

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА  
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације  
кандидата ГРУЈИЋ мр Јована, дипл. маш. инж.  
Број: 012-72/08-2016/2  
Датум: 15.09.2017. год.

ОБРАЗАЦ 6.

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none"><li>Датум и орган који је именовao комисију На основу предлога Катедре за машине алатке, технолошке процесе, флексибилне технолошке системе и процесе пројектовања, Одлуке Наставно-научног већа Департамана за производно машинство и одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука, решењем број 012-72/08-2016 - датум 13.07.2017. год. именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</li><li>Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:<ol style="list-style-type: none"><li><b>ТАБАКОВИЋ др Слободан</b>, ванредни професор 24.10.2013. год. изабран у звање ванредни професор, Факултет техничких наука Нови Сад, уо: Машины алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, <b>председник</b></li><li><b>МИЛАНКОВ др МИРОСЛАВ</b>, редовни професор, 21.05.2003. год. изабран у звање редовни професор, Медицински факултет Нови Сад, уо: Ортопедија са трауматологијом</li><li><b>БАЛОШ др СЕБАСТИАН</b>, ванредни професор 19.05.2016. год. изабран у звање ванредни професор, Факултет техничких наука Нови Сад, уо: Материјали и технологије спајања</li><li><b>БАШЧАРЕВИЋ др ЗОРАН</b>, ванредни професор, 15.09.2016. изабран у звање ванредни професор, Медицински факултет Београд, уо: Ортопедија са трауматологијом</li><li><b>ЖИВКОВИЋ др Александар</b>, доцент, 15.07.2013. год. изабран у звање доцент, Факултет техничких наука Нови Сад, уо: Машины алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања</li><li><b>ЗЕЉКОВИЋ др Милан</b>, редовни професор, 22.03.2007. год. изабран у звање редовни професор, Факултет техничких наука Нови Сад, уо: Машины алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, <b>ментор</b></li></ol></li></ol>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"><li>Име, име једног родитеља, презиме: <b>Јован, Чеда, ГРУЈИЋ</b></li><li>Датум рођења, општина, држава: <b>03.10.1949., Башаид, Кикинда, Република Србија, ФНРЈ</b></li><li>Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Машински факултет, Производно машинство - дипломирани машински инжењер</b></li><li>Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија -----</li><li>Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: <b>Факултет техничких наука, назив тезе: "Рачунарско моделирање и експериментално испитивање тела протезе зглоба кука", уо: Процеси обраде матала скидањем струготине, датум одбране: 14.03.2009. год.</b></li><li>Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: <b>Машинство</b></li></ol>
III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<b>ТУМОРСКА МОДУЛАРНА ЕНДОПТОТЕЗА ЗГЛОБА КУКА</b>

Наслов на енглеском језику:

## TUMOR MODULAR ENDOPROSTHESIS OF HIP JOINT

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација кандидата **Јована мр Грујића**, дипл. маш. инж., под насловом "**Туморска модуларна ендопротеза зглоба кука**" садржи 194 нумерисане странице, са 302 графичке илустрације у виду скица и дијаграма, 9 табела са нумеричким подацима и 68 литературних наслова. Испред основног дела текста, у раду су дати: наслов, кључна документацијска информација, садржај, предговор, списак слика и списак табела.

Истраживања реализована у оквиру докторске дисертације су приказана кроз осам поглавља. У наставку се даје садржај рада са назнаком броја страна сваког поглавља.

- Уводна разматрања (8 стр.)
- Приказ досадашњих истраживања и развоја ендопротеза (26 стр.)
- Туморска ендопротеза зглоба кука (25 стр.)
- Развој система туморске модуларне ендопротезе (24 стр.)
- Рачунарско моделовање и експериментално испитивање компоненти система туморске модуларне ендопротезе (83 стр.)
- Материјали и биокompatibilност материјала у ортопедској хирургији (21 стр.)
- Завршни осврт (3 стр.)
- Литература (4 стр.)

