

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

349/5

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев  
упућује)

18.03.2021.

(Датум)

**ЗАХТЕВ****за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације  
и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„АНАЛИЗА ОТКАЗА ВУЧНИХ УРЕЂАЈА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА КАО ФАКТОР  
БЕЗБЕДНОСТИ И РИЗИКА ОД РАСКИНУЋА ВОЗА“  
FAILURE ANALYSIS OF DRAW GEAR AND SCREW COUPLING OF RAILWAY VEHICLES AS A  
FACTOR OF SAFETY AND TRAINS BREAK RISK

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Железничко машинство

## ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:  
МАРИЈА (НИКОЛА) ВУКШИЋ ПОПОВИЋ

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):  
Машински факултет Београд - Последипломске студије – одбрањена магистарска теза

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 1999.

4. Година уписа на докторске студије: 2016.

5. Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: \_\_\_\_\_ Јован Танасковић \_\_\_\_\_

Звање: \_\_\_\_\_ Редовни професор \_\_\_\_\_

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Tanaskovic D. J., Milkovic D. D., Lucanin J. V., Franklin Vasic G., Experimental investigations of the shrinking-splitting tube collision energy absorber, Journal of Thin-Walled Structures, Volume 86, pp. 142-147, 2015. ISSN 0263-8231, IF: 2,158
2. D. Milković, G. Simić, Ž. Jakovljević, J. Tanasković, V. Lučanin, Wayside system for wheel-rail contact forces measurements, Measurement, Volume 46, Issue 9, pp. 3308–3318, 2013., ISSN 0263-2241, IF: 1,526
3. Tanasković J., Franklin F., Mitrovic A., Disic A., Experimental research of absorption properties of rigid foam filled circular seamless tube energy absorber under quasi-static axial load, Proc IMechE Part F: J Rail and Rapid Transit, page 01-11, 2020. DOI: 10.1177/0954409720976034, ISSN: 0954-4097, IF: 1,531 (2019)
4. Tanaskovic J., Lučanin V., Milković D., Simić G., Miloš M., Experimental Research of Characteristics of Modified Tube Absorbers of Kinetic Collision Energy of Passenger Coaches, Journal of Experimental Techniques, Volume 38, Issue 3, page 37-44, 2014., ISSN: 1747-1567, IF: 0,615
5. Tanaskovic J., Franklin F., Dišić A., Mišković Ž., Numerical validation of the combined extrusion-splitting process of energy absorption through experimental study, Journal of Experimental Techniques, Vol. 41, No. 4, page 421-431, 2017., ISSN: 0732-8818, IF: 0,806

Обавештавамо вас да је

Наставно – научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 18.03.2021. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

**ДЕКАН ФАКУЛТЕТА**

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
  2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена:** Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -

Број: 349/5

Датум: 18.03.2021. године

Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **мр Марије Вукшић Поповић**, дипл. инж. маш., бр. 134/1 од 15.01.2021. године да јој се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Војкан Лучанин, ред. проф., др Драган Милковић, ванр. проф., др Владимир Поповић, ред. проф., др Ненад Радовић, ред. проф. и др Дејан Момчиловић, научни сарадник, Институт ИМС Београд број 349/3 од 25.02.2021. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 18.03.2021. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **мр МАРИЈА ВУКШИЋ ПОПОВИЋ**, дипл. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«АНАЛИЗА ОТКАЗА ВУЧНИХ УРЕЂАЈА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА КАО ФАКТОР БЕЗБЕДНОСТИ И РИЗИКА ОД РАСКИНУЋА ВОЗА FAILURE ANALYSIS OF DRAW GEAR AND SCREW COUPLING OF RAILWAY VEHICLES AS A FACTOR OF SAFETY AND TRAINS BREAK RISK»**.

