

Чувати до краја 2027. године
 Функција 12, редни број 02
1. 10. 2025. год. пк С. Перић
 (датум) (обрађивач)

пк ред. проф. Бранимир Крстић, дипл.инж.
 гм доц. др Славко Ракић, дипл.инж.
 ред. проф. др Јованка Лукић, дипл.инж.
 ред. проф. др Данијела Милорадовић, дипл.инж.
 пк ред. проф. др Сретен Перић, дипл.инж.

Оцена научне заснованости теме
 докторске дисертације, **ИЗВЕШТАЈ.-**

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ВОЈНЕ АКАДЕМИЈЕ

Одлуком Наставно-научног већа Војне академије Број 17/47, акт ВА бр. 360-243 од 12.09.2025. године одређени смо у комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације студента ДАС Војномашинско инжењерство Александра Ђурића, под радним називом:

„Оцена стања преносника снаге применом недеструктивних алата за анализу нелинеарних вибрација у механичким елементима трансмисије моторних возила”

Након проучавања пријаве теме докторске дисертације у складу са чланом 4. Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације и промоцији доктора наука (СВЛ бр.07/24) подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОЦЕНА ИДЕЈНОГ ПРОЈЕКТА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат је у идејном пројекту докторске дисертације предложио следећи радни наслов теме докторске дисертације **„Оцена стања преносника снаге применом недеструктивних алата за анализу нелинеарних вибрација у механичким елементима трансмисије моторних возила”**.

Основни циљ истраживања која ће бити спроведена у оквиру ове тезе јесте снимање и анализа сигнала нелинеарних вибрација у механичким елементима мењача моторног возила који треба да омогуће оцену стања механичких елемената мењача и давање препоруке о потреби реализације одређеног вида одржавања мењача, како би се пратило тренутно стање или адекватно предупредили или отклонили откази мењача.

Реализација основног циља истраживања биће урађена решавањем следећих задатака:

- Преглед литературе и објављених радова из научних и техничких области у вези са предметом научног истраживања.
- Проучавање нелинеарних вибрација које се простиру кроз крута тела, са акцентом на нелинеарним вибрацијама механичких елемената мењача моторног возила (зупчаници, кратка вратила и лежајеви).

- Моделовање мењача теренског моторног возила ФАП 1118, формуле погона 4x4.
- Мерење нелинеарних вибрација механичких елемената мењача ФАП 1118 у различитим условима експлоатације и поређење добијених резултата са моделом мењача ФАП 1118.
- Анализа снимљених сигнала нелинеарних вибрација механичких елемената мењача ФАП 1118, применом различитих алата за анализу вибрација.
- Доношење закључака о стању механичких елемената мењача возила ФАП 1118, са предлогом активности одржавања механичких елемената мењача појединачно, односно мењача возила у целини, са закључком о применљивости алата за анализу вибрација у наведене сврхе.

1.1. Научни проблем

У докторској дисертацији истраживаће се могућности примене карактеристика нелинеарних вибрација, пренетих кроз крута тела, елемената мењача теренског возила за праћење и оцену стања механичких елемената појединачно и целог мењача моторног возила у целини. Испитивања ће бити урађена на зупчастом мењачу са непокретним осама вратила, возила ФАП 1118, формуле погона 4x4. Поред наведеног, испитаће се и могућност примене вибродијагностичких алата за анализу нелинеарних вибрација у условима стварне експлоатације возила са реалним оптерећењима возила. Експлоатациона оптерећења дају реалнију слику оптерећења мењача и механичких елемената система трансмисије возила.

У почетном делу истраживања пажња ће бити усмерена на критичку анализу досадашњих сазнања из области нелинеарних вибрација, као и тренутног стања у анализи нелинеарних вибрација у области дијагностике механичких елемената мењача моторних возила. Након тога, за потребе истраживања ће бити извршено моделовање механичког мењача возила ФАП 1118, формуле погона 4x4, помоћу ADAMS софтвера за моделовање. Снимљени сигнали вибрација на возилу биће упоређени: са резултатима добијеним моделовањем и са резултатима добијеним помоћу аналитичких једначина које описују стања механичких елемената мењача.

