

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

928/4

(Број захтева)

14.07.2022. године

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

МИЛИЦА (МИЛУТИН) МАРЈАНОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МИЛИЦА (МИЛУТИН) МАРЈАНОВИЋ**

уписана на Докторске студије 2009. год.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРИМЕНЕ НАНОМАТЕРИЈАЛА НА ОЈАЧАЊА КОМПОЗИТА УГЉЕНИЧНО ВЛАКНО – ЕПОКСИ СМОЛА

Универзитет је дана 27.08.2018. год. својим актом под бр. 61206-3489/2-18 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРИМЕНЕ НАНОМАТЕРИЈАЛА НА ОЈАЧАЊА КОМПОЗИТА УГЉЕНИЧНО ВЛАКНО – ЕПОКСИ СМОЛАКомисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МИЛИЦЕ (МИЛУТИН) МАРЈАНОВИЋ**
(име, име једног од родитеља и презиме)Образована је на седници одржаној 23.06.2022. године, одлуком факултета под бр. 928/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
Др Лидија Матија	ред. проф.	Биомедицинско инжењерство	Машински факултет Београд
2. Др Зијах Бурзић	научни саветник	Технологија материјала	Војнотехнички институт Београд
3. Др Александра Васић Миловановић	ред. проф.	Техничка физика	Машински факултет Београд
4. Др Ивана Станковић	доцент	Биомедицинско инжењерство	Машински факултет Београд
5. Др Бранислава Јефтић	доцент	Биомедицинско инжењерство	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 14.07.2022. године.ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАпроф. др Владимир Поповић

- Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 928/4
Датум: 14.07.2022. године
Београд, Краљице Марије 16

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 – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: др Лидија Матија, ред. проф., ментор, др Зијаж Бурзић, научни саветник, ментор, Војнотехнички институт Београд, др Александра Васић-Миловановић, ред. проф., др Ивана Станковић, доц. и др Бранислава Јефтић, доц. о оцени докторске дисертације **„Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита угљенично влакно - епокси смола“** студента докторских студија **Милице Марјановић, дипл. инж. маш.**, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 14.07.2022. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРИМЕНЕ НАНОМАТЕРИЈАЛА НА ОЈАЧАЊА КОМПОЗИТА УГЉЕНИЧНО ВЛАКНО - ЕПОКСИ СМОЛА“** студента **МИЛИЦЕ МАРЈАНОВИЋ, дипл. инж. маш.**

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата
Милице М. Марјановић, дипл.инж.маш.,
студента докторских студија

Одлуком број 928/2 од 23.06.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милице М. Марјановић под насловом

**„Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита
угљенично влакно – епокси смола“**

Након прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Милица М. Марјановић (девојачко Драгојевић), дипл.инж.маш., уписала је Докторске академске студије Машинског факултета Универзитета у Београду школске 2009/10. године. Положила је испите из свих предмета предвиђених наставним планом и програмом за ниво Докторских академских студија са просечном оценом 9,93 (девет и 93/100).

Кандидат је од уписа на докторске студије у школској 2009/10. години, редовно уписала другу годину (школска 2010/11. година), обновила другу годину (школска 2011/12. година), уписала трећу годину (школска 2012/13. година). У школској 2013/14. години јој је одобрен статус мировања за трећу годину (решење 9/9905, од 21.11.2013.), као и у школској 2014/15. години (решење 9/10554, од 22.09.2015.). Обновила је трећу годину у школској 2015/16. години и положила све испите. У школској 2016/17. години јој је одобрен статус мировања за трећу годину (решење 9/12137, од 29.06.2017.) Обновила је други пут трећу годину у школској 2017/18. години. Продужење статуса студента на Докторским студијама одобрено јој је у школској 2018/19. години (решење 1905/1, од 28. 08.2018.), 2019/20. години (решење 9/14966, од 19.09.2019.), 2020/21. години (решење 9/1540, од 2.09.2020.) и 2021/22. години (решење 9/16978, од 21.09.2021.).

