

Број:
Датум:

**ИЗВЕШТАЈ
О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовоо комисију На основу предлога Катедре за машине алатке, технолошке процесе, флексибилне технолошке системе и процесе пројектовања, Одлуке Наставно-научног већа Департмана за производно машинство и одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, Декана Факултета техничких наука, решењем 012-72/11-2011 од 26. 03.2015. године, именовоо је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p> <p>2. 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:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Др Љубодраг Тановић, редовни професор, ПРЕДСЕДНИК, ужа научна област: Производно машинство, изабран у звање 16.07.2002. год., Универзитет у Београду, Машински факултет.2. Др Слободан Навалушић, редовни професор, ужа научна област: Машински елементи, принципи конструисања, теорија машина и механизма, пренос снаге и кретања и инж.комуникације, изабран у звање 15.06.2006. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.3. Др Милан Зељковић, редовни професор, ужа научна област: Машине алатке, флексибилни технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, изабран у звање 22.03.2007. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.4. Др Вид Јовишевић, редовни професор, ужа научна област: Производно машинство, изабран у звање 29.09.2005. год., Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет.5. Др Велимир Тодић, редовни професор, МЕНТОР, ужа научна област: Технолошки процеси, техноекономска оптимизација и виртуелно пројектовање, изабран у звање 01.07.1998. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Стево, Триво, Боројевић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 26.02.1981. год., Градишка, Република Српска, Босна и Херцеговина</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Машински факултет Бањалука, производно машинство, дипломирани машински инжењер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија /</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Машински факултет Бањалука, Аутоматизација пројектовања модуларних помоћних прибора, Научна област: Машинство 18.02.2011. год.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Техничке науке; - Машинство</p>

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

РАЗВОЈ СИСТЕМА ЗА СИМУЛТАНО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација **мр Стеве Боројевића**, под насловом „**Развој система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса**“ изложена је у 10 поглавља, на 250 страна. Листа коришћене литературе наведена је на 10 страна и садржи 205 наслова. Структура рада се састоји из: насловне странице рада, кључних документацијских информација, садржаја рада, предговора, списка коришћених скраћеница, као и основног дела текста. Докторска дисертација садржи 182 слике и 27 табела.

Истраживања која су извршена у оквиру предметне дисертације и добијени резултати, изложени су у 9 поглавља и то:

1. Увод (6 *стр.*),
2. Развој и пројектовање производа (36 *стр.*),
3. Пројектовање технолошких процеса (13 *стр.*),
4. Пројектовање производа и технолошких процеса на бази типских форми (27 *стр.*),
5. Интеграција пројектовања производа и технолошких процеса (50 *стр.*),
6. Развој модела система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса (47 *стр.*),
7. Развој програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса (47 *стр.*),
8. Примена развијеног програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса (34 *стр.*),
9. Закључци (5 *стр.*), и
10. Литература (10 *стр.*).

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Поглавље 1: УВОД

Уводно поглавље садржи опис предмета истраживања, у коме је посебно истакнут значај интегралног пројектовања производа и технолошких процеса у оквиру симултаног инжењерства. На основу дефинисаног предмета истраживања, постављен је основни циљ истраживања предметне дисертације, који се односи се на поставку, развој и верификацију модела система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса. У оквиру уводног поглавља постављене су основне хипотезе истраживања и дефинисане одговарајуће научно-истраживачке методе. На крају овог поглавља скраћено је приказана структура и садржај предметне дисертације.

Поглавље 2: РАЗВОЈ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРОИЗВОДА

У оквиру другог поглавља приказане су опште методе, приступи и модели развоја и пројектовања производа. Дате методе, приступи и прилази, одређују стандардне и опште прихваћене методе и процедуре које се примењују у оквиру прве фазе циклуса развоја производа. Посебна пажња у оквиру овог поглавља усмерена је на карактеристике симултаног инжењерства, као основне подлоге за успостављање СИМ концепта. Други део поглавља описује архитектуру и начине моделовања производа, где је посебна пажња усмерена на модуларну архитектуру и запреминско моделовање производа.