Мерење сигнала нелинеарних вибрација биће реализовано на механичком мењачу са непокретним осама вратила возила ФАП 1118 у стварним условима експлоатације, коришћењем самог моторног возила као испитног стола, чиме се избегава развој посебних испитних столова и смањују трошкови испитивања. На овај начин, смањује се и само време испитивања. Мерења и снимање сигнала нелинеарних вибрација ће се реализовати на следећи начин: мерењем у почетним условима експлоатације моторног возила, са анализом снимљених сигнала и почетном проценом стања механичких елемената мењача; мерењем након пређених 10.000,00 километара, са анализом и тренутном проценом стања механичких елемената у мењачу возила; мерењем након пређених 20.000,00 километара вожње по различитим теренима, са анализом снимљених сигнала, проценом стања механичких елемената мењача и финалном оценом стања целог мењача.

У стварним експлоатационим условима, мерење даје бољу слику о предмету испитивања, јер се анализа ради за реална оптерећења којима су елементи у мењачу изложени. Мерења и анализа нелинеарних вибрација биће урађени за све степене преноса снаге у мењачу возила ФАП 1118.

Након свих наведених мерења, формираће се тренд понашања сигнала вибрација, који ће указати на будућа стања механичких елемената мењача и мењача у целини. Након завршених свих мерења и извршених анализа снимљених сигнала нелинеарних вибрација механичких елемената мењача возила, донеће се одлука и препоруке о потребним нивоима одржавања мењача моторног возила, односно његових појединих механичких елемената.

У склопу анализе нелинеарних вибрација, биће обрађени снимљени сигнали за потребе анализе механичких елемената у мењачу, што треба да да потребне податке за оцену стања мењачког склопа и потребу за неким видом одржавања.

1.2. Предмет истраживања

Научна истраживања која ће бити спроведена у оквиру ове тезе бавиће се проучавањем и анализом нелинеарних вибрација које се простиру кроз крута тела. У овом случају биће коришћен механички мењач са непокретним осама вратила, возила ФАП 1118, формуле погона 4x4 за примену метода за праћење и оцену стања појединих механичких елемената и целог мењача возила. На овај начин могу се оценити могућности примене алата за анализу нелинеарних вибрација, као савремених недеструктивних алата, у оцени стања механичких елемената мењача како би се унапредила предикција отказа и одлучивање о потреби реализације одржавања појединачних механичких елемената и мењача возила у целини. Поред наведеног, испитаће се могућност употребе вибродиагностичких алата за анализу нелинеарних вибрација, када се мерења вибрација реализују у условима стварне експлоатације возила са реалним оптерећењима којима је возило изложено у вожњи. Експлоатациона испитивања дају реалнију слику оптерећења којима је мењач возила изложен али и квалитетнију оцену стања појединачних механичких елемената мењача у односу на лабораторијска испитивања.

У даљим истраживања биће извршено моделовање механичког мењача возила ФАП 1118, формуле погона 4x4, помоћу ADAMS софтвера за моделовање, који ће се користити за поређење снимљених сигнала вибрација на возилу са моделом и за поређење модела са аналитичким једначинама које описују стања механичких елемената мењача.

Механички мењач теренског моторног возила ФАП 1118 који је предмет анализе, од механичких елемената који ће бити анализирани, садржи спрегнуте зупчанике (за сваки степен преноса снаге по један пар зупчаника), кратка вратила и лежајеве на вратилима.

Сходно томе, предмет научног истраживања ће бити:

- Снимање сигнала нелинеарних вибрација за примену алата за анализу вибрација, у стварним условима експлоатације возила и са реалним оптерећењима којима је возило изложено.
- Израда модела мењача моторног возила ФАП 1118, у програмском пакету ADAMS/Car, који ће се бити верификован снимљеним подацима на мењачу возила.
- Анализа снимљених сигнала нелинеарних вибрација употребом алата вибродиагностике, ради идентификације параметара за анализу стања појединачних механичких елемената мењача возила ФАП 1118.
- Извођење закључка о стању механичких елемената мењача на основу реализованих анализа, који треба да дају оцену употребљивости алата вибродиагностике за процену стања механичких елемената мењача возила ФАП 1118.
- Формирање критеријума за процену потребе за неким видом одржавања, на основу добијених анализа које су у склопу испитивања нелинеарних вибрација мењача реализоване.

