглеском језику, после које следе захвалница и садржај, као и спискови слика, табела и употребљених ознака и скраћеница. Сама дисертација је подељена у 11 целина и то:

1. Уводна разматрања,
2. Подлоге за формирање математичког модела,
3. Формирање математичког модела,
4. Експериментално одређивање коефицијента механичких отпора,
5. Експериментална мерења на предметном зиплајну,
6. Резултати мерења и верификација модела,
7. Анализа утицајних параметара,
8. Додатак I - Валидација резултата на умањеном моделу,
9. Додатак II – Кочење,
10. Закључна разматрања,
11. Литература.

На крају дисертације дата је краћа биографија кандидата, након које следе прилози.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов рада је јасно формулисан у складу са темом и садржајем дисертације и у потпуности осликава истраживану проблематику. Дисертација у целини, као и њени појединачни делови, је добро организована и садржи све елементе неопходне за разумевање изложене проблематике. Рад је написан језички коректно, а текст и илустрације су стилски и технички обликоване, уз једнозначну нумерацију слика, табела и једначина.

У оквиру уводних разматрања, односно првог поглавља ове дисертације, је у кратким цртама дат општи преглед о зиплајновима, односно опис система, историјски развој и коришћена терминологија. Након тога следи образложење о потребама за истраживањем и преглед тренутног стања у области. Даје се преглед неких изведених решења и образлажу се недостаци постојећих приступа истраживању. Потом следи детаљан опис циља овог истраживања и наводе се полазне хипотезе и методе истраживања, као и очекивани и тренутни научни допринос овог истраживања.

У другом поглављу дисертације се даје преглед теоријских подлога који је неопходан за формирање математичког модела. Формирају се законитости на основу теорије ланчанице које дају тачна решења, а због тога што је њихова примена компликована за употребу, формирају се и прорачунске процедуре које базирају на замени ланчанице параболом. На конкретном примеру се приказује оправданост замене ланчанице параболом. Након тога, дат је и преглед отпора који се јављају током кретања, а то су превасходно аеродинамички и механички отпори.

У трећем поглављу је, на основу подлога које су дате у оквиру пређашњег поглавља, разрађен математички модел зиплајна. Модел поред аеродинамичких и механичких отпора који делују на путнике зиплајна током спуста, у обзир узима масу и величину самих путника, али и сопствену масу ужета, силу којом је оно затегнуто, као и начин на који су крајеви ужета везани. Модел занемарује њихање путника током кретања, што се оправдава симулацијом извршеном на конкретном примеру који је дат у оквиру овог поглавља.

У оквиру четвртог поглавља је извршено одређивање механичких отпора кретању точкова колица по ужету отворене конструкције, тј. ужету од струкова експерименталинм путем. С обзиром да се конвенционални поступци за одређивање отпора кретању не могу применити за случај када се кретање врши по ужету, развијен је посебан поступак за њихово одређивање, који је детаљно описан. Одређивање механичких отпора кретању је извршено за ужад различитих конструкција и пречника, а одређене су вредности статичких и динамичких коефицијената отпора. Услед ограничених могућности за мерење у лабораторијским условима, одређене вредности односа силе затезања ужета и попречног оптерећења нису могле да се анализирају.

У оквиру петог поглавља су обрађена експериментална мерења на предметном зиплајну. Прво се даје детаљан опис самог зиплајна, његове локације и претходних интервенција. Након тога следи одређивање коефицијената и величина неопходних за прецизно израчунавање величине механичких и аеродинамичких отпора. У оквиру посебне тачке је дат опис мерне опреме која је коришћена, као и начин на који је опрема повезана и начин на који су резултати прикупљани. У оквиру исте тачке су наведени и неки проблеми који су се јављали са одређеним сензорима, а дат је и детаљан опис баждарења дела мерне опреме. На крају је дат опис припреме и самог поступка мерења приликом спуштања путника.

Након тога следи поглавље са резултатима мерења кинематских карактеристика путника на конкретном зиплајну, као и верификација математичког модела у којем су коришћење вредности параметара одређених у оквиру претходних тачака. Дате су промене сила у ужету и његових угиба у близини ослонаца, те промене нагиба, убрзања, брзине и пређеног пута колица. Брзина и пређени пут колица су мерени на два начина – праћењем броја обртаја точка и коришћењем GPS-уређаја. Поред апсолутне вредности брзине колица, мерена је и релативна брзина колица у односу на околни ваздух, на основу које се могло доћи до податка о интензитету ветра. Уврштавањем одређених измерених величина у формирани математички модел, добиле су се рачунске вредности убрзања, брзине и пређеног пута колица, које су након тога упоређене са измереним вредностима. На тај начин је констататована висока сагласност рачунских и мерених величина, па се дошло до закључка да се математички модел може са великом тачношћу користити за анализу утицајних параметара.