Садржај поглавља прилагођен је, пре свега, за стварање подлога за развој модела симултаног пројектовања производа и технолошких процеса.

Поглавље 3: ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА

У оквиру трећег поглавља предметне дисертације, приказане су методе, врсте, значај и теоријске основе пројектовања технолошких процеса. Посебан осврт дат је на рачунаром подржано пројектовање технолошких процеса, где су описани варијантни, генеративни и системи базирани на знању.

Поменуте теоријске основе, посебно оне које се односе на планирање технолошког процеса и пројектовања технолошких операција, примењене су за поставку и развој модела симултаног

пројектовања производа и технолошких процеса.

Поглавље 4: ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА НА БАЗИ ТИПСКИХ ФОРМИ

Четврто поглавље описује примену концепта типских форми за пројектовање производа и технолошких процеса. У оквиру овог поглавља презентована је класификација типских форми, са посебним освртом на технолошке типске форме. Дефинисане су методе и технике препознавања технолошких типских форми у процесу аутоматизованог пројектовања технолошких процеса. Развијени системи за пројектовање производа и технолошких процеса, који базирају на концепту типских форми, такође су приказани у оквиру овог поглавља.

Посебна пажња посвећена је деструктивној методи пројектовања на бази запремина технолошких типских форми, које представљају основу за развој модела и програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса.

Поглавље 5: ИНТЕГРАЦИЈА ПРОЈЕКТОВАЊА ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА

У оквиру овог поглавља приказани су модели, технике и технологије интеграције процеса пројектовања производа и технолошких процеса на бази: неутралних стандарда за размену података, апликативног програмског интерфејса и примене вештачке интелигенције. Интеграција на бази вештачке интелигенције базирана је на примени експертних система, фази логике, вештачких неуронских мрежа и хеуристике. Хеуристичке методе интеграције процеса пројектовања производа и технолошких процеса садрже приказ генетских алгоритама, симулараног каљења, оптимизације на бази роја честица и оптимизације на бази колоније мравца. Посебна пажња у оквиру овог поглавља усмерена је на опис генетских алгоритама, који су примењени за планирање технолошких процеса, као значајне фазе развоја модела и програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса. Трендови и приказ достигнућа, као и сопствени поглед аутора у области интеграције пројектовања производа и технолошких процеса, такође су приказани у оквиру овог поглавља.

Поглавље 6: РАЗВОЈ МОДЕЛА СИСТЕМА ЗА СИМУЛТАНО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА

У шестом поглављу приказан је модел система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса (систем SIPROTEX), као централни део истраживања предметне дисертације. Модел система базиран је на процесном приступу и модуларној архитектури декомпоновања производа.

Модел система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса настао је као резултат анализе литературних извора, реалних производних услова и претходних теоријских разматрања. Модел система SIPROTEX чине два основна модула: модул за концептуално пројектовање производа и модула за детаљно пројектовање производа и технолошких процеса. Основни део система чини модул за симултано пројектовање делова и технолошких процеса. Симултано пројектовање делова и технолошких процеса базира се на примени елементарних технолошких типских форми и примени вештачке интелигенције за развој базе знања за генерисање процеса обраде типских технолошких захвата и генетских алгоритама за одређивање оптималног плана технолошког процеса. Пројектовање делова на бази елементарних технолошких типских форми припада деструктивној методи пројектовања. У оквиру модула за детаљно пројектовање производа и технолошких процеса, развијен је механизам за управљање елементарним технолошким типским формама, чиме се обезбеђује флексибилност и проширивост система. Механизмом за управљање елементарним технолошким типским формама обезбеђено је ажурирање библиотеке елементарних технолошких типских форми, како у погледу геометријских, технолошких и општих информација, тако и у погледу базе знања за њихову обраду.