Одлуком ННВ број 349/2, од 25.02.2021. године за ментора докторске дисертације мр Марије Вукшић Поповић, дипл. инж. маш. именован је др Јован Танасковић, ванр. проф.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

**ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА**

**Предмет:** Подобност теме и кандидата за израду докторске дисертације студента докторских студија мр Марије Н. Вукшић Поповић, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Машинског факултета број 349/3 од 25.02.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Марије Н. Вукшић Поповић, дипл. инж. маш. студента докторских студија Универзитета у Београду – Машинског факултета за израду докторске дисертације и научне заснованости теме:

**„АНАЛИЗА ОТКАЗА ВУЧНИХ УРЕЂАЈА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА КАО ФАКТОР БЕЗБЕДНОСТИ И РИЗИКА ОД РАСКИНУЋА ВОЗА“**

**„FAILURE ANALYSIS OF DRAW GEAR AND SCREW COUPLING OF RAILWAY VEHICLES AS A FACTOR OF SAFETY AND TRAINS BREAK RISK“**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

**1.1 Биографски подаци**

Кандидат мр Марија Н. Вукшић Поповић, дипл. инж. машинства, рођена је 08.01.1970. године у Београду. Основну и средњу школу завршила је у Београду. Машински факултет Универзитета у Београду уписала је 1988. године, а дипломирала 1994. године на Катедри за железничко машинство (сада Катедра за шинска возила). Магистарске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписала је 1994. године, а магистрирала је 1999. године на Катедри за железничко машинство. Своје научно и стручно усавршавање реализује на Машинском факултету у Београду као студент докторских студија.

Од 1994. до 2016. године радила је у Институту “Кирило Савић” у Београду, најпре као приправник и истраживач приправник, а од 2000. године као истраживач сарадник, односно од 2010. као виши стручни сарадник, а од 2015. као стручни саветник у сектору за железничку технику и технологију. У свом научно – истраживачком раду у оквиру Института учествовала је у већем броју пројеката, као и у иновационим и стратешким пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Од 2016. запослена је у Вишој железничкој школи струковних студија у Београду (сада одсек у Академији техничко-уметничких струковних студија Београд) као предавач на

студијском програму Железничко машинство основних струковних студија, за предмете Железничка кола, Кочнице на железничким возилима, Одржавање железничких возила, Машински материјали, Машински елементи и Репарација машинских елемената. Школске 2018/2019. године радила је и као предавач на студијском програму Железничко машинство специјалистичких струковних студија у Вишој железничкој школи струковних студија у Београду за предмете Технологија градње, ремонта и одржавања железничких возила и Дијагностика отказа на путничким и теретним колима.

Члан је Комисија за стандарде, група Примене на железници (ISS/KS P256), у оквиру Институт за стандардизацију Србије од 2011. године.

Радила је као проверач према ISO/IEC 17020 од 2011. године (сертификат QEI K-01 2607) до 2016. године у Институту “Кирило Савић”. Вршила је и функцију контролора у контролном телу (типа А) према ISO/IEC 17020 у Институту “Кирило Савић” од 2015. до 2016. године.

### **Познавање страних језика**

Говори, чита и пише на енглеском језику.

Основни ниво разумевања немачког и руског језика.

### **Познавање рада на рачунару**

У досадашњем раду успешно је овладала специфичним софтверима за моделирање и симулацију (Matlab, Simulink) и Методом коначних елемената (Ansys), а дужи низ година користи и стандардне апликације из софтверског пакета MS Office (Word, Access, Excel, Visio, PowerPoint), и друге: MS Project, AutoCAD (CET сертификат од 1997.), Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Origin, CorelDRAW, Mathematica.

## **1.2 Стечено научноистраживачко искуство**

Кандидат Марија Н. Вукшић Поповић је уписала магистарске студије 1994. године на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за железничко машинство (сада Катедра за шинска возила). Тему магистарског рада под називом „Утицај времена кочења на зауставни пут код железничких путничких возила“ је радила код ментора др Милутина Миловановића, доцента и одбранила 10.11.1999. године.

У оквиру магистарског рада кандидат Марија Н. Вукшић Поповић се бавила истраживањима у области кочница железничких возила, посебно у проучавању процеса у пнеуматској инсталацији кочнице. У раду је проучавано време које је потребно за одвијање пнеуматских процеса, специјално преноса сигнала (падом притиска у инсталацији) кочнице и његов утицај на зауставни пут. Ово истраживање је представљало, у том тренутку, нов приступ тој области, у којој су процеси пре достизања максималне кочне силе сматрани мање битним због релативно малог утицаја на укупни пут и одређивани су приближно.