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Наслов** докторске дисертације на погодан начин указује на садржај истраживања и истиче шта је предмет истраживања.

У **првом поглављу**, УВОДНА РАЗМАТРАЊА, кандидат је указано на потребу уградње имплантата у циљу поновног успостављања нормалног функционисања локомоторног система човека и тиме омогућавања кретања. На основу анализе броја и структуре уграђених ендопротеза зглоба кука за 2014 и 2015 годину на ИОХБ „Бањица“ Београд и Клиничком центру Војводине (КЦВ) Нови Сад Клиника за ортопедију и трауматологију, закључује да ови показатељи указују на сличност и упоредивост, са подацима из САД у односу на број становника. У другом делу овог поглавља је дат кратак историјат Ортопедије и медицине у Србији.

*Текст у оквиру овог поглавља је највећим делом резултат сопствених погледа кандидата на разматрању проблематику.*

**Друго поглавље**, ПРИКАЗ ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА И РАЗВОЈА ЕНДОПРОТЕЗА, у уводном делу садржи систематизацију ендопротеза зглоба кука у складу са стандардом ISO 7216. Након тога, на бази доступне литературе, дат је приказ досадашњих резултата примене туморских модуларних ендопротеза. Посебна пажња је поклоњена опису и варијантности конструкционих елемената, као и анализи неких од изведених конструкционих решења модуларних ендопротеза зглоба кука. Приказ досадашњих истраживања је употпуњен анализом доступних патентних решења модуларних ендопротеза зглоба кука. На крају, полазећи од претходно сумираних сазнања, и искуства у развоју протетичких помагала кандидат је дефинисао циљ истраживања, основне хипотезе, материјал и методе.

*Материја изложена у оквиру овог поглавља представља, највећим делом, приказ сазнања из литературе. На основу ових сазнања кандидат је дефинисао циљ, поставио хипотезе истраживања, материјал и методе.*

**Треће поглавље**, ТУМОРСКА ЕНДОПРОТЕЗА ЗГЛОБА КУКА, садржи кратак приказ коштаних тумора и историјат туморске ендопротезе. Указује се на компликације након уградње као и на критеријуме за уградњу туморске ендопротезе. Примарни и секундарни тумори не успела алоартропластика, преломи преко или испод трохантера, патолошки прелом, често проузрукују тотално разарање горњег дела бутне кости, и ови услови представљају индикацију за замену горњег дела бутне кости туморском ендопротезом. Циљ уградње туморске ендопротезе зглоба кука је да се спасе екстремитет, очува естетика и обезбеди задовољавајућа функционалност и неутралише присуство бола. Не може се очекивати да ендопротетски систем има неограничен век. За поједине делове који су изложени интензивном хабању у току експлоатације потребно је обезбедити могућност једноставне замене уз минималан хируршки захват. Са биомеханичког аспекта пројектовања, систем фиксације и конфигурација тела ендопротезе мора бити такав да минимизира напонско стање или обезбеди повољнију расподелу напона.

*Материја изложена у оквиру овог поглавља представља, једним делом приказ сазнања из*

литературе, а другим сопствених сазнања из вишегодишње праксе у конструисању и изради туморских ендопротеза.

**Четврто поглавље, РАЗВОЈ СИСТЕМА ТУМОРСКЕ МОДУЛАРНЕ ЕНДОПРОТЕЗЕ,** је посвећено дефинисању структуре и димензија компоненти система туморске модуларне ендопротезе зглоба кука. Указује се на поступак и утицајне факторе на процес пројектовања, као и на поузданост пројектованог решења. Посебна пажња је посвећена димензионисању доње компоненте ендопротезе са становишта појаве концентрације напона, као и елементима за везу и стезање компоненти у јединствен механички систем. Димензије појединих компоненти су дефинисане на бази статистичких резултата претходно уграђених туморских монолитних ендопротеза на ИОХБ „Бањица“ Београд, у периоду 2005-20015. год., а произведене у ДОО "Грујић и Грујић", Нови Сад.