Ово поглавље у целини представља резултат истраживања кандидата у оквиру предметне дисертације, а приказани модел система SIPROTEX, структура модула за концептуално пројектовање производа, структура модула за детаљно пројектовање производа и технолошких процеса и модел механизма за управљање библиотеком елементарних технолошких типских форми, представљају оригинално решење.

Поглавље 7: РАЗВОЈ ПРОГРАМСКОГ СИСТЕМА ЗА СИМУЛТАНО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА

У оквиру овог поглавља детаљно је приказан развој програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса (система SIPROTEX). У оквиру програмског система, који је интегрисан са програмским системом Solidworks©, приказан је програмски ток активности симултаног пројектовања производа и технолошких процеса. Програмски систем SIPROTEX састоји се од три програмске целине и то: модула за концептуално пројектовање производа, модула за детаљно пројектовање производа и технолошких процеса и модула за управљање библиотеком елементарних технолошких типских форми. Процедура коришћења програмског система састоји се од четрнаест програмских корака. У оквиру модула за концептуално пројектовање производа реализују се прва три корака. Водећи пројектант, у оквиру овог модула врши концептуално пројектовање производа на основу захтева купаца, као и дистрибуцију задатака за детаљно пројектовање производа и технолошких процеса. Пројектовање производа је базирано на модуларној архитектури. Извршни пројектанти у оквиру модула за детаљно пројектовање производа врше разраду модула производа са становишта дефинисања стандардних делова и детаљног пројектовања делова и технолошких процеса. Детаљно пројектовање делова и технолошких процеса обухвата активности прелиминарног (пројектовања, мозда конструисање или моделирање) дела (пет корака), детаљног пројектовања (?) дела (два корака) и планирања технолошког процеса (три корака).

Програмски систем базиран је на технологијама пројектовања делова (запреминског моделирања) на бази елементарних технолошких типских форми, генерисања технолошких типских захвата на бази продукционих правила, оптимизацији редоследа извођења захвата применом генетских алгоритама и техникама објектно оријентисаног програмирања.

Ово поглавље у целини представља резултат истраживања кандидата у оквиру предметне дисертације, а развијени програмски систем за симултано пројектовање производа и технолошких процеса представља оригинално решење.

Поглавље 8: ПРИМЕНА РАЗВИЈЕНОГ ПРОГРАМСКОГ СИСТЕМА ЗА СИМУЛТАНО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА

Примена и верификација програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса (система SIPROTEX), извршена је на примеру хидрауличне пресе за угаоно савијање лима.

На основу специфичних захтева купца пројектован је запремински концептуални модел хидрауличне пресе за угаоно савијање лима, ознаке HPUSL 12027. У оквиру верификације активности детаљног пројектовања производа и технолошких процеса извршен је развој и пројектовање хидрауличног модула пресе за угаоно савијање лима и детаљно пројектовање запреминског модела и технолошког процеса обраде хидрауличног цилиндра. Резултат верификације програмског система дат је у виду запреминског концептуалног модела и листе карактеристика хидрауличне пресе за угаоно савијање лима, запреминског модела хидрауличног цилиндра и оптималног редоследа извођења захвата обраде хидрауличног цилиндра.

Верификација програмског система на примеру концептуалног пројектовања хидрауличне пресе за угаоно савијање лима и детаљног пројектовања хидрауличног цилиндра и планирања технолошког процеса за хидраулични цилиндар, обезбеђује висок ниво симултаности пројектовања производа и технолошких процеса, флексибилности и проширивости.

Верификацијом програмског система SIPROTEX проверен је и потврђен модел система и развијеног програмског решења за симултано пројектовање производа и технолошких процеса.

Поглавље 9: ЗАКЉУЧЦИ

У оквиру деветог поглавља дата су закључна разматрања, која обухватају преглед и анализу добијених резултата истраживања. Резултати истраживања представљени су у три основна дела. Први део чине теоријски резултати, односно теоријски део рада у коме су формиране подлоге за развој модела за симултано пројектовање производа и технолошких процеса. Други део рада односи се на развој модела за симултано пројектовање производа и технолошких процеса. Трећи део истраживања односи се на развој и верификацију програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса. Закључна разматрања садрже детаљан приказ постигнутих резултата истраживања, као и осврт на постављене хипотезе у оквиру предметне докторске дисертације.