У раду је квантификован утицај процеса кочења пре постизања максималне кочне силе на укупан зауставни пут железничких возила аналитички и на основу резултата добијених испитивањима. На тај начин је обухваћен утицај људског фактора на процес кочења, пренос сигнала о кочењу протоком ваздуха у пнеуматској инсталацији кочнице и кочење при развоју кочне силе до њене максималне вредности. Процеси од тренутка достизања максималне кочне силе до заустављања возила сматрани су познатим и за њихово одређивање коришћени су постојећи изрази. При томе је анализиран и утицај врсте кочења на укупан зауставни пут. При анализи протока ваздуха у пнеуматској инсталацији кочнице примењен је модел који се базира на теоријским основама флуида. Модел функционисања пнеуматске кочнице базиран је на математичком моделу промене притиска, при чему је процес кочења подељен на: модел пада притиска ваздуха у главном воду воза и модел протка ваздуха кроз распоредник.

На основу оваг истраживања кандидат је објавила рад који даје научни допринос кроз квантификовање утицаја параметара пнеуматског дела кочнице на укупан зауставни пут путничких железничких возила:

Вукшић, М., *Effect of response time on stopping distance*, FME Transactions, Vol. 32, No. 1, 2004., pp. 49-54

Кандидат Марија Н. Вукшић Поповић је уписала докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2016/2017. године. У оквиру докторских студија кандидат се као наставак истраживања у области кочница, посветила последицама процеса кочења, где заостајање дејства распоредника у вагонима дуж воза, неједнак развој силе притиска и др. доводи до појаве уздужних динамичких сила и њиховим последицама – раскинућима. Како уздужне динамичке силе могу да доведу до раскидања воза, овим појавама смањује се безбедност железничког саобраћаја. Кандидат се бавила дужи низ година анализом случајева раскинућа и систематизацијом сазнања из ове области.

На молбу кандидата, Решењем бр. 1699/1 од 24.09.2019. године одобрен је статус мировања у школској 2018/2019., а Решењем бр. 1398/39 од 30.09.2020. године одобрен је статус мировања у школској 2019/2020. години. Такође, на молбу кандидата, декан Машинског факултета у Београду је донео Решење бр. 1354/1 од 25.09.2020. године о продужењу статуса студента на Докторским академским студијама у школској 2020/21. години.

Кандидат је положила све испите предвиђене планом и програмом докторских студија. Списак положених испита, остварених ЕСП бодова и оцена приказан је у табели.

| Ред. бр.<br>предмета | Назив предмета                                    | Година студија (ЕСПБ) |    |           |    | Оцена<br>испита |
|----------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|----|-----------|----|-----------------|
|                      |                                                   | 1. година             |    | 2. година |    |                 |
|                      |                                                   | I                     | II | III       | IV |                 |
| 1.                   | Виши курс математике                              | 5                     |    |           |    | 9 (девет)       |
| 2.                   | Нумеричке методе                                  | 5                     |    |           |    | 9 (девет)       |
| 3.                   | ОМНИР                                             | 5                     |    |           |    | 9 (девет)       |
| 4.                   | Мерења А-општи део                                | 5                     |    |           |    | 9 (девет)       |
| 5.                   | Одабрана поглавља из механике                     |                       | 5  |           |    | 9 (девет)       |
| 6.                   | Управљање и оптимизација преноса снаге локомотива |                       | 5  |           |    | 9 (девет)       |
| 7.                   | Нелинеарни проблеми чврстоће шинских возила       |                       | 5  |           |    | 9 (девет)       |
| 8.                   | Напредне методе одржавања шинских возила          |                       |    | 5         |    | 9 (девет)       |
| 9.                   | Динамички проблеми шинских возила                 |                       |    | 5         |    | 9 (девет)       |
| 10.                  | Истраживање и публикавање 1                       | 10                    |    |           |    | 9 (девет)       |
| 11.                  | Истраживање и публикавање 2                       |                       | 15 |           |    | 10 (десет)      |
| 12.                  | Истраживање и публикавање 3                       |                       |    | 20        |    | 9 (девет)       |
| 13.                  | Истраживање и публикавање 4                       |                       |    |           | 8  | 10 (десет)      |
| 14.                  | Пројекат идеје докторске дисертације              |                       |    |           | 22 | 10 (десет)      |

Кандидат је положила свих 9 предмета (укупно 45 ЕСПБ бодова) предвиђених програмом Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, од тога четири обавезна и пет изборних предмета од којих сваки вреди 5 ЕСПБ бодова. Кандидат је 53 ЕСПБ бодова остварила истраживањем и публиковањем резултата, а 22 при изради пројекта идеје дисертације, у којој је изложила предмет истраживања и његов значај, циљ истраживања и основну хипотезу, као и методе истраживања и научни допринос, чиме је стекла укупно 120 бодова и услов за пријаву докторске дисертације.