Кандидат је поднео захтев за одобрење теме докторске дисертације број 1285/2 од 28.05.2018. године Катедри за биомедицинско инжењерство Машинског факултета

Универзитета у Београду. Кандидат је за менторе предложила др Лидију Матију, редовног професора Машинског факултета Универзитета у Београду и др Зијаха Бурзића, научног саветника, Војнотехнички институт у Београду. На основу сагласности Катедре за биомедицинско инжењерство број 1285/3 од 06.07.2018. Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је одлуку бр. 1285/4 од 12.07.2018. којом је прихваћена тема докторске дисертације под називом „Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита угљенично влакно – епокси смола“ докторанда Милице Марјановић и за менторе су именовани др Лидија Матија, ред. проф. и др Зијак Бурзић, научни саветник, ВТИ Београд. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 27.08.2018. године донело Одлуку број 61206-3489/2-18 да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације Милице Марјановић дипл. инж. маш. На основу обавештења др Лидије Матије, ред. проф. ментора, да је кандидат завршила докторску дисертацију као и предлога Катедре за биомедицинско инжењерство, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је Одлуку број 928/2 од 23.06.2022. године о именовању Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Лидија Матија (ментор), редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду
- др Зијак Бурзић (ментор), научни саветник, Војнотехнички институт Београд
- др Александра Васић-Миловановић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду
- др Ивана Станковић, доцент Машинског факултета Универзитета у Београду
- др Бранислава Јефтић, доцент Машинског факултета Универзитета у Београду

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација **„Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита угљенично влакно – епокси смола“** припада области техничких наука -машинство и ужој научној биомедицинско инжењерство и нанотехнологије, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

Израдом докторске дисертације руководила је др Лидија Матија, редовни професор групе предмета из биомедицинског инжењерства на Катедри за биомедицинско инжењерство, Машинског факултета Универзитета у Београду, која је као аутор или коаутор до сада публиковала 39 радова на SCI листи и др Зијак Бурзић, научни саветник, Војнотехнички институт Београд, који је као аутор или коаутор до сада публиковао 54 рада на SCI листи.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Милица Марјановић (девојачко Драгојевић) рођена је 1.3.1963. године у Београду, где је завршила Основну школу „Ратко Митровић“ и Девету београдску гимназију (математичко-технички смер). Дипломирала је, као редован студент у предвиђеном року, 1986. године на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за аутоматско управљање са просечном оценом 9,68. У току студија је сваке школске године добијала награду за изузетан успех. Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2009/10. године на Модулу за Биомедицинско инжењерство. Одлуком Министра одбране, 2009. године

додељена јој је стипендија за школовање на докторским академским студијама. Испите предвиђене програмом докторских студија положила је са просечном оценом 9,93.

Од априла 1987. године запослена је у Војнотехничком институту (тада Ваздухопловно-техничком институту) на месту водећег истраживача у Сектору за ваздухоплове. Ангажована је на истраживачким задацима: "Истраживање утицаја примене наноматеријала на средствима НВО", "Истраживање могућности употребе дронова за потребе ЕД као и критично беспосадно снабдевање", а као сарадник ангажована је и на другим истраживачким, функционалним и развојним задацима у Војнотехничком институту. У области нанотехнологија ангажована је на истраживањима у области примене наноматеријала на механичке карактеристике конструкционих композитних материјала за израду летелица. Била је члан више радних тимова на задацима пројектовања система за управљање летелицама. Ради у програмима за математичко моделирање, симулацију објеката и процеса и синтезу система управљања (ADSIM језик за симулацију у реалном времену; Matlab Simulink, LabView, Mathematica, Origin, GOM Correlate. ...). Била је у периоду 2011-2014. године члан радног тима пројекта МНТР ТР 36050 "Истраживање и развој система беспилотних летелица у функцији надзора саобраћајне инфраструктуре". Изабрана је у научно звање истраживач сарадник 11.1.2012. године на 112. седници НВ ВТИ, а потом и реизабрана 12.05.2015. године на 143. седници НВ ВТИ.

Као аутор или коаутор до сада је учествовала у изради и публикацији у часописима или на међународним научним скуповима укупно 12 радова (категорије: М13, М21, М23, М33, М51); члан је тимова за 2 техничка и развојна решења (М81, М85). Аутор или коаутор је десетак интерних извештаја и елабората у Војнотехничком институту.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милице М. Марјановић, дипл.инж.маш., под насловом **„Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита угљенично влакно – епокси смола“** написана је на српском језику, изложена је на 127 страна формата А4, садржи 165 слика и дијаграма, 94 табеле, 19 нумерисаних израза и списак од 81 коришћеног референтног литературног извора.