Након успешне верификације математичког модела, исти се може користити за анализу утицајних параметара. Стога су у оквиру седме тачке дати резултати анализираних утицаја геометријских параметара поља, начина везивања крајева ужади, пречника и конструкције ужета, силе затезања, околне температуре, механичког отпора кретању, масе путника, отпора ваздуха и дејства ветра, као и положаја спуштања. За сваки од наведених утицаја је дато у ком се дијапазону може кретати и дијапазон у ком се крећу вредности кинематских параметара који се добијају након анализе.

Осма и девета тачка дисертације представљају корисна и занимљива сазнања и закључке проистекле током израде ове дисертаије, али који немају директне везе са полазним хипотезама. Стога је поменута тематика дата у оквиру додатних, а не регуларних тачака. У оквиру осме тачке је дата валидација резултата на умањеном моделу, док су у оквиру девете тачке дате препоруке за избор и димензионисање уређаја за регулацију брзине кретања и безбедно заустављање.

У оквиру закључних разматрања су сумирани резултати добијени у оквиру докторске дисертације и наведени су правци даљег истраживања.

У последњем поглављу је дат списак коришћене литературе који садржи 146 навода који су коришћени током израде дисертације. Литература је у раду цитирана према редоследу појављивања у тексту.

Након прегледа литературе дата је краћа биографија кандидата, после које следи прилог у оквиру ког су дати дијаграми промене мерених величина.

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.

Рад у истакнутом међународном часопису – М22

1. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Zipline Mathematical Model Forming, Experimental Verification and Analysis of Influential Parameters. *Archive of Applied Mechanics*, Vol. 93, No. 11, pp. 4157-4180, 2023.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини – М33

2. Владић, Ј., Јојић, Т., Ђокић, Р., Гајић, А., Theoretical Backgrounds for Zipline Analysis. *Proceedings of the XXIII International Conference on "Material Handling, Constructions and Logistics – MHCL 2019"*, Vienna, Austria, 18-20 September 2019, pp. 147-150.
3. Ђокић, Р., Владић, Ј., Јојић, Т., Гајић, А., Kinematic Characteristics of Zipline. *Proceedings of 23rd International Scientific Conference "Transport Means 2019"*, Palanga, Lithuania, 02-04 October 2019, pp. 503-507.
4. Ђокић, Р., Владић, Ј., Јојић, Т., Zipline Computational Model Forming and Impact of Influential Sizes. *Proceedings of the seventh international conference "Transport and Logistics – TIL 2019"*, Niš, Serbia, 06. December 2019, pp. 71-74.
5. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Zipline Design Issues and Analysis of the Influencing Parameters on Passenger's Velocity. *Proceedings of the fifth international conference "Mechanical engineering in XXI century – MASING 2020"*, Niš, Serbia, 09-10 December 2020, pp. 129-132.
6. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Determination of Zipline Braking Distance. *Proceedings of KOD 2021 "Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering"*, Novi Sad, Serbia, 10-12 June 2021, pp. 707-712.
7. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Зелић, А., Selection of Zipline Braking Device. *Proceedings of the eight international conference "Transport and Logistics – TIL 2021"*, Niš, Serbia, 03. December

2021, pp. 97-100.

8. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Зелић, А., Basis for Simplified Zipline Model Analysis. *Proceedings of the tenth international scientific conference "IRMES 2022"*, Belgrad, Serbia, 26. May 2022, pp. 178-183.
9. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Selection of Zipline Cable. *Proceedings of the 16th international conference on accomplishments in mechanical and industrial engineering "DEMI 2023"*, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, 01-02 June 2023, pp. 327-331.
10. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Determination Of Zipline Tightening Weight Travell Distance. *Proceedings of the XI international scientific conference "Technics. Technologies. Education. Safety 2023"*, Borovets, Bulgaria, 05-08 June 2023, pp. 39-41.
11. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Measuring the Kinematic Characteristics on a Reduced-size Zipline Model. *Proceedings of the XI international conference "Heavy Machinery – HM 2023"*, Vrnjačka Banja, Serbia, 21-24 June 2023, pp. A67-72.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу – М34

12. Владић, Ј., Јојић, Т., Ђокић, Р., Гајић, А., Analysis and Forming Computational Model of Zipline. *Book of abstracts of the 9th International Scientific Conference "Research and Development of Mechanical Elements and Systems – IRMES 2019"*, Kragujevac, Serbia,5-7 September 2019, pp. 222-223.