*Приказани систем туморске модуларне ендопротезе представља оригинални допринос кандидата.*

У оквиру **петог поглавља, РАЧУНАРСКО МОДЕЛОВАЊЕ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ИСПИТИВАЊА КОМПОНЕНТИ СИСТЕМА ТУМОРСКЕ МОДУЛАРНЕ ЕНДОПРОТЕЗЕ,** приказани су резултати рачунарске анализе статичког понашања тела монолитне, односно доње компоненте туморске модуларне ендопротезе зглоба кука. Прво су приказана прелиминарна испитивања при статичком оптерећењу, и то рачунарско симулирање експерименталних испитивања и сама експериментална испитивања за обе врсте туморских ендопротеза. На бази ових резултата извршено је ремоделовање доње копоненте и уместо радијуса прелаза између крагне и тела - место максималних напона у имплантату, дефинисан је оптимални бионички профил прелаза. Након израде доњих компоненти од различитих материјала и различитих профила прелаза реализована су завршна испитивања појединих компоненти туморске модуларне ендопротезе при статичком оптерећењу. И код завршног испитивања прво је извршено рачунарско моделовање а након тога и експериментално испитивање. При експерименталном испитивању мерен је напон у једанаест мерних тачака по профилу прелаза између крагне и тела. Добијени експериментални резултати су поређени са резултатима рачунарског моделирања и констатовано задовољавајуће поклапање расподеле и максималних напона по профилу прелаза између крагне и тела ендопротезе. На тај начин је верификован рачунарски модел туморске модуларне ендопротезе зглоба кука, тј. начин дефинисања ограничења и оптерећења. Претходно указује на могућност бржег освајања нових типова ендопротеза које се неће морати експериментално испитивати у лабораторијским условима. За случај деловања динамичког оптерећења извршена су експериментална лабораторијска испитивања. При овом испитивању дефинисане су следеће променљиве: 1. врста ендопротезе: монолитна и модуларна, 2. материјал: суперлегуре челика 316LVM и титанијума Ti6Al4V, 3. облик прелаз: са радијусом и оптимизирани прелаз. Циљ лабораторијског испитивања при динамичком оптерећењу ја да се утврди број циклуса који ће довести до почетка разлабављења тела ендопротезе при максималним условима оптерећења, тј. да ли наведене променљиве дају статистички значајну разлику у броју циклуса до појаве разлабављења, касне механичке компликације која претходи лому услед замора материјала, или захтева ревизију. При овом испитивању физички прототипови ендопротеза су, изложени једносмерно променљивој сили,  $F_{max}=2500N$ , са амплитудом од 2000N и фреквенцијом од 15-20 Hz. Вршена је визуелна контрола појаве радиоцентне линије између теле ендопротезе и коштаног цемента, односно кости у циљу утврђивања разлабављења, Rtg снимака од стране ортопедских хирурга након сваких 500.000 циклуса, за све узораке. Анализом резултата након испитивања при динамичком оптерећењу узорака израђених од суперлегуре челика 316LVM узорци 1, 3, 4 који су изложени 16.500.000 цикуса и узорака израђених од суперлегуре титанијума Ti6Al4V узорци 2, 5 који су изложени 6.500.00 циклуса је констатована висока поузданост, односно низак ниво ризика да ће доћи до разлабављења и до појаве лома услед замора материјала. Профил прелаза са великог на мали пречник за случај радијуса R5 и оптимизирани бионички профил нису показали значајну статистичку разлику код испитивању при динамичком оптерећењу. На крају је појава разлабавља утврђивана и инжењерском методом. Након испитивања динамичким оптерећењем физички прототипови ендопротеза су поново изложени статичком оптерећењу и констатовано је да нема значајнијих промена у расподели и вредностима максималних напона, што указује да није дошло до појаве разлабављења.