У оквиру закључних разматрања дати су одређени правци будућих истраживања, како унапређења већ развијених система који обезбеђују CAD/CAPP интеграцију, тако и других фаза и активности симултаног пројектовања производа и технолошких процеса.

Поглавље 10: ЛИТЕРАТУРА

У десетом поглављу приказана је листа коришћених литературних извора, која обухвата проблематику истраживања у области CAD/CAPP интеграције у последњих тридесет година. Према томе, коришћена литература је из тог периода, док је фокус стављен на литературу која датира из последњих петнаест година. Овај период карактерише интезиван развој напредних и нових, како информационих, тако и производних технологија.

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

У току истраживања везаних за тему докторске дисертације кандидат је као аутор или коаутор објавио 21 рад и то: два рада у међународним часописима, осам радова саопштених на међународним научним скуповима и штампаних у целини у зборницима, четири рада публикована у водећим часописима националног значаја, два рада публикованих у научним часописима, једно предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини, четири рада саопшта на скуповима националног значаја и публикованих у одговарајућим зборницима.

У наставку је дат списак наведених радова.

Рад у међународном часопису (M23)

1. **Боројевић, С.**, Јовишевић, В., Тодић, В., Милошевић, М., Лукић, Д.: Analysis of Faces' Accessibility for the Purpose of Modular Fixtures Design, Strojarstvo, ISSN 0562-1887, Vol. 54 (2) 127-133, 2012.
2. Тепић, Ј., Тодић, В., Лукић, Д., Милошевић, М., **Боројевић, С.**: Development of the Computer-Aided Process Planning (CAPP) System for Polymer Injection Mold Manufacturing, Metallurgy, ISSN 0543-5846, Vol. 50, No. 4, pp. 273-277, 2011.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

3. **Боројевић, С.**, Јовишевић, В., Глобочки - Лакић, Г., Средановић, Б., Радисављевић, М.: Selection of variant for material flow type in conditions of group approach using the software system Tecnomatix Plant Simulation, Proc. of 10th Anniversary International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology - DEMI, 26. - 28. May 2011., Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, pp. 419-426, 2011.
4. **Боројевић, С.**, Јовишевић, В., Глобочки - Лакић, Г., Чича, Ђ., **Средановић, Б.**: Identification of face functionality with program system for purpose of modular fixture design, Proc. of 34th International Conference on Production Engineering ICPE 2011, 28. - 30. September 2011., Niš, Serbia, pp. 197-200.
5. Средановић, Б., Глобочки-Лакић, Г., Чича, Ђ., **Боројевић, С.**: A novel method for material machinability evaluation, Proc. of 4th International Conference of Sustainable Life in manufacturing SLIM 2013, 22nd - 24th September, Fiesa, Slovenia, pp. 110-116. 2013.
6. Чича, Ђ., Јокановић, С., **Боројевић, С.**, Средановић, Б.: Algorithm for C1 continuous tool path: some experiences, problems and suggestion, International Conference on Innovative Technologies in Design, Manufacturing and Production INTECH, 14. - 16. September 2010., Prague, Czech Republic, pp. 160-163, 2010.
7. Тодић, В., Лукић, Д., Милошевић, М., **Боројевић, С.**, Вукман, Ј.: Application of Simulation Techniques in The Development and Implementation of Flexible Manufacturing Systems, Proceedings of 15th International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'11), pp. 23-28, ISBN 978-86-7892-341-8, Faculty of Technical Science, Novi Sad, September, 2011.
8. Средановић, Б., Глобочки - Лакић, Г., Чича, Ђ., **Боројевић, С.**, Голубовић - Бугарски, В.: Modeling of cutting forces with artificial neural networks, Proc. of 4th International Conference on Manufacturing Engineering ICMEN, Thessaloniki, Greece, pp. 123-132, 2011.
9. Глобочки - Лакић, Г., Средановић, Б., Јокановић, С., **Боројевић, С.**, Чича, Ђ.: Vector based approach in defining of universal machinability, International Conference on Innovative Technologies in Design, Manufacturing and Production INTECH, Prague, Czech Republic, pp. 326-329, 2010.