Кандидат је у свом научно – истраживачком раду у оквиру Института “Кирило Савић” учествовала у већем броју у иновационих и стратешких пројеката Министарства за науку и технологију Републике Србије:

- Пројекат основних истраживања број 11M07CB1, Истраживање метода, технологија и производа за унапређење система саобраћаја и веза и коришћење природних потенцијала у Републици Србији, од 1996. до 2000. год.
- Пројекат технолошког развоја број MIS.3.07.0039.B, Развој, производња и пласман хидродинамичког преносника снаге до 440 kW за маневарске локомотиве средњих снага, од 01.01.2002. до 31.12.2003. год.
- Пројекат енергетске ефикасности број NP EE 411-19B, Повећање енергетске ефикасности, опреме и система грејања специфичних објеката применом гасних инфрацрвених грејача, од 01.04.2002. до 31.03.2003. год.
- Пројекат енергетске ефикасности број NP EE 301-20A, Повећање енергетске ефикасности индустријских гасних пећи у ваљаоници алуминијума – Севојно применом савремених техничких решења, од 01.04.2002. до 31.03.2003. год.
- Пројекат у оквиру "Националног програма енергетске ефикасности" број EE105-182A, Развој система за обијање налепа у бункерима угља у темоелектранама са израдом пилот постројења и упоредним праћењем повећања номиналне снаге, од VII 2003. до VI 2004. год.

Кандидат од 2016. године учествује у наставном процесу као предавач на Вишој железничкој школи струковних студија у Београду (сада одсек у Академији техничко-уметничких струковних студија Београд) на основним струковним студијама на студијском програму Железничко машинство, за предмете из области железничког и општег машинства: Железничка кола, Кочнице на железничким возилима, Одржавање железничких возила, Машински материјали, Машински елементи и Репарација машинских елемената. Такође је школске 2018/2019. године предавала предмете Технологија градње, ремонта и одржавања железничких возила и Дијагностика отказа на путничким и теретним колима на студијском програму Железничко машинство специјалистичких струковних студија у Вишој железничкој школи струковних студија у Београду.

### **1.3 Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми**

#### **1.3.1 Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (Категорија M33)**

- [1] Atanasovska, I., **Vukšić Popović, M.**, Momčilović, D.: *Simulation of the kinematic hardening of aisi 316 steel by nonlinear finite element analysis*, 5<sup>th</sup> International Congress of Serbian Society of Mechanics, 15 -17.06. 2015, Arandjelovac, Serbia, ISBN: 978-86-7892-715-7, COBISS.SR-ID 296997639, Publisher: Serbian Society of Mechanics and Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Serbia, pp.1-10.

- [2] Vukšić Popović, M., Atanasovska, I., Plavšić, M.: *Running resistance from full-scale measurements of passenger diesel motor unit 711*, XVII Scientific-Expert Conference of Railways - RAILCON '16, 13-14 oktobar, 2016, Niš, Srbija, ISBN: 978-86-6055-086-8, COBISS.SR-ID 226310668, Izdavač: Faculty of Mechanical Engineering Niš, Srbija, pp.17-20.
- [3] Radulović, S., Milković, D., Simić, G, Vukšić Popović, M.: *Comparison of brake performances of freight wagons with the classic brake and compact freight car brake*, XVIII International Scientific-expert Conference on Railway Railcon 18, Niš, Srbija, 11-12.10.2018., ISBN: 978-86-6055-086-6, pp. 21-24
- [4] Vukšić Popović, M., Radulović, S.: *Breaking of coupling of trains on the serbian railways*, XVIII International Scientific-expert Conference on Railway Railcon 18, Niš, Srbija, 11-12.10.2018., ISBN: 978-86-6055-086-6, pp. 121-124
- [5] Vukšić Popović, M., Jevtić, S.: *Application of laser technology in production and maintenance of railway vehicles*, XIX International Scientific-expert Conference on Railway Railcon 20, Niš, Srbija, 15-16.10.2020., ISBN: 978-86-6055-134-6, pp. 177-180