*Приказани резултати представљају оригинални допринос кандидата. Посебно се истичу резултати лабораторијског експерименталног испитивања под дејством статичког оптерећења са становишта расподеле напона и при динамичком оптерећењу са становишта броја циклуса. На основу приказаних табеларних резултата, графичких илустрација, може се констатовати да је дискусија резултата јасна и недвосмислена и не доводи у сумњу приказане резултате и закључке.*

Кроз **шесто поглавље**, МАТЕРИЈАЛИ И БИОКОМПАТИБИЛНОСТ МАТЕРИЈАЛА У ОРТОПЕДСКОЈ ХИРУРГИЈИ, дат је кратак опис биокомпатабилних материјала, легура челика 316LVM, кобалта CoCrMo, титанијума Ti6Al4V „eli“, порозних и керамичких материјала, материјала од пластичне масе, композита и биоресептивних материјала. Након тога су приказани резултати испитивања биокомпатабилности материјала који су примењени за израду елемената модуларног система ендопротеза. Резултати испитивања су показали да материјали и технолошки процес производње задовољавају са становишта биокомпатабилности.

*Приказани резултати, у првом делу, представљају приказ сазнања из литературе, а у другом су оригинални допринос кандидата.*

У **седмом поглављу**, ЗАВРШНИ ОСВРТ, су дати закључци, на основу резултата појединих сегмената и изведених истраживања у целини. Након тога, дати су неки од праваца будућих истраживања.

*У оквиру овог поглавља кандидат је сумирао резултате до којих је дошао током истраживања, и указао на могуће првце будућих истраживања.*

**Осмо поглавље**, ЛИТЕРАТУРА, садржи списак 68 литературних наслова, груписаних по абecedном реду. У оквиру прегледа коришћене литературе наведено је 26 радова објављених у међународним часописима са рецензијом, 3 докторске дисертације, 2 магистарске тезе, 20 књига, и 13 радова објављених на научно-стручним конференцијама. Највећи број цитата је релативно новијег датума, наиме, скоро 50% цитата је из последњих десет година, а око 20% из последњих пет година.

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

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

*Радови објављени у часопису међународног значаја са ISI листе (M23)*

1. Tabaković, S., **Grujić, J.**, Zeljković, M., Blagojević, Z., Radojević, B., Popović, Z., Stevanović, V.: *Computer and experimental analysis of the stress state of the cement hip joint endoprosthesis body*, Vojnosanitetski pregled, 2014, Vol. 71, No 11, pp.1034-1039, ISSN 0042-8450

*Саопштења са међународног скупа штампана у целини (M33)*

2. **Grujić, J.**, Živković, A., Zeljković, M., Gatalo, R.: *Računarsko modeliranje ponašanja tela proteze zgloba kuka*, Zbornik radova, 32. Savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije sa međunarodnim učešćem, Novi Sad, 2008., str. 521-524, ISBN 978-86-7892-131-5
3. **Grujić, J.**, Zeljković, M., Tabaković, S., Gatalo, R., Sekulić, J.: *Implementation CAD/CAE/CAM program system in the process designing and producing revision hip joint prosthesis*, Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Scientific Conference on Flexible technologies - MMA 2009, 2009, str 202-205, ISBN 978-86-7892223-7
4. Tabaković, S., Živković, A., **Grujić, J.**, Zeljković, M.: *Design process of modular, revision total hip endoprosthesis*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Manufacturing Science and Education MSE 2011, University of Sibiu, Romania, June 2-5, 2011. god., pp. 395-398., ISSN 1843-2522
5. Tabaković, S., Zeljković, M., Živković, A., **Grujić, J.**: *Development of the endoprosthesis of the femur according to the characteristics of a specific patient*, 11. International Scientific Conference „Advanced Production Technologies“-MMA, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 20-21 Septembar, 2012, pp.: 521-526, ISBN: 978-86-7892-419-4.
6. **Grujić, J.**, Romček, A., Tabaković, N., Ličen, H.: *Control of Process of Machining of an Artificial Femoral Head*, 12<sup>th</sup> International Scientific Conference "Flexible Technologies" – MMA2015, University of Novi Sad, Faculty of Technical Science, Andrevlje, Novi Sad, Serbia, pp. 227-230, 25-26 Septembar, 2015, ISBN: 978-86-7892-722-5