10. Чича, Ђ., Зељковић, М., Глобочки - Лакић, Г., Средановић, Б., **Боројевић, С.**: Modeling of dynamical behavior spindle - holder - tool assembly, Proc. of 34th International Conference on Production Engineering ICPE, Niš, Serbia, pp. 117-120, 2011.

Рад у часопису националног значаја (M52)

11. **Боројевић, С.**, Јовишевић, В.: Selection and configuration of modular components for modular fixture design, Journal of Production Engineering, ISSN 1821-4932, Vol.16, No. 1, pp.21-26, 2013.
12. Јовишевић, В., **Боројевић, С.**, Глобочки-Лакић, Г., Чича, Ђ., Средановић Б.: Analysis of effectiveness on production system for production of the tools for hydraulic press brakera, ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, ISSN:1584-2665, Vol. 12 No. 2, pp. 127-132, 2014.
13. Лукић, Д., Милошевић, М., **Боројевић, С.**, Вукман, Ј., Ђурђевић, М.: Application of multi-criteria decision making for manufacturing process evaluation and selection, Journal of Production Engineering, ISSN 1821-4932, Vol. 17, No. 2, pp. 83-86, 2014.
14. Глобочки - Лакић, Г., **Боројевић, С.**, Чича, Ђ., Средановић, Б.: Development of application for index of machinability analysis, Tribology in Industry, ISSN: 0354-8996, Vol. 31 1&2, pp. 57-60, 2009.

Рад у научном часопису (M53)

15. **Боројевић, С.**, Јовишевић, В., Јокановић, С.: Modeling, simulation and optimization of process planning, Journal of Production Engineering, ISSN 1821-4932, Vol.12 No. 1, pp.87-90, 2009.
16. Чича, Ђ., Зељковић, М., Глобочки - Лакић, Г., Средановић, Б., **Боројевић, С.**: Identification of contact parameters of spindle - holder - tool assembly using artificial neural networks, Journal of Production Engineering, ISSN 1821-4932, Vol. 15, No 2, pp. 27-32, 2012.

Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини (M61)

17. Јовишевић, В., **Боројевић, С.**, Марковић, Б.: Избор путање кретања алата у процесу машинске обраде танкостјених алуминијумских структура, 39. конференције са међународним учешћем ЈУПИТЕР, Београд, Србија, 2014.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

18. Јовишевић, В., **Боројевић, С.**, Глобочки - Лакић, Г., Средановић, Б.: Оптимизација процеса производње примјеном програмског пакета Tecnomatix Plant Simulation, Зборник радова 37. конференције са међународним учешћем ЈУПИТЕР, Београд, Србија, стр. 8-15, 2011.
19. **Боројевић, С.**, Средановић, Б., Глобочки - Лакић, Г., Недеић, Б., Чича, Ђ.: Анализа индекса обрадивости алуминијумских легура помоћу апликативног програмског рјешења, Зборник радова 33. савјетовања производног машинства Србије са међународним учешћем, Београд, Србија, стр. 31-34, 2009.
20. Чича, Ђ., Зељковић, М., Глобочки - Лакић, Г., Средановић, Б., **Боројевић, С.**: Identification of contact parameters of spindle-holder-tool assembly using artificial neural networks, Proc. of 11th International Scientific Conference on Advanced Production Technologies MMA, Novi Sad, Serbia, pp. 57-60, 2012.
21. **Боројевић, С.**, Јовишевић, В., Глобочки-Лакић, Г., Средановић, Б.: Ефекти примјене програмског система САТИА у процесу израде програма за нумеричке машине, Зборник радова 38. конференције са међународним учешћем ЈУПИТЕР, Београд, Србија, стр. 1-8, 2012.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Недовољан степен интеграције и симултаности пројектовања производа (CAD) и пројектовања технолошких процеса (CAPP) значајно утиче, како на квалитет и време у оквиру циклуса развоја производа, тако и на успостављање СИМ концепта и филозофију симултаног инжењерства. Ове чињенице су указале на неопходност и оправданост истраживања у области симултаног пројектовања производа и технолошких процеса применом савремених инжењерских алата и метода. Основни допринос предметне дисертације односи се на реализацију постављених циљева истраживања, међу којима су најзначајнији:

- Анализа стања у области интеграције и симултаног пројектовања производа и технолошких процеса,

- Развој модела система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса,
- Повећање степена аутоматизације пројектовања производа и технолошких процеса,
- Програмско обједињавање активности концептуалног и детаљног пројектовања производа,
- Програмско обједињавање активности детаљног пројектовања производа, пројектовања делова и технолошких процеса и
- Дефинисање праваца будућег истраживања у области симултаног пројектовања производа и технолошких процеса.

Истраживањем у оквиру предметне дисертације постављен је и развијен модел програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса. Модел је детаљније приказан кроз развој модула за концептуално пројектовање производа и детаљно пројектовање производа и технолошких процеса. Модулом за симултано пројектовање производа и технолошких процеса обухваћене су одговарајуће активности рачунаром подржаног пројектовања производа, пројектовања делова и технолошких процеса са одговарајућим нивоом симултаности и аутоматизације појединих активности. Моделом система SIPROTEX обезбеђен је висок ниво уопштености, флексибилности и проширивости.

Модул концептуалног пројектовања производа базира се на модуларном приступу пројектовања концепције производа на основу специфичних захтева купаца и претходно постављених ограничења.

У оквиру модула детаљног пројектовања производа и технолошких процеса посебна пажња усмерена је на активност симултаног пројектовања производа и технолошких процеса. Симултано пројектовање производа и технолошких процеса извршено је на бази процесног приступа и модуларне архитектуре производа. Модул за детаљно пројектовање делова и технолошких процеса развијен је за групу делова призматичног облика, чије пројектовање је могуће реализовати помоћу елементарних технолошких типских форми глодања и бушења.

На основу развијеног модела симултаног пројектовања производа и технолошких процеса развијен је програмски систем за симултано пројектовање производа и технолошких процеса. Програмски систем SIPROTEX интегрисан је у оквиру програмског система *SolidWorks*®, у виду модула за концептуално пројектовање производа, модула за детаљно пројектовање производа и технолошких процеса и модула за управљање библиотеком ЕТТФ.

У оквиру модула за концептуално пројектовање производа, решавају се задаци из домена одговорности и улоге водећег пројектанта. Резултат активности концептуалног пројектовања производа, представља запремински модел концепције производа, са одговарајућом листом параметара. Ови резултати се преносе у модул детаљног пројектовања производа и технолошких процеса.

Детаљно пројектовање делова и технолошких процеса, као и планирање технолошких процеса обраде представља централну активност у оквиру програмског система SIPROTEX. Детаљно пројектовање делова и технолошких процеса реализовано је применом пројектовања на бази ЕТТФ (деструктивна метода). Активност планирања технолошких процеса базира се на процесу оптимизације редоследа извођења захвата обраде. Оптимизација редоследа извођења захвата обраде извршена је применом генетских алгоритама.

Висок степен флексибилности и проширивости система SIPROTEX обезбеђен је развојем програмског модула за управљање библиотеком елементарних технолошких типских форми.