Рад у водећем часопису националног значаја – М51

13. Владић, Ј., Ђокић, Р., Јојић, Т., Теоријска анализа и одређивање параметара кретања код ZIPLINE-а. *Техника*, Vol. 68, No. 3, pp. 405-412, 2019.

Рад у часопису националног значаја – М52

14. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Anchorage Type and Tension Rope Force Impact on Zipline's Kinematic Characteristics. *Machine Design*, Vol. 11, No. 4, pp. 149-154, 2019.
15. Владић, Ј., Јојић, Т., Ђокић, Р., Condition Analysis and Basis for Selection of Zipline Arresting Devices. *IMK-14 – Research & Development in Heavy Machinery*, Vol. 26, No. 4, pp. 89-94, 2020.

Рад у научном часопису – М53

16. Јојић, Т., Владић, Ј., Ђокић, Р., Специфичне машине и уређаји са хоризонталним ужетом као носећим елементом – zipline. *Зборник радова Факултета техничких наука*, Vol. 33, No. 1, pp. 13-16, 2018.
17. Владић, Ј., Јојић, Т., Ђокић, Р., Гајић, А., Impact Analysis of Zipline Kinematic Parameters. *Acta Technica Corviniensis*, Vol. 13, No.1, pp. 23-28, 2020.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

На основу експерименталних мерења и добијених резултата у оквиру ове докторске дисертације, изведени су следећи закључци који подупиру полазне хипотезе да:

- доминантан утицај имају геометријски параметри трасе зиплајна,
- значајан утицај имају маса и положај спуштања путника низ зиплајн,
- значајан утицај, такође, имају и отпори кретању (механички и аеродинамички), при чему је утицај аеродинамичких отпора знатно већи од механичких,
- битан утицај имају силе и начин затезања ужета,
- на карактеристике кретања постоји утицај пречника и конструкције ужета.

Иако је констатовано и доказано да су најбитнији утицајни параметри геометријски параметри поља, превасходно угао нагиба трасе, с обзиром да се на њих у инжењерској пракси не може утицати (јер су позиције крајњих станица углавном унапред дефинисане имовинско-правним, економским или другим условима), за њихов избор нису дате никаве посебне препоруке. За све остале параметре су, након анализе њиховог утицаја, дате препоруке које се могу користити приликом пројектовања зиплајнова.

Најзначајнији утицајни параметри, а на које се у инжењерској пракси може утицати, јесу маса путника и положај спуштања. Установљено је да положај спуштања има огроман утицај, јер осим што се мења чеона површина путника мења се и коефицијент опструјавања, и то баш на такав начин да се за мање површине јављају и мањи коефицијенти опструјавања, а за веће површине већи коефицијенти опструјавања. Други утицајни параметар који има изузетно велики утицај јесте маса путника. Иако путници веће масе, по правилу, имају и веће габарите, а самим тим стварају веће отпоре кретању, ипак постижу веће домете и веће максималне брзине.

Потом се констатује да се утицај отпора кретању никако не сме занемаривати. Наиме, код зиплајнова са већим углом нагиба трасе, и на почетним деловима секција код зиплајнова са малим затезањем ужета, јављају се велике брзине кретања које доводе до великих аеродинамичких отпора кретању. С друге стране, код зиплајнова са мањим углом нагиба трасе, односно на секцијама где се јављају мање брзине кретања, доминанти постају механички отпори. Но, без обзира на пројектоване параметре зиплајна, увек постоји опција да ће се јавити и ветар. С обзиром да ветар може да буде променљивог правца, он може да „помаже“ или „одмаже“ кретању. У раду су разматрани најнеповољнији случајеви, а ту су леђни или чеони ветар. Код зиплајнова са малим углом нагиба трасе, леђни ветар је углавном од користи јер осигурава долазак до краја трасе, међутим, чеони може да буде врло опасан јер онемогућава корисника да стигне до краја. Код зиплајнова са великим углом нагиба трасе пак, чеони ветар успорава путника, али ипак не омета приспеће до крајње станице. Леђни ветар може да доведе до превелике брзине на самом крају трасе, која је опасна уколико не постоје одговарајући уређаји за кочење и регулацију брзине, али која је безопасна уколико исти постоје.

Пречник и конструкција ужета, као сила и начин затезања такође имају утицај на кинематске карактеристике. Конструкција ужета превасходно има утицај на механичке отпоре кретању, при чему ужад отворене конструкције стварају веће отпоре у поређењу са ужадима затворене конструкције. Намеће се закључак да би требало користити ужад затворене конструкције, међутим јавља се проблем који лежи у чињеници да се ужад затворене конструкције, по правилу, производе са пречницима од минимум 20 mm, а то није увек најекономичније решење за зиплајнове, јер су за исте често довољна и ужад пречника око 10 mm.