### **1.3.2 Радови у истакнутом националном часопису (Категорија M52)**

- [6] Radulović, S., Milković, D., Simić, G, Vukšić Popović, M.: *Comparison of brake performances of freight wagons with the classic brake and compact freight car brake*, Machine Design, Vol.11(2019) No.1, ISSN: 1821-1259, pp. 17-20

### **1.3.3 Предавања по позиву са скупа националног значаја штампани у изводу (Категорија M62)**

- [7] Vukšić Popović, M., Radulović, S.: *Mehanika kontakta točak/papuča železničkih vozila*, Mini-simpozijum „Mehanika kontakta: Teorija i primena“, Matematički institut SANU i Projekat OI174001, Beograd, 14.03.2017. godine, ISBN: 978-86-7746-646-6, COBISS.SR-ID 230127884, Izdavač: Projekat OI174001 i Matematički institut SANU, SBEN – Niš, Srbija, knjiga apstrakata, str. 29-30.

### **1.3.4 Радови саопштени на скупу националног значаја штампани у изводу (Категорија M64)**

- [8] Vukšić Popović, M., Jovanović Đ.: *Improvement of train dynamics using non-linear modelling of friction draft gear*, Symposium Nonlinear dynamics - Scientific work of Prof. Dr Katica (Stevanovic) Hedrih, 04 – 06.09. 2019, Beograd, Srbija ISBN: 978-86-80593-69-2, Izdavač: Matematički institut SANU, knjiga apstrakata, str. 121

## **1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми**

Стручним и истраживачким активностима у досадашњем раду кандидат је показала заинтересованост, одговорности и стручност за инжењерски и научни рад, као и спремност за решавање нових истраживачких задатака. Кандидат је публиковала радове у националним научним часописима и учествовала у међународним и националним конференцијама који су директно повезани са темом предложене докторске дисертације. Током докторских студија показала је смисао за експериментални и теоријски рад у истраживањима која припадају научној области теме предложене докторске дисертације.

На основу биографских података, положених испита на докторским студијама, научних и стручних активности, објављених радова и до сада урађених експерименталних истраживања, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

## 2. ПРЕДМЕТ РАДА

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је појава отказа вучних уређаја на железничким возилима која доводе до раскинућа воза. Будући да се раскидање воза увек дешава у вожњи, могућност раскинућа воза смањује безбедност железничког саобраћаја. Предмет рада ће бити раскинућа на раздвојеним вучно-одбојним уређајима чеоног типа, који се користе у теретном саобраћају на јавној железничкој мрежи у Републици Србији.

Просечан број раскинућа теретних возова износи 40 случаја годишње, али је удео раскинућа у техничким узроцима несрећа и незгода повећан са 20% у периоду од 2007. до 2011. године на 40% у периоду од 2016. до 2019. године. Тренд пораста раскинућа у релативним показатељима безбедности саобраћаја, указује на стално присуство узрока који доводе до раскинућа. Узроци који могу да доведу до раскинућа су појава удара, односно великих уздужних динамичких сила, замор материјала услед сталне изложености уздужним динамичким силама мањег интензитета, грешке у материјалу делова вучних уређаја, истрошеност делова, исправност возила и др.

## 3. НАУЧНИ ЦИЉ РАДА

Циљ истраживања је утврђивање примарних узрока раскинућа, њихова квантификација као и анализа ризика од раскинућа. Оваква анализа је у складу са тенденцијама развоја европских стандарда, где је у циљу повећања поузданости механичких компоненти железничких возила развијен стандард EN 50126-1 који даје смернице за израчунавање карактеристичних вредности поузданости, доступност, одрживост и сигурност (RAMS), како би се утврдила поузданост и сигурност железничког возног парка. Смернице дате у овом стандарду примениће се при анализи ризика од раскинућа комбиновањем аналитичких метода, статистичких података и утврђеног стања вучних уређаја у експлоатацији, на основу чега ће се извршити процена ризика у наредном периоду при промени најбитнијих параметара.

Утврђивањем главних узрока раскинућа воза могу се предложити одговарајуће превентивне мере и смањити ова штетна појава, чиме би се директно утицало на повећање безбедности и сигурности у железничком саобраћају, и на смањење трошкова у случају раскинућа у експлоатацији.