1.3. Хипотезе и начин њихове провере

Општа хипотеза истраживања гласи:

- Анализа нелинеарних вибрација снимљених на механичком мењачу, са непокретним осама вратила теренског моторног возила ФАП 1118 БС/АВ, 4x4, у стварним условима експлоатације, омогућава процену тренутног стања механичких елемената мењача, давање препоруке и доношење одлуке о потреби реализације неког вида одржавања мењача у целини или његових појединачних елемената.

Посебне хипотезе истраживања су:

- За снимање сигнала нелинеарних вибрација у мењачу возила и анализу снимљених сигнала није потребан развој посебних пробних столова, већ се може користити снимање директно на возилу.
- Снимање и анализа нелинеарних вибрације у стварним условима експлоатације моторног возила омогућавају процену стања механичких елемената мењача како у почетним тако и у каснијим фазама експлоатације моторног возила.
- Употреба недеструктивних алата за анализу нелинеарних вибрација механичких елемената мењача омогућавају процену стања механичких елемената у мењачком преноснику снаге без потребе за изградњом из склопа мењача.

1.4. Методологија истраживања

Имајући у виду предмет и циљ научног истраживања, користиће се следеће методе:

- Метод доказивања као један од најважнијих научних метода, где се утврђује тачност претостављених теза, претоставки и сазнања.
- Методе индукције и дедукције, где се анализом појединачних механичких елемената мењача долази до општег закључка о стању мењача и од општег стања и закључака се извлаче појединачни закључци о стању елемената мењача.
- Методе анализе и синтезе за испитивање теоријских аспеката предмета научног истраживања који се врши на основу теоријских знања.
- Метод апстракције посебних сазнања и закључака о појединачним елементима мењача, односно апстракција механичких елемената из целине мењача као појаве чије се нелинеарне вибрације истражују.
- Метод генерализације, односно уопштавање посебних појмова и сазнања о појединачним механичким елементима мењача где се долази до општих сазнања која имају реалан ослонац у стварности.
- Метода посматрања која омогућава прикупљање довољних података из реалног теренског возила који ће се користити као улазни подаци за развијање Мултибоди модела и за анализу снимљених сигнала.
- Математички метод, за анализу појединачних сигнала у циљу идентификације непознатих параметара система мењача и анализи података добијених експериментом.
- Метода моделовања заснована на Мултибоди моделовању возила коришћењем софтвера ADAMS, биће имплементирана да би се репродуковала иста структура мењача теренског возила.
- Метода дескрипције у описивању појава, стања и резултата истраживања.
- Аналитички модел који се заснива на математичкој једначини ће бити развијен да би се дефинисале карактеристике лежајева мењача који се налази у теренском возилу.
- Експерименталне методе које се заснивају на тестовима који ће се спроводити у циљу:
 - Мерења сигнала нелинеарних вибрација у почетном стању, на пређених 10.000,00 километара и 20.000,00 километара вожње, за потребе анализе снимљених сигнала.
 - Поређење снимљених сигнала и сигнала математичке једначине лежајева, где ће се поредити сигнали добијени аналитичким путем и стварно снимљени сигнали на возилу.
 - Верификације Мултибоди модела мењача возила развијеног у програмском пакету ADAMS-у поређењем снимљених сигнала и сигнала добијених моделовањем.

Ове методе захтевају употребу различитих специфичних сензора за мерење параметара неопходних за студију (највише широкопојасних давача убрзања, како би могао да се сними сигнал нелинеарних вибрација за анализу стања свих појединачних механичких елемената мењача) и коришћење мерне опреме широког спектра снимања (Quantum, NetdB12, итд.) са одговарајућим софтверским алатима за анализу вибрација у временском и фреквентном домену (Catman, dBFA Suite 4.8.1, итд.).