Повећањем силе затезања повећавају се и домети, али се зато смањују вредности максимално постигнутих брзина на траси, као и вредности промена убрзања на почетним и крајњим деловима трасе. Наиме, код мање затегнутих ужади на почетном делу трасе путник „пропада“ и због тога доживљава јачи адреналински доживљај, а с обзиром на малу силу затезања ужета, већи су му угиби што доводи до постизања већих брзина кретања на самој траси. Међутим, већи угиб доводи до тога да ће путнику бити потребна и већа количина енергије да се „извуче“ из најниже тачке ланчанице, што се негативно одражава на домете. Ужад затегнута већом силом имају мање промене углова нагиба код ослонаца, као и мање угибе, што доводи до равномернијег кретања путника, без наглих промена у убрзањима, са мањом максималном брзином на траси, али зато са већим дометима.

Начин везивања крајева ужета, односно начин затезања ужета, више има утицај на век трајања ужета и почетну цену инвестиције, него на саме кинематске карактеристике путника. Наиме, код обострано анкерисаног ужета, веће су промене угиба ужета у околини ослонаца, што се манифестује „пропадањем“ путника на почетку кретања, али су разлике у дометима код обострано анкерисаног ужета и ужета затегнутог тегом практично занемариве. Лаички посматрано, тачна је тврдња да су код обострано анкерисаног ужета већи домети, али то је последица тога да се приликом поређења ова два начина затезања ужади ужад у почетном тренутку затежу приближно истом силом. Код ужади затегнутих тегом, та сила остаје константна током целог спуста, док се код обострано анкерисаних ужади она вишеструко повећава. То онда доводи до тога да путници код обострано анкерисаног ужета стварно достижу веће домете, али на рачун тога да се сила у ужету повећава преко неке дозвољене мере, односно на рачун смањења степена сигурности и века трајања ужета.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

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

Комисија оцењује да је докторска дисертација написана прегледно, уз јасну структуру и логичан ток излагања. Представљени резултати су приказани систематично, кроз добро обрађене табеле и дијаграме, који су праћени јасним и аргументованим тумачењем. Интерпретација резултата је концизна, а разматрања, коментари и закључци дати у раду логично произилазе из добијених резултата. На основу претходног и на основу извештаја о подударности (поглавље IX, тачка 5 овог извештаја), Комисија је донела закључак да је докторска дисертација оригинално ауторско дело.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ 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. Навести нумеричке податке о резултатима провере оригиналности рада и дати текстуално образложење.

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

   Да, докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

   Да, докторска дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

   Дисертација је оригиналан допринос науци по томе што је у оквиру ње развијен и верификован математички модел спуштања путника низ зиплајн који омогућава брзо, једноставно и прецизно одређивање величина неопходних за пројектовање и безбедно коришћење зиплајна. Наиме, раније постојећи модели су базирани на одређеним поједностављењима што ограничава њихову употребу само на специфичне зиплајнове. Модел развијен у оквиру ове дисертације обухвата знатно већи број утицајних параметара, те је његова примена могућа на практично било ком зиплајну. Поред геометријских параметара поља (распон и висинска разлика) и аеродинамичких отпора који су, као најдоминантније величине, узете у обзир у већини других модела, у оквиру овог модела могуће је варирати и величину механичких отпора, као и карактеристике ужета (пречник, конструкцију и сопствену тежину), те силу затезања ужета, као и начин везивања крајева ужади. Поред тога, индиректно се могу варирати положаји спуштања. На основу препорука које су изведене на основу анализе утицајних параметара, може се установити да ли је на некој локацији уопште смислено градити зиплајн или не. Након тога, ако се установи да постоји могућност за градњом, употребом формираног математичког модела добијају се кинематске карактеристике путника које утичу на квалитет вожње (максимална вредност брзине и убрзања), као и оне које утичу на саму безбедност (брзина и убрзање на крају трасе), односно подлога за димензионисање уређаја за заустављање.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

   Дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултат истраживања и квалитет саме дисертације.

5. Образложење резултата провере оригиналности рада (нумерички и наративно):

   Докторска дисертација проверена је у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate*, у Библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду. Извештај о подударности је показао да је преклапање текста у дозвољеним границама (Similarity Index = 5 %).

X	**ПРЕДЛОГ:**
	На основу наведеног, комисија предлаже:
	а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана; б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум:
Нови Сад, 15.05.2025.

1. др Драган Живанић, редовни професор,

_____, председник

2. др Нинослав Зубер, редовни професор

_____, члан

3. др Горан Марковић, редовни професор

_____, члан

4. др Весна Јовановић, ванредни професор

_____, члан

5. др Радомир Ђокић, ванредни професор

_____, 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.