Докторску дисертацију чине следећа поглавља:

1. Увод
2. Теоријски део
3. Експериментални део
4. Резултати, нумеричка анализа резултата и дискусија
5. Закључак
6. Литература

Осим наведеног, докторска дисертација садржи резиме на српском и енглеском језику, кључне речи, индекс скраћеница и ознака, садржај, биографију аутора, Изјаву о ауторству, Изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу, *Увод*, дефинисан је предмет рада, истакнут значај истраживања, циљ рада, допринос и актуелност истраживања.

У другом поглављу, *Теоријски део*, дат је кратак преглед историјског развоја композитних материјала, преглед актуелних технологија израде композита, као и најчешће коришћених сировина – материјала. Посебан акценат је стављен на композите угљенично влакно – епокси смола као основу за израду летелица. Описана су својства и могућности примене неорганских фулерена, а нарочито волфрам дисулфида, као потенцијалног ојачања у композитним материјалима.

У трећем поглављу, *Експериментални део*, наведени су коришћени материјали, описан је процес припреме танких филмова употребом растварача и ултразвучне деагломерације волфрам дисулфида уз додавање ПВБ. Затим је описан технолошки поступак добијања вишеслојних ламинираних композитних структура угљенично влакно - епокси смола - ПВБ са и без наночестица IF-WS₂ и наноцеви INT-WS₂. Дат је и опис метода и опреме коришћене за карактеризацију и тестирање композитних материјала.

У четвртном поглављу, *Резултати, нумеричка анализа резултата и дискусија*, презентовани су и анализирани комплетни резултати лабораторијских испитивања и то за све наведене методе карактеризације.

У петом поглављу, *Закључак*, сумирани су добијени резултати из приказаних истраживања и дати детаљни закључци са критичком анализом остварених резултата истраживања. Истакнут је научни допринос дисертације, као и могућност примене остварених резултата.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација под насловом „**Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита угљенично влакно – епокси смола**“ кандидата Милице М. Марјановић, дипл.инж.маш., представља савремен и оригиналан допринос у области наноматеријала. Услед изузетних механичких својстава, неоргански фулерени, као што је волфрам дисулфид, препознати су као потенцијални ојачавајући пуниоци различитих композита. У облику неорганских фулеренских честица, са јединственом морфологијом и сферичном затвореном структуром, IF-WS₂ је хемијски инертан и веома еластичан, па као такав, има широк спектар примене: за повећање чврстоће, смањење трења, као чврсти лубрикант, у антикорозионој заштити, итд. Изузетна механичка својства поседују и вишеслојне наноцеви овог једињења INT-WS₂, те је у овом раду, поред фулеренских наночестица, коришћен волфрамдисулфид и такве структуре.

Истраживање у оквиру ове дисертације испитује утицај примене малих концентрација неорганских вишеслојних фулеренских наночестица и наноцеви волфрам дисулфида IF-WS₂ и INT-WS₂, унетих помоћу раствора ПВБ у ламинирани композит од карбон - епоксидног препрега у циљу побољшања механичких карактеристика композита од комерцијално доступног препрега. Ове честице су познате по изузетној термичкој, хемијској и механичкој отпорности на висок притисак и ударце као и сувом подмазивању.

Допринос овог рада представља испитивање новог, лабораторијски обликованог композитног материјала угљенична влакна – епокси смола – ПВБ – наноструктуре WS₂. Одређене су механичке карактеристике материјала према одговарајућим стандардима. Изведена је анализа добијених резултата, а на основу изгледа преломних површина узорака анализиран је настанак и развој оштећења чиме су потврђени сви механизми оштећења карактеристични за овакву врсту материјала.

Показало се да додавање малих концентрација IF-WS₂ и INT-WS₂ повољно утиче на механичке карактеристике композитног материјала угљенична влакна - епокси смола. Побољшане су механичке карактеристике композита у неким правцима оријентације нити, као и термичке отпорности чиме је остварен циљ истраживања у оквиру ове докторске тезе.

У оквиру докторске дисертације примењени су савремени истраживачки поступци уз коришћење најновијих софтвера за обраду резултата.