*Радови у часопису националног значаја (M51)*

7. Tabaković, S., Zeljković, M., Živković, A., Movrin, D., **Grujić J.**: *Development of the endoprosthesis of the femur according to the characteristics of a specific patient with using modern methods for product design and rapid prototyping*, Journal for Technology of Plasticity, Faculty of Technical Sciences, Vol. 37, Number 2, Novi Sad, 2012, ISSN: 0354-3870 - UDK 621.7
8. **Grujić, J.**, Tabaković, S., Zeljković, M., Živković, A., Vučinić, Z., Đorđević, A., Mandić, N., Lujčić,

N., Sekulić, J.: *Projektovanje specijalne endoproteze „Spacer“*, Acta chirurgica iugoslavica, Broj 2, Volumen 60, ISBN: 0354-950X, UDK 616.72-089-77, DOI 10.2298/ACI1302109G, Str. 109-115, 2013

9. Grujić, J., Grujić, M.: *Production medical products for the purposes in orthopedics and traumatology in Novi Sad*, Medicinski pregled, 2016. LXIX (Suppl I): 89-95. Novi Sad, UDK 616.72-089.84:615.463/465

*Радови у научној часопису (M53)*

10. Tabaković, S., Živković, A., **Grujić, J.**, Zeljković, M.: *Using CAD/CAE software systems in the design process of modular, revision total hip endoprosthesis*, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 9, No. 2, "Politehnica" University of Timisoara, 2011, pp. 97-102, ISSN 1583-7904

*Саопштења са скупа националног значаја штампана у целини (M63)*

11. **Grujić, J.**, Živković, A., Zeljković, M., Gatalo, R.: *Računarsko modeliranje i izrada tumorske proteze zgloba kuka*, Zbornik radova na CD ROM-u, INFOTEH - JAHORINA, Vol. 8, ref. c -8, Jahorina, 2009, str. 281-286, ISBN 99938-624-2-8
12. Tabaković, S., Zeljković, M., **Grujić, J.**, Gatalo, R.: *Projektovanje i brza izrada prototipa specijalne endoproteze zgloba kuka*, Zbornik radova - CD ROM, 36. JUPITER konferencija, 32. simpozijum NU-ROBOTI-FTS, 2010, str. 3.53-3.57, ISBN 978-86-7083-666-2
13. **Grujić, J.**, Tabaković, S., Živković, A., Zeljković, M., Gatalo, R.: *Modularna tumorska endoproteza zgloba kuka*, INFOTEH-JAHORINA Vol. 10, Elektrotehnički fakultet, Istočno Sarajevo, Mart 2011., str.. 259-262, ISBN-99938-624-2-8.
14. Tabaković, S., **Grujić, J.**, Bojanić, M., Zeljković, M., Sekulić, J.: *Modeliranje medularnog kanala femura na osnovu digitalnog signala sa CT ili MRI u cilju dimenzionisanja stema tumorske endoproteze zgloba kuka*, Zbornik radova - CD ROM, 11 simpozijum INFOTEH - JAHORINA, Proizvodni sistemi, Vol. 11, 21-23 mart 2012, Jahorina, str. 509-512, ISBN: 978-99938-624-8-2.
15. **Grujić, J.**, Tabaković, S., Zeljković, M., Živković, A., Sekulić, J.: *Računarsko modeliranje specijalne endoproteze „Spacer“*, Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA, Zbornik radova, CD ROM, Vol. 12, 20-22 mart 2013, Jahorina, Bosna i Hercegovina, str. 536-539, ISBN: 978-99955-763-1-8
16. Bojanić, M., Tabaković, S., Zeljković, M., **Grujić, J.**, Mladenović, C.: *Određivanje konture femura na osnovu DICOM datoteke*, Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA, Zbornik radova, CD ROM, Vol. 13, 19-21. mart 2014, Jahorina, Bosna i Hercegovina, str. 557-562, ISBN: 978-99955-763-3-2
17. Sekulić, J., **Grujić, J.**, Tabaković S., Živković, A., Gatalo, R.: *Analiza naponskog stanja modularne tumorske endoproteze zgloba kuka*, INFOTEH- JAHORINA, Zbornik radoiva, CD ROM, Vol. 13, 19-21. mart 2014, Jahorina, Bosna i Hercegovina, str. 563-566, ISBN: 978-99955-763-3-2