1.5. Програм научног истраживања

Истраживање ће бити реализовано кроз пет фаза.

- 1. фаза – Прелиминарно истраживање, преглед анализе нелинеарних вибрација код преносника снаге, посебно код мењачких преносника возила.*

У првој фази, потребно је критички анализирати досадашња истраживања у наведеној области, навести значај примене анализе нелинеарних вибрација код мењачких преносника и Мултибоди моделовања преносника снаге.

- 2. фаза – Проучавање општих алата за обраду сигнала нелинеарних вибрација снимљених на мењачком преноснику.*

У овој фази биће спроведена истраживања неких од савремених алата вибродијагностике, као што су Брза Фуријеова анализа (ФФТ), кепструм анализа, дијаграми „водопада” и други, како би се дала општа слика применљивих алата за планиране анализе снимљених сигнала нелинеарних вибрација. Поред овога, даће се и преглед очекиваних неисправности вратила и лежајева, који ће бити у каснијим анализама тражени и препознавани у будућим анализама нелинеарних вибрација механичких елемената. Механички елементи који се налазе у мењачу испитиваног возила неопходни за моделовање, анализу и примену вибродијагностичких алата, биће идентификован као и њихове карактеристике.

- 3. фаза – Моделовање мењача возила у ADAMS -у*

У оквиру ове фазе биће реализовано моделовање мењача возила, где ће сви механички елементи бити моделовани појединачно, један по један и уклопљени у општи модел мењача возила. У овај модел биће интегрисане све карактеристике елемената, како би се сигнал снимљен у условима мерења могао поредити са сигналом добијеним моделовањем мењача. На овај начин биће верификован развијени модел.

- 4. фаза – Анализа снимљених сигнала нелинеарних вибрација у мењачу*

Током ове фазе биће извршена анализа снимљених сигнала нелинеарних вибрација у мењачу возила, у свим степенима преноса снаге мењача моторног возила. Анализа ће се посебно реализовати за појединачне механичке елементе мењача: зупчанике, вратила и лежајева. Добијени резултати ће биће међусобно упоређени у сва три мерења реализована на возилу.

5. фаза – Сагледавање и оцена стања механичких елемената мењача возила и процена потребе за одржавањем

У оквиру последње фазе, биће сагледано стање механичких елемената мењача и биће оцењено њихово стање кроз сва мерења у стварним услоавима експлоатације возила. Након сагледавања стања механичких елемената мењача, биће дата процена за потребним одржавањем поједних елемената.

1.6. Очекивани доприноси дисертације

Сходно дефинисаном предмету научног истраживања очекивани научни резултати и могућности њихове примене огледаће се у следећем:

- Анализа нелинеарних вибрација на мењачу возила, потврдиће могућност примене употребе вибродијагностичких алата у оцени стања поједначних механичких елемената мењача возила.
- Анализа нелинеарних вибрација механичких елемената мењача оптимизује потребно време испитивања и трошкове испитивања мењача.
- Дефинисање теоријских модела који описују научне и техничке аспекте у вези са предметом научног истраживања.
- Биће развијен математички модел за одређивање карактеристика постојећих лежајева у мењачу теренског возила.
- Извршиће се Мултибоди моделовање механичког мењача возила у софтверу ADAMS, који ће бити верификован експерименталном тестовима.
- Извршиће се потврђивање методе анализе вибрација за процену стања зупчаника у мењачима.

1.7. Литература

У идејном пројекту докторске дисертације наведено је двадесет пет релевантних библиографских извора који ће се користити приликом њене израде. Наведени библиографски извори покривају области које су наведене у предмету истраживања, у складу су са методологијом која ће бити примењена и начинима провере резултата. За потребе истраживања ће бити коришћени и други релевантни и интерни литературни извори.