Оригиналност добијених резултата у оквиру дисертације потврђују радови који су публиковани и саопштени на међународним научним скуповима или објављени на SCI листи.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Анализом списка литературе која је коришћена током израде докторске дисертације може се закључити да је кандидат имала на располагању веома обимну, савремену и релевантну литературу из области нанотехнологија, науке о материјалима, које указују на актуелност истраживања у испитиваној области. Већина референци представљају научне радове објављене у врхунским међународним часописима са тематиком значајном за израду докторске дисертације. Истраживања приказана у наведеним референцама су коришћена за планирање експерименталног рада, анализу и тумачење резултата добијених током израде докторске дисертације и извођење закључака. Такође, у наведеној литератури наведене су књиге и релевантни прегледни радови ранијег датума, који представљају базична сазнања из предметне области и полазну основу за тумачење експерименталних резултата. Прегледана обимна литература и приложени објављени радови указују на адекватно познавање предметне области истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру реализације експерименталног дела докторске дисертације коришћене су како већ познате, тако и ситуацији прилагођене методе за израду и обраду композита, као и бројне методе за карактеризацију хибридних нанокомпозитних материјала:

- При изради узорака примењено је ултразвучно дисперговање и деагломерација IF-WS₂ и INT-WS₂ помоћу ултразвучне сонде *Badelin SonoPuls* у растварачу у ком је касније растворен ПВБ, а хомогенизација настављена на магнетној мешалици. Из добијених раствора направљени су узорци у форми танког филма. Ови раствори коришћени су и за премазивање препрега за потребе израде вишеслојних ламинираних композитних структура;

- Пресовање на хидрауличној преси Белишће: узорци препрега, након што су премазани раствором ПВБ без и са наночестицама IF-WS₂ и INT-WS₂, подвргнути су пресовању у контролисаним условима - под дефинисаним притиском и на дефинисаној температури, у трајању дефинисаног времена, како би формирали компактне вишеслојне ламиниране композитне структуре;

- Одређивање величине и расподеле величине наночестица IF-WS₂ и INT-WS₂ извршено је применом ласерског дифракционог анализатора *PSA 1190 LD, Anton Paar*;

– Применом ФТИР спектроскопије најпре је анализиран узорак у форми танког филма ПВБ са и без WS_2 , да би се потврдило одсуство хемијске реакције, односно да се потврди компатибилност ова два конституента композита, а потом су анализирани ФТИР спектри препрега са и без ПВБ, и са и без наночестица. Коришћен је ФТИР уређај *Nicolet iS10* са *ATP* методом/техником узорковања;

– Анализа квалитета дисперзије и деагломерације наночестица WS_2 у ПВБ, је извршена применом скенирајуће електронске микроскопије са енергетско-дисперзивним спектрометријом, СЕМ/ЕДС. Коришћен је СЕМ уређај *SEM JEOL JSM 6610LV* са ЕДС спектрометријом *OXFORD X-Max* који ради са софтвером *Aztec*;

– Помоћу стерео микроскопа *Leica* (камера *Leica DFC295, Metalloplan, Germany*) су посматране површине епрувета, квалитет импрегнације и површине карактеристичних прелома епрувета након испитивања ради анализе механике лома;

– Динамичко-механичка термичка анализа (ДМТА) извршена је у циљу сагледавања вискоеластичног понашања вишеслојних ламинираних композита са ПВБ, ПВБ/IF- WS_2 и ПВБ/INT- WS_2 , одређивањем модула сачуване и изгубљене енергије, механичког модула губитака и температуре остакљивања. Коришћен је ДМТА уређај нове генерације, *Modular Compact Rheometer MCR-302, Anton Paar*;

– Затезна својства чврсте смоле система ПВБ/епокси смола са наночестицама IF- WS_2 и INT- WS_2 и без њих су испитане према одговарајућем АСТМ стандарду за затезање на кидалици *INSTRON 1122*;

– Испитивања затезних карактеристика композита са и без наночестичног ојачања према АСТМ стандарду су вршена на сервохидрауличкој кидалици *SHIMADZU SERVO PULSER* а деформација је мерена екстензометром *SHIMADZU SG 50-100*;

– Одређивање Поасоновог коефицијента композита са и без наночестичног ојачања је вршено на кидалици *SCHENK TREBEL RM 100*, са мерним розетама произвођача *HBM*. Сигнали су обрађивани на уређају *MGCplus HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik, Germany)*;

– Испитивања на савијање и интерламинарну чврстоћу композита са и без наночестичног ојачања су вршена према АСТМ стандардима на електромеханичкој кидалици *SCHENK TREBEL RM 100*;

– Одређивање ударне жилавости композита са и без наночестичног ојачања извршено је на Шарпијевом клатну *SCHENK TREBEL*.