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу свеобухватне и детаљне анализе досадашњих истраживања ендопротеза зглоба кука, посебно туморских модуларних ендопротеза, у раду су постављене следеће хипотезе:

- рачунарским моделовањем и ремоделовањем, избором конструкционог решења и врсте материјала, могуће је обезбедити да максимални напони на критичном пресеку тела ендопротезе зглоба кука буду мањи од дозвољених;
- број циклуса једносмерно променљивог оптерећења којима је изложена туморска модуларна ендопротеза зглоба кука, што представља број корака и век, до појаве разлабављења је већи од 6.000.000.
- бионички оптимизирани прелаз са крагне на тело ендопротезе може да обезбеди статистички значајну разлику у броју циклуса до појаве разлабављења.

Имајући у виду резултате изложене у раду, може се констатовати да је кандидат потврдио прве две хипотезе и констатовао да бионички оптимизирани прелаз са већег на мањи пречник не обезбеђује статистички значајну разлику у броју циклуса до појаве разлабављења, али обезбеђује равномернију расподелу напона дуж линије прелаза. Развио је, израдио физичке прототипове компоненти и реализовао производњу туморске модуларне ендопротезе зглоба кука. У том циљу су реализоване следеће активности:

- дефинисани су геометријски параметари појединих компоненти туморске модуларне ендопротезе;
- извршено је рачунарско моделовање свих варијанти туморске модуларне ендопротезе (5 варијанти);

- одређена је расподела и максимални напони, методом коначних елемената, у појединим компонентама туморске модуларне ендопротезе;
- експериментало у лабораторијским условима је утврђено стање деформација и стање максималних напона на критичном пресеку тела туморске монолитне и модуларне ендопротезе зглоба кука за класичан профил прелаза са већег на мањи пречник, са радијусом, и за оптимизирани бионички профил прелаза методом мерних тарака, при чему су мерене деформације у једанаест мерним тачака дуж линије прелаза;
- експериментално је, у лабораторијским условима извршено испитивање при динамичком једносмерно променљивом оптерећењу, методом визуелне контроле појаве радиолуцентне линије између теле ендопротезе и коштаног цемента на основу Rtg снимака одређен број циклуса до појаве разлабављења. Извршена је и инжењерска провера појаве разлабављења на основу поновног испитивања статичким оптерећењем након динамичког.

На основу резултата рачунарског моделовања и експерименталног испитивања при статичком оптерећењу на пет експерименталних прототипова туморске монолитне и модуларне ендопротезе потврђено је да су максимални напони на критичном пресеку теле ендопротезе зглоба кука мањи од дозвољених и на тај начин потврђена прва хипотеза.

Резултати експерименталног испитивања свих пет експерименталних прототипова туморске монолитне и модуларне ендопротезе изложених једносмерно променљивом оптерећењу су показали да након 6.000.000 циклуса није дошло до појаве разлабављења чиме је потврђена друга хипотеза и пројектовани век.

Резултати у дисертацији задовољавају опште и посебне критеријуме вредновања научног рада.