Верификација примене развијеног система за симултано пројектовање производа извршена је на примеру производа из фамилије обрадних система применом развијених програмских модула. Програмски модул за концептуално пројектовање производа верификован је на примеру пројектовања запреминског модела концепције хидрауличне пресе за угаоно савијање лима. Верификација програмског модула за детаљно пројектовање производа и технолошких процеса извршена је на примеру хидрауличног модула пресе за угаоно савијање лима. Детаљно пројектовање дела и технолошког процеса, као и планирање технолошког процеса, извршено је на примеру хидрауличног цилиндра, као дела хидрауличног модула посматране пресе.

На основу анализе резултата истраживања и остварених циљева из предметне дисертације, може се закључити да је могуће развити систем за симултано пројектовање производа и технолошких процеса применом савремених инжењерских алата, као и да је могуће повећати ниво аутоматизације постојећих комерцијалних CAD/CAM програмских система.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Резултати истраживања у оквиру предметне дисертације су изложени на прегледан, систематичан и јасан начин. Развијени програмски систем за симултано пројектовање производа и технолошких процеса обезбеђује одговарајући ниво симултаности и у одређеном делу елиминира неке недостатке у активностима пројектовања производа и технолошких процеса.

У оквиру предметног истраживања, које се односи на развој програмског решења система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса, искоришћена је могућност надоградње и функционалног проширења комерцијалног програмског система SolidWorks®. Верификација развијеног програмског система за симултано пројектовање производа и технолошких процеса извршена је на конкретном производу из фамилије обрадних система и делу из групе призматичних делова.

Закључци до којих је кандидат дошао, исправно и квалитетно су протумачени применом признатих научно-истраживачких метода.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Докторска дисертација својим насловом, садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења тих резултата **садржи све битне елементе** који се захтевају за радове овакве врсте.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација представља оригиналан допринос науци због тога што:

- Програмски систем за симултано пројектовање производа и технолошких процеса је оригинално решење, које представља значајан допринос развоју алата за инжењерско пројектовање,
- Пројектовање производа применом технолошких типских форми и генерисање технолошког процеса њихове обраде на основу развијене одговарајуће базе знања, представља значајан допринос развоју интегрисаних CAD/CAPP система,
- Пројектовање делова, технолошких процеса њихове израде и одређивање оптималног редоследа извођења захвата обраде технолошких типских форми применом генетских алгоритама, чини допринос развоју интегрисаних система пројектовања делова и одговарајућих оптималних технолошких процеса обраде и
- Дефинисани правци будућих истраживања доприносе даљем развоју симултаног пројектовања производа и технолошких процеса.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација нема недостатака који би битно утицали на коначан резултат истраживања. Одређена уводна поглавља су нешто опширнија јер обухватају приказ области у нешто дужем временском периоду, што је утицало на обимност наведене дисертације.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, Комисија *позитивно оцењује поднету докторску дисертацију* кандидата **БОРОЈЕВИЋ мр СТЕВЕ**, дипломираног машинског инжењера, под називом

„РАЗВОЈ СИСТЕМА ЗА СИМУЛТАНО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПРОИЗВОДА И ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА“ и предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду и Сенату Универзитета у Новом Саду да поднету докторску дисертацију и овај извештај прихвате и одреде датум јавне одбране.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. **Др Љубодраг Тановић, редовни професор,**
ужа научна област: Производно машинство,
Машински факултет, Београд
2. **Др Слободан Навалушић, редовни професор,**
ужа научна област: Машински елементи, принципи
конструисања, теорија машина и механизма, пренос снаге и
кретања и инж. комуникације,
Факултет техничких наука, Нови Сад
3. **Др Милан Зељковић, редовни професор**
ужа научна област: Машине алатке, флексибилни технолошки
системи и аутоматизација поступака пројектовања,
Факултет техничких наука, Нови Сад
4. **Др Вид Јовишевић, редовни професор**
ужа научна област: Производно машинство,
Машински факултет, Бања Лука
5. **Др Велимир Тодић, редовни професор**
ужа научна област: Технолошки процеси, техноекономска
оптимизација и виртуелно пројектовање,
Факултет техничких наука, Нови Сад

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.