Случајеви раскинућа се посматрају као посебни случајеви, кроз анализу отказа елемената вучног уређаја - вешалице, куке тегљеника и других елемената, у следећим радовима:

- [1] Mohammadi, M., Rahmatfam, A., Zehsaz, M., Hassanifard, S.: *Failure analysis study of railway draw-hook coupler*, Journal of Central South University, April 2019, 26, pp. 916–924
- [2] Cernescu, A., Dumitru, I., Faur, N., Branzei, N., Bogdan, R.: *The analysis of a damaged component from the connection system of the wagons*, Engineering Failure Analysis, 2013, 29: pp. 93–107.
- [3] Novýa, F., Jambora, M., Petrůb, M., Trškoc, L., Fintovád, S., Bokůvkaa, O.: *Investigation of the brittle fracture of the locomotive draw hook*, Engineering Failure Analysis, 2019, 105, pp. 305–312
- [4] Ulewicza, R., Novýb, F., Novák, P., Palčekb, P.: *The investigation of the fatigue failure of passenger carriage drawhook*, Engineering Failure Analysis, 2019, 104, pp. 609–616, Elsevier Ltd.

Mohammadi и др. [1] су показали утицај промене динамичког оптерећења на животни век куке тегљеника. На елементу квачила - вешалицама је за утврђен лом услед замора материјала, проузрокован иницијалном пукотином, [2] анализиран утицаја извора концентрације напона у

условима замора. Novýa и др. [3] су утврдили на основу извршених механичких испитивања материјала ниску ударну жилавост сломљене куке тегљеника, и у даљој анализи разматрали утицај смањења ударне жилавости са снижењем температуре на око  $-20^{\circ}\text{C}$ , на динамичку издржљивост и појаву кртог лома. Ulewicza и др. [4] при анализи лома куке тегљеника разматрају утицај концентрације напона на настанак замора материјала. Посебно се јавља проблем одступања коаксијалности правца дејства уздужних сила од осе вучног уређаја [3, 4] што доводи до повећања концентрације напона.

На основу остварених резултата у наведеној литератури уочава се да не постоји свеобухватна и систематска анализа у овој области. Према Правилнику о заједничким показатељима безбедности у железничком саобраћају незгоде, па тиме ни раскинуће, нису део Заједничких показатеља безбедности (ЗПБ). Раскинућа се ипак према Правилнику о начину евидентирања, статистичког праћења и објављивања података о ванредним догађајима насталим у железничком саобраћају и о другим појавама од значаја за безбедност железничког саобраћаја евидентирају и истражују. Статистичка праћења несрећа и незгода врши се у годишњим извештајима о безбедности оператера, док се на националном нивоу или на нивоу Европске уније анализа врши само за несреће, док се раскинућа као незгоде уопште не региструју. Статистичка праћења у извештајима о безбедности оператера везане за раскинућа, немају за циљ подизање нивоа научног сазнања из ове области. Са обзиром на просечан број раскинућа теретних возова од 40 случаја годишње истраживање у овој области је оправдано.

Циљ истраживања је анализа утицаја вучних уређаја и других параметара на раскинуће композиције, као и одређивање критеријума за критичне вредности параметара које могу да доведу до раскинућа и давање препорука које могу да смање појаву истих.

Кроз анализу лома елемената вучних уређаја и утврђивање одступања карактеристика вучних уређаја (у погледу димензије, материјала и механичких карактеристика од прописаних), развијања нумеричког модела у МКЕ за праћење напонског и деформационог стања критичних елемената вучних уређаја и експерименталну верификацију нумеричких модела елемената вучних уређаја извршиће се одређивање граничних величина критичних елемената вучних уређаја које доводе до њиховог лома.

#### **4. ПОЛАЗНА ХИПОТЕЗА ИСТРАЖИВАЊА**

Основна хипотеза истраживања је да безбедност железничког саобраћаја са аспекта раскинућа зависи највише од стање вучних уређаја. Вучни уређаји су прописима SRPS EN 15566, UIC 826, UIC 825, UIC 520 и другим дефинисани у погледу геометрије, материјала и механичких карактеристика. Како захтевани век вучних уређаја износи 30 година, она морају у том периоду да издрже услове експлоатације, који могу бити и ван предвиђених граница, што може да доведе до пластичних деформација делова уређаја, па и до лома. Квантификацијом на основу статистичког праћења и анализе случајева раскинућа, помоћу нумеричког модела вучних уређаја у МКЕ и верификацијом карактеристика критичних делова вучних уређаја испитивањем, утврдиће се стање вучних уређаја.