Кандидат је у решавању научног проблема користио познате и признате научне методе анализе и синтезе, математичког - нумеричког моделовања и експерименталног испитивања.

О непосредним доприносима ове дисертације шира научна и стручна јавност је обавештена кроз седамнаест радова који су уско везани за ову проблематику, а објављени су у иностраним и домаћим часописима, или саопштени на скуповима међународног и националног значаја.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

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

Докторском дисертацијом су на коректан и систематичан начин приказани оригинални резултати рачунарског моделовања и експерименталног испитивања компоненти система туморске модуларне ендопротезе зглоба кука. Резултати истраживања изложени су на доследан и конзистентан начин и исправно протумачени применом признатих научних метода, те не остављају сумњу у научни и стручни допринос наведене дисертације.

*Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.*

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

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

Комисија констатује да је докторска дисертација у потпуности написана у складу са образложењем које је кандидат дефинисао у оквиру пријаве теме.

Кандидат је у току израде дисертације, као и на основу резултата приказаних у раду, показао да влада методама рачунарског моделовања. Такође Комисија констатује да кандидат влада методама организације и извођења експерименталних испитивања, тумачењем и анализом резултата, као и исправним доношењем закључака.

Подаци из литературе, којима се кандидат служио, су критички одабрани и уверљиви, а тумачење резултата је јасно и коректно презентовано. Резултати сопствених истраживања су прегледно приказани у виду графичких илустрација и нумеричких интерпретација.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Докторска дисертација садржи све битне елементе.

У оквиру дисертације су дефинисани циљ истраживања, полазне претпоставке (хипотезе), материјал и методе истраживања. Изнете полазне претпоставке су логичне, а спроведено истраживање и анализе добијених резултата самостални и оригинални. Добијени резултати имају и практичну инжењерску примену у пројектовању и испитивању ендопротеза.

<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Дисертација садржи све битне елементе за сагледавање разматраних проблема који су обрађивани. Добијени резултати представљају научни допринос у области развоја високозахтевних производа у биоинжењерству.</p> <p>Кандидат је развио оригиналне решење система туморске модуларне ендопротезе зглоба кука. Извршио је верификацију система сопственим експерименталним резултатима. Наведено је верификовано на пет типова доњих компоненте туморске модуларне ендопротезе при дејству статичког и динамичког оптерећења. На тај начин је извршио и верификацију поузданости система.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Комисија сматра да дисертација нема недостатака и у складу са тим нема утицаја истих на резултате истраживања.</p>

#### **X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана
- да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни односно измени) или
- да се докторска дисертација одбија

На основу укупне оцене дисертације, Комисија *позитивно оцењује поднету докторску дисертацију* кандидата **мр ЈОВАНА ГРУЈИЋА**, дипломираног машинског инжењера, под насловом "ТУМОРСКА МОДУЛАРНА ЕНДОПТОТЕЗА ЗГЛОБА КУКА" *и предлаже* Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду и Сенату Универзитета у Новом Саду *да поднету докторску дисертацију прихвате, а кандидату одобре одбрану.*

#### ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

- 
1. **Др Слободан Табаковић, ванредни професор**, уо: Машине алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, Факултет техничких наука, Нови Сад, **председник**
- 
2. **Др Мирослав Миланков, редовни професор**, уо: Ортопедија са трауматологијом, Медицински факултет, Нови Сад
- 
3. **Др Себастиан Балаш, ванредни професор**, уо: Материјали и технологије спајања, Факултет техничких наука, Нови Сад
- 
4. **Др Зоран Башчаревић, ванредни професор**, уо: Ортопедија са трауматологијом, Медицински факултет, Београд
- 
5. **Др Александар Живковић, доцент**, уо: Машине алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, Факултет техничких наука, Нови Сад
- 
6. **Др Милан Зељковић, редовни професор**, уо: Машине алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, Факултет техничких наука, Нови Сад, **ментор**

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