1.8. Закључак о подобности теме

На основу анализе идејног пројекта докторске дисертације, Комисија је закључила:

- изабрани проблем истраживања представља научни проблем;
- проблем је добро дефинисан и повезан са постојећим сазнањима из области пројектовања моторних возила;
- основна хипотеза је релевантна у односу на дефинисани проблем истраживања;
- одабране методе и програм истраживања омогућавају проверу хипотезе;
- наведена литература је релевантна за предмет истраживања;
- наслов теме одговара предмету истраживања и
- дисертација припада научној области Машинско инжењерство, ужа научна област Моторна возила и мотори.

2. ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА

2.1. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Александар Слободан Ђурић рођен је 2. 9. 1978. године у Шапцу, у Републици Србији. Завршио је Војну академију, Одсек логистика, у Београду 2002. године, где је стекао звање дипломирани машински инжењер. Диплому магистра техничких наука стекао је на Машинском факултету у Београду, 2014. године. Запослен је као официр, потпуковник, у Војној академији Универзитета одбране у Београду. Говори и пише енглески и говори и чита руски језик. Оспособљен је и самостално користи програмске језике (Matlab, Visual Basic) и програмске пакете за моделовање, нумеричке прорачуне и анализу (SolidWorks, Catia, ADAMS).

2.2. Објављени радови кандидата

1. Александар Ђурић, Сретен Перић, Момир Дракулић, Александар Буквић, Снежана Јовановић, „Contribution of using Vibration Diagnostic Tools in Assessing the Condition of Gear Elements in Off-Road Vehicle Gearboxes”, časopis: Measurement science review, DOI: 10.2478/msr-2025-0008, M23, 2025.
2. Момир Дракулић, Сретен Перић, Александар Ђурић, Славко Ракић, „Track–terrain interaction during steering of high-speed tracked vehicles: Numerical modeling and experimental validation”, časopis: Measurement, DOI: 10.1016/j.measurement.2025.118225, M21a, 2025.
3. Momir M. Drakulić, Aleksandar S. Đurić, Luka M. Ponorac, Abdeslem B. Benmeddah, Sreten R. Perić, Modeling and simulation of hydraulic buffering valve for power-shift transmission (Modeliranje i simulacija rada modulatora pritiska kod menjačkih prenosnika sa promenom stepena prenosa bez prekida toka snage), Military Technical Courier, Vol. 71, No. 2 (2023), pp. 417-438, DOI: 10.5937/vojtehg71-43175, M24.
4. Абдеслем Бенмедах, Весна Јовановић, Сретен Перић, Момир Дракулић, Александар Ђурић, Драган Маринковић, „Mathematical modeling and simulation of a half-vehicle suspension system in the roll plane”, časopis: Applied Sciences, DOI: 10.3390/app14156479, M21, 2024.
5. Мирослав Демић, Александар Ђурић, Александар Гркић, Момир Дракулић, Славко Муждека, „Contribution to the research of an acceptable test for the identification of the behavior parameters of truck vehicle”, Mobility & Vehicle Mechanics, Vol. 48, No. 1, (2022), pp 1-17 doi: 10.24874/mvm.2022.48.01.01.

2.3. Закључак о подобности кандидата

Кандидат је положио све испите на докторским академским студијама Војномашинско инжењерство и успешно је реализовао садржаје студијског истраживачког рада. До сада је објавио више од двадесет научних и стручних радова (достављени уз пријаву теме дисертације), од чега издвајамо два рада у водећем међународном часопису (категорије M21a и M21), један у научном националном часопису међународног значаја (категорије M23), и два рад у водећем националном часопису (категорије M24). Објављени радови кандидата су везани за област истраживања докторске дисертације.

Комисија сматра да је кандидат подобан за израду докторске дисертације.

3. ПРЕДЛОГ МЕНТОРА СА ОБРАЗЛОЖЕЊЕМ

Кандидат је предложио да се за ментора докторске дисертације именује пуковник редовни професор др Сретен Перић, дипл. инж. и у пријави докторске дисертације се налази сагласност поменутог наставника (акт ВА број 6344-1 од 25.07.2025. године).