Из наведених метода, може се закључити да је у оквиру експерименталног дела дисертације спроведена поступна, опсежна и темељна анализа испитиваних композитних материјала, од прелиминарне анализе технологије израде композита и испитивања компатибилности прекурсора, до детаљне карактеризације макроскопских узорака новодобијених композитних материјала. Примењене су савремене методе карактеризације и уређаји нове генерације, а испитивања су спроведена у складу са АСТМ стандардима за испитивање материјала. Испитивања су вршена на довољном броју узорака, па се може рећи да су добијени резултати статистички и суштински валидни.

3.4. Применљивост остварених резултата

Експериментални подаци и истраживања спроведена у оквиру ове дисертације значајно доприносе бољем разумевању утицаја фулеренских наночестица и наноцеви волфрама дисулфида на термо-механичка својства како самог термопластичног полимера ПВБ, тако и на особине вишеслојних ламинираних композитних структура

на бази препрега угљенично влакно-епокси смола и ПВБ. Истраживања у оквиру ове дисертације обухватила су темељно испитивање могућности примене неорганских фулерена као ојачања композитних материјала на бази препрега угљенично влакно-епокси смола и ПВБ. За потребе истраживања, узорци препрега су премазивани раствором ПВБ у погодном растварачу (етанолу) без и са наночестицама IF-WS₂ и INT-WS₂ у различитим концентрацијама које су оптималном техником ултразвучно дисперговане и деагломерисане. Испитана су побољшања механичких својстава. На основу анализе експерименталних резултата може се закључити да је остварен велики допринос унапређењу механичких карактеристика материјала за израду летелица. Циљ истраживања у оквиру ове докторске тезе, испитивање утицаја наноојачања на побољшање динамичко-механичких својстава ламинираних композита додатком у виду неорганских фулерена, успешно је реализовано, чиме се отвара могућност примене новодобијених композитних структура у областима где су потребне изузетне перформансе материјала и изражена моћ апсорбовања удара, као што је ваздухопловство.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације докторанд је показао способност за самостални научно истраживачки рад, као и да има смисао и знање неопходно да самостално препозна и систематски решава инжењерске и научне проблеме примењујући савремене методе теоријског и експерименталног карактера, да користи расположиву литературу и да успешно влада савременим истраживачким методама потребним за даљи научно-истраживачки рад. То је потврђено како испитима које је докторанд положио на последипломским студијама, тако и бројним објављеним научно-стручним радовима

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Највећи научни допринос кандидата је да је по први пут примењен волфрам дисулфид у форми фулеренских наночестица и вишеслојних наноцеви као ојачање поли (винил бутирала), односно као ојачање вишеслојних ламинираних структура комерцијално доступног препрега угљенично влакно - епокси смола, и приказан је у поглављу 4 дисертације, а објављен је у раду "*Inorganic fullerene-like nanoparticles and nanotubes of tungsten disulfide as reinforcement of carbon-epoxy composites*", у часопису Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures, (Published online May 2021), категорије M23 и доступан је на е-адреси <https://doi.org/10.1080/1536383X.2021.1928644> . Други научни допринос се односи на побољшање карактеристика затезне чврстоће, модула еластичности, смицајне чврстоће и ударне жилавости код композита са уздужно оријентисаним влакнима материјала са додатим IF-WS₂ и INT-WS₂ у односу на узорке без наночестичног ојачања. Са друге стране за композитне узорке са попречно укрштеним влакнима, приметно је побољшање у смицајним и карактеристикама на савијање док се остале карактеристике већином у паду или неизмењене.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања спроведена у оквиру ове докторске дисертације спадају у веома актуелно поље истраживања у области композитних материјала и уопште, у области одбрамбених технологија. Предмет дисертације је добијање нанокомпозитних материјала са побољшаним механичким својствима. Поред охрабрујућих резултата испитивања ефекта фулеренских наночестица волфрам дисулфида на својства ПВБ, резултати карактеризације композита различитим методама (ДМТА, испитивање ударне жилавости и затезних, савојних и интерламинарних карактеристика) указују на побољшање карактеристика композита угљенично влакно - епокси смола након додатка IF-WS₂ односно INT-WS₂. То значи да је успешно реализован циљ дисертације: истраживање утицаја додатка фулеренских наночестица и нанопрови волфрам дисулфида и добијање новог нанокомпозитног материјала.