Предвиђање отказа применом статистичког метода праћења може значајно да утиче на смањење ризика од раскинућа и због повећања безбедности железничког саобраћаја, као и смањења директних и индиректних трошкова је оправдана. Утврђивањем граничних вредности критичних елемената вучних уређаја, као поуздане методе техничке дијагностике, могуће је смањење ризика од отказа, а тиме и од раскинућа. Како у стручној литератури, и поред анализе појединачних случајева раскинућа, не постоји свеобухватна и систематска анализа узрока раскинућа, ово истраживање је актуелно у домаћим условима експлоатације, где је просечан број раскинућа теретних возова у претходних 15 година око 40 случаја годишње.

## 5. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У поступку реализације научних резултата користиће се следећих савремена опште научно-истраживачке методе и технике истраживања:

- *аналитичке методе - класификације*, којима ће се омогућити систематизација постојећих сазнања о проблему истраживања из постојеће литературе (резултати, практична, научна, техничка и друга достигнућа),
- *методе индукције*, којим се врши реконструкција настанка догађаја који су претходили отказу,
- *статистичка метода* обраде прикупљених података и информација,
- *методе генерализације*, којим се утврђују најбитнији узроци настанка отказа, а врши на основу прикупљених података (нпр. визуелна инспекција оштећења и места настанка истог).
- *експерименталне методе испитивања без разарања*, којима се врше испитивања нпр. пенетрантском методом или методом магнетних честица (ради утврђивања постојање оштећења критичних елемената вучних уређаја).
- *експерименталне методе*, којима се врше испитивања механичких особина материјала на испитним епруветама или критичним елементима вучних уређаја, а утврђене особине се пореде са особинама датим у релевантним прописима.
- *спектометарска испитивања*, којом се врши хемијска анализа ради провере прописаних вредности,
- *металографска испитивања*, којима се врши макроскопска и микроскопска испитивања структуре, утврђује микроструктура елемената и повезује са производним поступцима и особинама испитаних елемената.
- *методе коначних елемената*, која ће се користити за прорачун деформација и напонског стања критичних елемената вучних уређаја,
- *методе компарације*, којом ће се омогућити поређење резултата добијених применом нумеричке анализе МКЕ са вредностима добијеним при испитивању критичних елемената вучних уређаја.

## 6. ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА И НАУЧНИ ДОПРИНОС

Очекивани резултат овог истраживања је утврђивање параметара који утичу на појаву раскинућа, као и величину њиховог утицаја. Применом верификованог МКА модела вучних уређаја могу се за различите услове оптерећења, које се јављају у експлоатацији, дати критичне вредности елемената вучних уређаја који доводе до њиховог лома.

Научни допринос овог истраживања се огледа у квантификацији параметара који утичу на појаву раскинућа и процену настанка раскинућа при познатим условима експлоатације и стања вучних уређаја.

Практични значај ове дисертације огледа се у могућности да се у одређеној мери унапреде постојећи поступци дијагностике и оправке вучних уређаја, на основу сазнања добијених анализом отказа, чиме би се унапредило одржавање и смањили откази вучних уређаја, а самим тим у великој мери и повећала безбедност железничког саобраћаја.

Наведени циљ истраживања представљаће значајан допринос науци с обзиром да не постоји систематско истраживање у овој области. Случајеви раскинућа се у свету и код нас посматрају појединачно, али у случају значајног броја ових појава на годишњем нивоу, потребно је извршити детаљну и свеобухватну систематску анализу, и дати препоруке за спровођење поступака ради њиховог смањења.

Методологија истраживања која ће бити примењена у овој дисертацији биће корисна за будућа истраживања поузданости вучних уређаја железничких возила и ризика од раскинућа железничких композиција.

## **7. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

У првој фази истраживања спровешће се прикупљање и анализа случајева раскинућа из претходног периода и систематизација сазнања из ове области. Анализом већег броја случајева, у периоду који обухвата неколико година, применом методе индукције, на основу извештаја и иследног материјала, као и увида и сазнања из експлоатације и одржавања, извршиће се реконструкција настанка догађаја који су претходили раскинућу. Прикупљени подаци и информације ће се обрадити статистички, а методом генерализације ће се утврдити најбитнији узроци настанка раскинућа и критични делови вучног уређаја на којима долази до раскинућа.