Наведени наставник је кандидату током докторских студија изводио наставу из предмета: Методе и организација научноистраживачког рада, Одабрана поглавља из теорије кретања специјалних возила, Пројектовање борбених возила. Са њим је кандидат током докторских студија реализовао садржаје из студијског истраживачког рада 1 и 2. Такође, са наведеним наставником је кандидат током докторских студија објавио четири рада у водећим, међународним и националним часописима.

Пуковник редовни професор др Сретен Перић, дипл. инж. је наставник Војне академије, Универзитета одбране у Београду, а у наставном процесу је ангажован на основним, мастер и докторским академским студијама. Његове области истраживања су моторна возила, мотори и развој и пројектовање моторних возила. До сада има 11 објављених радова у научним часописима међународног значаја категорије M20, преко 40 саопштења на међународним скуповима категорије M30, 4 рада у националном часопису међународног значаја категорије M24, 11 радова у часописима националног значаја категорије M50 и преко 15 саопштења на скуповима националног значаја категорије M60. Наведени научни радови су до сада цитирани преко 50 пута у другим научним радовима. Био је ментор за израду једне докторске дисертације, више завршних мастер радова и преко тридесет дипломских и завршних радова на основним академским студијама. Рецензирао је радове у научним часописима међународног значаја (*Journal of the Balkan tribological association, International Journal of Thermal Sciences*), у научним националним часописима међународног значаја (*Military Technical Courier, Tribology in industry*), у научним часописима националног значаја (*Scientific Technical Review, Military Technical Courier*) и радове на међународним научним конференцијама (*ОТЕН, BALKANTRIB, SERBIATRIB*). Био је члан истраживачких тимова шест пројеката реализованих на Војној академији и руководиоца једног пројекта реализованог на Војној академији. Израдио је уџбеник „Мотори и моторна возила“ и практикум „Основи борбених возила“. Налази се на списку ментора студијског програма докторских академских студија Војномашинско инжењерство, Војне академије.

4. УЖЕ НАУЧНЕ ОБЛАСТИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

КОМИСИЈА	УЖА НАУЧНА ОБЛАСТ
пуковник, редовни професор др Бранимир Крстић, дипл.инж.	Ваздухопловно машинство (изабран 5.6.2025. године на Војној академији, Универзитета одбране у Београду)
генерал мајор, доцент др Славко Ракић, дипл. инж.	Моторна возила и мотори (изабран 18. 11. 2021. године на Војној академији, Универзитета одбране у Београду)
редовни професор др Јованка Лукић, дипл. инж.	Моторна возила и Друмски саобраћај (изабрана 29. 9. 2011. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу)
редовни професор др Данијела Милорадовић, дипл. инж.	Моторна возила и мотори (изабрана 28. 4. 2022. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу)
пуковник редовни професор др Сретен Перић, дипл. инж.	Моторна возила и мотори (изабран 2. 4. 2020. године на Војној академији, Универзитета одбране у Београду)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОЗИ КОМИСИЈЕ

На основу претходног Комисија констатује:

- кандидат Александар Ђурић, испуњава услове за израду докторске дисертације,
- предложена тема и замисао решавања постављеног проблема у потпуности одговарају нивоу докторске дисертације,
- предложена тема припада пољу техничко-технолошких наука, научној области Машинско инжењерство, ужој научној области Моторна возила и мотори.

Комисија предлаже да се кандидату Александру Ђурићу, одобри израда докторске дисертације под називом:

„Оцена стања преносника снаге применом неструктивних алата за анализу нелинеарних вибрација механичких елемената система трансмисије моторних возила”

Комисија предлаже да се за ментора именује пк ред. проф. др Сретен Перић, дипл. инж.

Београд, 1. 10. 2025. године



КОМИСИЈА:

пк ред. проф. др Бранимир Крстић, дипл. инж.

гм доц. др Славко Ракић, дипл. инж.

ред. проф. др Јованка Лукић, дипл. инж.

ред. проф. др Данијела Милорадовић, дипл. инж.

пк ред. проф. др Сретен Перић, дипл. инж.

Достављено:

- Наставно-научном већу Војне академије,
- Катедри ВМИ (е/р),
- а/а.