Ослањањем на досадашња сазнања о изузетним механичким својствима фулеренских наночестица и вишеслојних нанопрови волфрам дисулфида, које су у доступној литератури испитане као ојачање различитих полимерних материјала, дошло се на идеју о њиховој примени као ојачања у композитним материјалима који се користе за израду летелица. Како до сада у свету нису коришћене у сложеним структурама као што су композити израђени од готових препрега, може се извести закључак да су резултати у овој докторској дисертацији оригинални, иновативни и значајни са научног аспекта. Процесирање, карактеризација узорака и испитивања извршени су на најсавременијим уређајима у лабораторијама Војнотехничког института у Београду. У изради узорака нових композитних материјала који су предмет испитивања у експерименталном делу ове дисертације, коришћени су материјали светски познатих и признатих произвођача, високог квалитета. Резултати истраживања ове докторске дисертације значајно унапређују постојећа научна знања из области композитних материјала. Сагледавањем циљева и постављених хипотеза у односу на добијене резултате, може се констатовати да приказана истраживања у потпуности задовољавају критеријуме једне докторске дисертације. Увидом у доступну литературу из предметне области, као и у резултате који су добијени применом адекватне методологије, може се констатовати да су коришћене методе у складу са савременим методама и релевантним стандардима.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси предметне докторске дисертације су верификовани следећим радовима:

Категорија M10:

1. Danica M. Simić, Dušica B. Stojanović, Novica Ristović, Milorad Zrilić, Zijah Burzić, Milica Marjanović, Petar S. Uskoković, and Radoslav Aleksić, *Ballistic composites reinforced with inorganic nanotubes of tungsten disulfide*, a book chapter in the Springer Book “*Advance Materials for Defense: Development, Analysis and Applications*”, edited by R. Figueiro, S. Rana, 2019/20. Springer Proceedings in Materials, ISBN 978-3-030-34123-7 ISSN 2662-3161 pp.35-44
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-34123-7> (категорија M13)

Категорија M20:

2. Danica Simić, Dušica Stojanović, Mirjana Dimić, Katarina Mišković, Milica Marjanović, Zijah Burzić, Petar Uskoković, Alla Zak, Reshef Tenne, *Impact resistant*

hybrid composites reinforced with inorganic nanoparticles and nanotubes of WS₂, Composites Part B-Engineering, 176 (2019), pp.1-9, ISSN 1359-8368, **IF (2018) = 6.864** <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107222> (**категорија M21a**)

3. Marjanović Milica, Bajić Danica, Perković Srđa, Fidanovski Bojana, Burzić Zijah, Matija Lidiya, Bekrić Dragoljub, "*Inorganic fullerene-like nanoparticles and nanotubes of tungsten disulfide as reinforcement of carbon-epoxy composites*", Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures, (Published online May 2021), ISSN:1536-383X **IF (2020) = 1,869** <https://doi.org/10.1080/1536383X.2021.1928644> (**категорија M23**)

Категорија M30:

4. Danica M. Simić, Dušica B. Stojanović, Novica Ristović, Milorad Zrilić, Zijah Burzić, Milica Marjanović, Petar S. Uskoković, Radoslav Aleksić, *Ballistic composites reinforced with inorganic nanotubes of tungsten disulfide*, AuxDefense 2018 - 1st World Conference on Advanced Materials for Defense, 03.-04.09.2018. Lisabon, Portugal, pp. 209-210., ISBN 978-989-20-8666-8 (**категорија M33**)
5. Milica Marjanović, Danica Simić, Srdja Perković, Jela Galović, Zijah Burzić, Ana Tasić, Sladjan Grga, *Analysis of use of carbon-epoxy composites reinforced with nano-structures of tungsten disulfide for aircraft structures*, 8th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2018, Belgrade, 11-12.10.2018., pp. 468-472, ISBN 978-8681123-88-1 (**категорија M33**)
6. Danica M. Simić, Milica Marjanović, Aleksandra D. Samolov, Dragana Lazić, Narimane Rezgui, *Potential applications of tungsten disulfide nanostructures in defense technologies*, 9th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2020, Belgrade, 15-16.10.2020., pp. 322-328, ISBN 978-86-81123-83-6 (**категорија M33**)

Категорија M50:

7. Danica M. Simić, Milica Marjanović, Maja Vitorović-Todorović, Sonja Bauk, Dragana Lazić, Aleksandra D. Samolov, Novica Ristović, *Nanotechnology for Military Applications – a Survey of Recent Research in Military Technical Institute*, Scientific Technical Review, 2018, Vol.68, No.1, pp.59-72, ISSN: 1820-0206 [355.0:061.6:614.97.615](https://doi.org/10.1016/j.strev.2018.06.014) (**категорија M51**)
8. Milica Marjanović, Danica Simić, Srdja Perković, Jela Galović, Zijah Burzić, Ana Tasić, Sladjan Grga, *Analysis of use of carbon-epoxy composites reinforced with nano-structures of tungsten disulfide for aircraft structures*, Scientific Technical Review, 2018, Vol.68, No.3, pp.13-17, ISSN: 1820-0206 [620.178.7:622.235.213](https://doi.org/10.1016/j.strev.2018.07.022) (**категорија M51**)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је докторска дисертација под називом

**„Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита
угљенично влакно – епокси смола“**

кандидата **Милице Марјановић**, дипл.инж.маш., студента докторских студија, урађена према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и да је у складу са Статутом и Правилником о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, Комисија констатује да је кандидат Милица Марјановић, дипл.инж.маш., успешно завршила докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је дошла до оригиналних научних резултата који су успешно и верификовани.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да докторска дисертација под називом **„Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита угљенично влакно – епокси смола“** представља оригиналан и вредан научни рад са научним доприносима у области машинства, ужа научна област наноматеријали. Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да Реферат прихвати, дисертацију стави на увид јавности у складу са законским одредбама и да потом упуту Реферат на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат Милица Марјановић, дипл.инж.маш., позове на јавну одбрану дисертације.

У Београду, 07.07.2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Лидија Матија, редовни професор,
ментор, Универзитет у Београду, Машински факултет

др Зијах Бурзић, научни саветник,
ментор, Војнотехнички институт Београд

др Александра Васић-Миловановић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Ивана Станковић, доцент
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Бранислава Јефтић, доцент,
Универзитет у Београду, Машински факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 928/4
Датум: 14.07.2022. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 48. Правилника о докторским студијама, члана 64. Статута Машинског факултета - пречишћен текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 14.07.2022. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРИМЕНЕ НАНОМАТЕРИЈАЛА НА ОЈАЧАЊА КОМПОЗИТА УГЉЕНИЧНО ВЛАКНО - ЕПОКСИ СМОЛА“** студента **МИЛИЦЕ МАРЈАНОВИЋ**, дипл. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-3489/2-18 од 27.08.2018. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

1. Marjanović Milica, Bajić Danica, Perković Srđa, Fidanovski Bojana, Burzić Zijah, Matija Lidija, Bekrić Dragoljub, "*Inorganic fullerene-like nanoparticles and nanotubes of tungsten disulfide as reinforcement of carbon-epoxy composites*", Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures, (Published online May 2021), ISSN:1536-383X **IF (2020) = 1,869**
<https://doi.org/10.1080/1536383X.2021.1928644> (категорија M23)

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за биомедицинско инжењерство и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –

Број:928/2

Датум: 23.06.2022. године

Београд, Краљице Марије бр.16

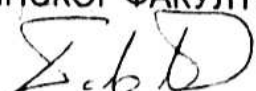
На основу обавештења др Лидије Матије, ред. проф., ментора да је студент **Милица Марјановић**, дипл. инж. маш., завршила докторску дисертацију **"Истраживање утицаја примене наноматеријала на ојачања композита угљенично влакно – епокси смола"**, предлога Катедре за биомедицинско инжењерство, а сагласно члану 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013) и члану 36. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 23.06.2022. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

- др Лидија Матија, ред. проф., ментор
- др Зијах Бурзић, научни саветник, Војнотехнички институт Београд
- др Александра Васић-Миловановић, ред. проф.
- др Ивана Станковић, доц.
- др Бранислава Јефтић, доц.

именују се за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **«ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА ПРИМЕНЕ НАНОМАТЕРИЈАЛА НА ОЈАЧАЊА КОМПОЗИТА УГЉЕНИЧНО ВЛАКНО – ЕПОКСИ СМОЛА»** студента **МИЛИЦЕ МАРЈАНОВИЋ**, дипл. инж. маш.

Одлуку доставити: члановима Комисије, студенту и архиви Факултета.

 
ДЕКАН 
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
проф. др Владимир Поповић