Постојећа литература из области отказа и механике лома железничких компоненти (посебно вучних уређаја) и уздужних динамичких сила ће се прикупити, а подаци класификовати, чиме ће се омогућити систематизација постојећих сазнања о научном стању у области истраживања.

У другој фази истраживања извршиће се прикупљање и анализа података о стању вучних уређаја у експлоатацији. При томе ће се извршити визуелна инспекција оштећења и места настанка истог, димензиона контрола, испитивање методама без разарања (метода магнетних честица) и испитивање механичких карактеристика претходно утврђених критичних делова вучних уређаја. Сломљени делови вучних уређаја ће се обрадити по методологији анализе отказа и лома, што ће обухватити испитивање хемијског састава, металографски и фрактографски преглед и испитивање механичких карактеристика (тврдоће, чврстоће). Приказ и анализа експерименталних резултата, као и компарација са теоријским подацима омогућиће да се успостави зависност одговарајућих вредности и стања делова вучног уређаја на појаву раскинућа.

У трећој фази истраживања развиће се нумерички модел методом коначних елемената (МКЕ) за прорачун деформационог и напонског стања критичних делова вучних уређаја. На основу вредности добијених испитивањем делова вучних уређаја извршиће се валидација нумеричког модела МКЕ експерименталним подацима.

У четвртој фази истраживања генерисаће се закључци и препоруке за смањење броја раскинућа, као и правци даљих истраживања.

Предвиђено је да докторска дисертација има следећу структуру:

1. Увод
2. Преглед доступне литературе и досадашњих релевантних истраживања
3. Преглед и анализа предметних теоријских основа
4. Идентификација и теоријска анализа основних утицајних величина
5. Прикупљање и анализа досадашњих случајева раскинућа и стања вучних уређаја у експлоатацији
6. Развој нумеричких модела у МКЕ
7. Опис експеримента и валидација нумеричког модела
8. Анализа утицаја стања вучних уређаја на појаву раскинућа
9. Закључак и дискусија
10. Литература

## 8. ЗАКЉУЧАК

Анализом пријаве теме кандидата мр Марије Н. Вукшић Поповић, дипл. инж. маш., Комисија за подношење реферата о теми докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена, актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све предвиђене услове прописане Законом о високом образовању и статутом Машинског факултета Универзитета у Београду, и да има научноистраживачке способности за рад на докторској дисертацији.

Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату

**мр Марији Н. Вукшић Поповић, дипл. инж. маш.**

одобри израду докторске дисертације под називом:

**„АНАЛИЗА ОТКАЗА ВУЧНИХ УРЕЂАЈА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА КАО  
ФАКТОР БЕЗБЕДНОСТИ И РИЗИКА ОД РАСКИНУЋА ВОЗА“**

**„FAILURE ANALYSIS OF DRAW GEAR AND SCREW COUPLING OF RAILWAY  
VEHICLES AS A FACTOR OF SAFETY AND TRAINS BREAK RISK“**

Тема припада области техничких наука – машинство. Ужа научна област теме је железничко машинство за коју је матична Катедра за шинска возила Машинског факултета Универзитета у Београду. Сходно ужој научној области предложене теме за ментора докторске дисертације предлаже се др Јован Танасковић, ванредни професор на Катедри за шинска возила, Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 09.03.2021. године.

### **Чланови Комисије**

.....

др Војкан Лучанин, редовни професор  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....

др Драган Милковић, ванредни професор  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....

др Владимир Поповић, редовни професор  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....

др Ненад Радовић, редовни професор  
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....

др Дејан Момчиловић, научни сарадник  
Институт ИМС, Београд

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –  
Број: 349/2  
Датум: 25.02.2021. године  
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу члана 64. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1450/4 од 14.06.2018. године и члана 20. а сагласно члану 29. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду од 24.05.2016.г., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 25.02.2021. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Именује се **др Јован Танасковић, ванредни професор** за ментора докторске дисертације **„Анализа отказа вучних уређаја железничких возила као фактор безбедности и ризика од раскинућа воза“** кандидата **мр Марије Вукшић-Поповић, дипл. инж. маш.**, студента докторских студија.

Одлуку доставити: ментору, докторанту и архиви.

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић