

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
ФАКУЛТЕТ: МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ БАЊА ЛУКА



**ИЗВЕШТАЈ**

о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације

**ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**

Одлуком Наставно-научног вијећа Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци број: 16/3.1109/15 од 11.06.2015. године именована је Комисија за оцјену подобности теме "Оптимизација поузданости рада производног система за производњу хигијенског папира коришћењем концепција одржавања према стању" и кандидата *мр Дејана Бранковића, дипл.инж.маш.* за израду докторске тезе (у даљем тексту: Комисија) у саставу:

1. Др Здравко Миловановић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци, уже научне области: Хидро и термоенергетика и Монтажне технологије и одржавање, предсједник Комисије;
2. Др Вид Јовишевић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци, уже научне области: Производно машинство, члан Комисије;
3. Академик Др Љубиша Папић, редовни професор Факултета техничких наука Чачак, Универзитета у Крагујевцу, уже научна област: Индустрijско инжењерство, члан Комисије.

Након што је прегледала и проучила Пријаву теме за израду докторске дисертације, биографију и библиографију кандидата *мр Дејана Бранковића, дипл.инж.маш.*, Комисија подноси Наставно-научном вијећу Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци и Сенату Универзитета у Бањој Луци слиједећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**О ОЦЈЕНИ ПОДОБНОСТИ ТЕМЕ И КАНДИДАТА  
ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

**1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ, НАУЧНА И СТРУЧНА ДЈЕЛАТНОСТ  
КАНДИДАТА**

**1.1. Биографија**

Кандидат *мр Дејан Бранковић, дипл.инж.маш.*, рођен је 06.03.1972. године у Бањој

Луци. Као ученик генерације завршио је средњу металску школу у Бањој Луци, смјер машински техничар, школске 1990/91. године. Машински факултет Универзитета у Бањој Луци, смјер Производно машинство уписао је школске 1991/92. године, а дипломирао школске 1997/98. године. Дипломски рад на тему „Ињекционо ливење дуропласта под притиском“ одбранио је на Машинском факултету у Бањој Луци са оцјеном десет (10), уз практичну примјену рада у индустријском систему Чајавец Холдинг. Постдипломске студије уписао је школске 2006/2007 године на Машинском факултету у Бањој Луци, одсјек Индустријски инжињеринг, смјер Управљање квалитетом и ефективни менаџмент. Исте завршава у новембру 2010. године, успјешном одбраном магистарског рада под називом „Развој модела утицаја провођења инвестиционих активности на ефективност индустријског система“. Цјелокупан радни ангажман кандидата *мр Дејана Бранковића, дипл.инж.маш.*, везан је за фабрику за производњу папира СХП Целекс а.д. Бања Лука, која је саставни дио интернационалне компаније *Slovak Hygiene Paper Group* у оквиру *ECO INVEST* Словачка. Као шеф службе одржавања, инжињеринга и одржавања и тренутно менаџер техничке подршке радио је на пословима организације и увођења модерних концепција одржавања према стању. Резултат тих активности је била и дефинисана полазна база података, која омогућава оптимизацију и унапређење процеса одржавања према унапријед дефинисаном критеријуму. Руковођење службом инжињеринга и управљање инвестицијама, које су саставни дио стратегије већинског акционара, додатно је омогућило имплементацију савремених метода управљања менаџментом, уз примјену потребних стандарда у овој области и ЕУ директива. Кандидат посједује сертификат *Project manager*, додијељен од стране интернационалне едукаторске куће *KOPEX spol.s.r.o.* Словачка. Такође, кандидат се активно служи енглеским језиком и посједује диплому *First Certificate*, издате од стране британске школе енглеског језика *Cambridge*. Ниво знања рада на рачунару подразумијева цјелокупан *Microsoft Office*, као и друге специјалистичке програме. Паралелно са редовним школовањем, кандидат је завршио и средњу Музичку школу у Бањој Луци, и стекао звање наставника хармонике. Ожењен је и отац два дјечака, 3 и 16 година.

## 1.2. Библиографија

### Магистарски рад

1. *Развој модела утицаја провођења инвестиционих активности на ефективност индустријског система*, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет, 2010.

### Радови објављени на конференцијама међународног значаја

#### а) Научни радови:

1. Бранковић, Д., Миловановић, З., Боројевић, С., *The performance of implementation of investment activities by applying the model of influence*, International Working Conference "Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches", Београд, 2015.
2. Бранковић, Д., Латиновић, Б., Миловановић, З., *Dewatering process optimization of paper machine by the new suction press roll polyurethane cover implementation*, 12. Међународна конференција о достигнућима електротехнике, машинства и информатике ДЕМИ 2015, Бања Лука 2015.

**б) Стручни радови и учешће у пројектима у оквиру пословног система интернационалне корпорације:**

1. Увођење Система управљања квалитетом SKQS према међународном стандарду ISO 9001 и ISO 14 001 у СХП Целекс, а д Бања Лука;
2. Члан пројект тима инвестиционих активности „Тоалетна линија 6“ и „Тоалетна линија 7“, 2005/2006.;
3. Пројект менаџер инвестиционе активности „Графостаница Банја Лука 7“ и повезивање индустријског постројења са новим извором напајања електричном енергијом, 2007.;
4. Пројект менаџер инвестиционих активности „Замјена аналогоног система регулације нисконапонског постројења папир машине“ и „Висконапонско постројење у СХП Целекс“, 2007.;
5. Члан пројект тима инвестиционе активности „Реконструкција линија мљевења целулозе“, 2007.;
6. Члан пројект тима инвестиционе активности „Нови систем рекулације топлоте папир машине у СХП Целекс“, 2009.;
7. Пројект менаџер инвестиционе активности „Линија за паковање у врећице“, 2010.;
8. Пројект менаџер инвестиционе активности „Линија за производњу марамица ХЛ5“, 2010.;
9. Члан пројект тима инвестиционе активности „Систем регулације спаљивања у котловима СХП Целекс“, 2010.;
10. Члан пројект тима инвестиционе активности „Замјена уложака економајзера на котловима СХП Целекс“, 2011.);
11. Члан пројект тима инвестиционе активности „Реконструкција система преговања тоалетне линије 6 у СХП Целекс“, 2011.;
12. Пројект менаџер инвестиционе активности „Адаптација кровне конструкције хале папир машине бр.1“, 2012.;
13. Члан пројект тима инвестиционе активности „Фабрика за пречишћавање отпадних вода“, 2013.;
14. Пројект менаџер инвестиционе активности „Носач креп шабера“, 2014.;
15. Пројект менаџер инвестиционе активности „Дупли шабер на усисној преси“, 2014.;
16. Пројект менаџер инвестиционе активности „Нова облога усисне пресе“, 2014.;
17. Пројект менаџер инвестиционе активности „Увођење производа *Away From Home*“, 2014.;
18. Пројект менаџер инвестиционе активности „Инсталација салветне линије НЛ12 у СХП Целекс“, 2014.;
19. Пројект менаџер инвестиционе активности „Редуктор сушионог цилиндра папир машине“, 2015.;
20. Члан пројект тима инвестиционе активности „Пакерица за соло ролне индустријског производа *Away From Home*“, 2015.;
21. Члан пројект тима инвестиционе активности „Реконструкција система намотача и провођења папирне траке папир машине“, 2015.

## **2. ЗНАЧАЈ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА**

### **2.1. Значај истраживања**

Тренд коришћења науке у практичним рјешењима рационализације производних

процеса за резултат има е снижење трошкова уз задржавање тражене квалитете и рока реализације. За испуњење овог циља користе се различите стратегије и методе, које према унапријед дефинисаном критеријуму додатно оптимизирају поједине функције или цјелокупни процес у производном систему, [1]. Одржавање је, као саставни дио интегралне системске подршке, неодвојив и веома битан сегмент производног система. Процес одржавања средстава за рад, као један од битнијих дијелова укупног производног процеса, има задатак спречавање и отклањање отказа система, првенствено кроз рационализацију и оптимизацију њиховог коришћења и повећање продуктивности и економичности трошења у самом процесу производње и експлоатације, [2]. Од интервенција које су се сводиле на „чекање на отказ“ одржавање се развило у мултидисциплинарну активност са циљем његовог предвиђења и превентивног спровођења активности задржавања „стања у раду“. На Конгресу ОЦДЕ 1963. године одржавање је дефинисано као „функција, чија је надлежност константан надзор над постројењима и вршење одређених поправки и ревизија, чиме се омогућава стална функционална способност и очување производних и помоћних постројења и опреме“, [3]. Ово је допринијело да се данас о одржавању не размишља као о потребној активности која има случајан карактер, већ као скупу сегмената или елемената који заједничким дјеловањем обезбјеђују одржавање „стања у раду“ техничког система, у складу са постављеним захтјевима и критеријумима. Развој и примјена нових метода у производним системима условио је и примјену нових метода, поступака и стратегија у одржавању опреме и средстава за рад. У пракси се могу дефинисати различити нивои и стратегије одржавања зависно од развијености производног система односно пословне политике конкретног пословног система. Одржавање производног система може бити: корективно, превентивно, превентивно по стању, теротехнолошко, логичко, планско, тотално продуктивно, поузданости оријентисано, и као највиши ниво – тежња ка самоодржавању, уз пратеће клонирање. Развијеност пословног система је у директној вези са степеном развијености нивоа и усвојене стратегије одржавања.

Истраживање метода оптимизације и повећања ефикасности производних индустријских система, са аспекта могућности стварања значајних економских резултата комплетних пословних система, представља основ за развој друштва у цјелини. Активности везане за смањење броја отказа, повећање поузданости постројења, уз смањење трошкова одржавања, повезане су са улогом и значајем службе одржавања у оквиру производних и пословних система. Из тог разлога, очекивани позитивни резултати примјене модела оптимизације поузданости техничког система на примјеру фабрике за производњу хигијенског папира требају наћи ширу примјену у сродним техничким системима, што би реализацији истраживања дало шири значај. Уколико се узме у обзир да је поменута фирма за имплементацију модела оптимизације (СХП Целех) чланица европске групације за производњу хигијенског папира и да добијена рјешења могу наћи примјену и ван граница наше заједнице, концепт истраживања треба бити компатибилан са европским и свјетским стандардима.

Анализа одржавања и повећање поузданости техничких система заступљена је у већем броју научно-стручних публикација, као резултат великог броја спроведених истраживања њихове примјенљивости у различитим сферама, почев од авио и намјенске индустрије, па преко енергетско-процесних, хемијских и других индустријских система. Унапређење система и концепције одржавања има за резултат повећање ефикасности производног система, повећање оперативне

готовости и поузданости, као и стварање услова за стабилну и континуирану производњу. Први радови који анализирају област одржавања техничких система и поузданости потичу из 30-тих година прошлог вијека, а односили су се на безбиједност система цивилне авијације у Енглеској. Значајнији обим истраживања у подручју одржавања авијације и наоружања се може уочити након другог свјетског рата и то у САД. У Европи, пројектом унификације јединствене стратегије одржавања, се од стране EFNMS (*European Federation of National Maintenance Society*) роkreћу активности на усвајању јединствене терминологије одржавања (1972. год.). Развој стратегије одржавања према стању детерминсан је развојем авио и војне индустрије, као и потреба за временски одређено и трајно праћења радних услова техничких система (енергетика и процесна индустрија).

Појавом директива новог приступа у ЕУ дефинисани су битни захтјеви које производни системи морају испуњавати да би своје производе могли пласирати на тржиште Европских земаља. Према томе значај овог истраживања је и у развоју нових метода којим би се успоставили производни системи који би поуздано испуњавали битне захтјеве производа.

## 2.2. Преглед досадашњих истраживања

Упоредо са развојем и праћењем техничких система развијале су се и посебне математичке дисциплине, као што је теорија поузданости - период од 1937. до 1952. године (W. Feller, A.J. Lotka, W. Weibul, N.E. Daniels и други). Почетком шездесетих година прошлог вијека значајан допринос развоју теорије система одржавања дали су М.Г. Кендал, Н.Н. Смирнов, А.М. Андронов, Ц.Е. Ламберт, Г.Б. Малицев, Г. Алефелд, Ј.И. Руденко, Г.А. Шапиро, Ц.М. Каплун и други). Тематика одржавања техничких система истраживана је кроз радове неколико научника са подручја бивше Југославије (Д. Зеленовић, Д. Солдат, З. Југовић, С. Холовац, Љ. Папић, Ј. Тодоровић, Д. Тодоровић, А. Јовановић, Ј. Петрић, Ж. Адамовић и други). У новијем времену, период од 1995. године, предмет истраживања поузданости добија на значају и на нашим просторима када настаје већи број научно-истраживачких радова, те магистарских радова и докторских дисертација (Љ. Папић, М. Булатовић, З. Миловановић, Ј. Кнежевић, М. Вујошевић, Р.Н. Грујић, М. Мачек, С. Марковић, Љ. Радовановић, Ч. Сушић и други). Одржавање техничких система и поузданост су регулисане и посебним прописима и нормама. Тако је у САД-у 1973. године уведен Закон о сигурности и поузданости техничких система, те одређени пратећи стандарди који покривају овај дио функције техничких система (IEC 60050-191, IEE Std. 379/77, IEE Std. 352/75). Основа законске регулативе простора бивше Југославије, који су одређивали област електронике и електротехнике, садржана је у оквиру ЈУС стандарда (ЈУС N.N0.022/71, ЈУС N.N0.023/72, ЈУС N.N0.024/74 и ЈУС N.N0.025/74). Данас се као основа националних стандарда узимају здружени *ISO/DEC* стандарди, као и *IEC* стандард, који су значајно термилошки промијенили неке од претходних смјерница везаних за експлоатацију и одржавање техничких система.

Управљање системом одржавања техничких система има за циљ одржавање оптимизираних величина стања промјенљивих параметара, одређених границама радног подручја у времену и у задатим условима рада. Најчешћи облик управљања системом одржавања је модуларног типа. У оквиру глобалног интегралног концепта информационог система предузећа, модул одржавања дефинисан је хијерархијским

карактером различитих подсистема и активностима које се извршавају на основу базе података, кориштењем експертних или других система. Појава виртуелних организација везана је за развој информационих технологија и њихово прилагођавање организацијама у савременим условима и начинима пословања. Формирање заједничког ланца снабдијевања између одвојених ентитета и дистрибуција информационих технологија за подршку пословном процесу омогућава организацијама учесницама да убрзано развијају своје радно окружење, с циљем крајње максимизације флексибилности и адаптабилности на промјене у окружењу, као и достизања критичних величина на бази тржишних ограничења и оптимизације глобалног ланца снабдијевања. Захтјеви постављени пред информационим системима у виртуелној организацији везани су за његову способност истовременог рада са више организација (*интерорганизациони информациони систем*). Примјена вјештачке интелигенције у рјешавању проблема управљања одржавања техничких система представља последицу људске тежње да путем вјештачке интелигенције путем рачунара замијени мисаоне активности и доношење одлука. Коришћење експертних система код одржавања техничких система засновано је на рачунаром подржаном систему са базама података, који се може користити код дијагностике отказа елемента или техничког система у цјелини, затим код одређивања најоптималнијих поступака за отклањање застоја и на крају за планирање у циљу давања прогноза о могућим неочекиваним сметњама у раду техничког система у будућности. При томе је, са појавом експертних система, значајније олакшан рад на одлучивању на оним мјестима гдје се доносе веома значајне одлуке по технички систем у цјелини, при чему се под експертним системом подразумева успостављање унутар рачунара дијела вјештине неког експерта која се базира на знању и у таквом је облику да систем може да предузме интелигентну одлуку о функцији која је у фази поступка одлучивања. Експертни системи могу на захтјев дијагностичара или другог специјалисте у одржавању дати и сам начин доношења закључака о стању елемента или техничког система у цјелини. Најчешће садржи одређен број подмодула, од којих се истичу подмодули за пројектовање техничког система за одржавање, пројектовање технологије одржавања и управљање одржавањем помоћу рачунара. С друге стране, управљање преосталим радним вијеком, одржавање на основу поузданости, одржавање уз анализу параметара ризика или непоузданости појединих компоненти изложених најтежим условима рада има све значајнију улогу, која од инжењерског профила особља захтијева рјешавање додатних захтјева. Овај процес, уз кориштење модерног приступа реинжењеринга, практично значи повећање ефикасности, брзине и смањење трошкова пословања. Као полазни концепт послужио је примјер једног од савременијих интегрисаних концепата развијен је у МПА Штудгарт, са интеграцијом постојећег стања знања и одговарајућих метода класичне анализе преосталог вијека трајања, употребе и одржавања базираног на стању, процјени ризика и управљању преосталим радним вијеком, савремених интелигентних софтверских система за управљање (*Knowledge Management System - KMS, Corporate Memory Systems - CMS, Knowledge Repository Systems - KRS, Data Warehouses* концепт), вјештачке интелигенције и одлучивања (*fuzzy* логика, неуронске мреже, препознавање и одлучивање на основу случаја и сл.), и оптимизацију процеса одлучивања (*Multi-Criteria Decision Making - MCDM*), уз укључивање услова окружења и одговарајућих економских услова. Такав систем подржава корисника анализе ризика у одређеним фазама, као што су:

- припрема анализе (структурирање постројења, избор материјала, вредновање

измјерених вриједности, анализа правила рада и других релевантних докумената и студије случајева, а на бази искустава из сличних ситуација),

□ извођење конвенционалне (квантитативне) анализе (анализа опасности и ризика, са интерпретацијом или стварним параметрима из експлоатације, интелигентно вођење кроз област рјешавања проблема),

□ извођење неконвенционалне (квалитативне) анализе (поређење конкретног случаја са базом података других сличних случајева, препознавање статистике у њима или утврђивање тренда и интелигентно вођење кроз област рјешавања проблема),

□ оптимизирано одлучивање у односу на различите ставове (нпр. избор алтернативног материјала).

Користећи постојећа истраживања у области примјене експертних система у одржавању, код постављања адекватног модела биће коришћени одређени елементи вјештачке интелигенције за обухват знања из производног система који се у оквиру ове дисертације разматра.

### **2.2.1. Преглед досадашњих публикација релевантних за предложену тему дисертације:**

Преглед досадашњих публикација аутора са подручја бивше Југославије релевантних за предложену тему истраживања:

1. *Панић, Љ., Миловановић, З.: Одржавање и поузданост техничких система, Systems Maintainability and Reliability, 2007.* Монографија представља комплексну анализу основа одржавања техничких система, методологије и примјене метода унапређења процеса одржавања и поузданости техничких система те односа ефеката улагања у компоненте производног циклуса према резултатима повећања ефикасности (поузданости, готовости и погодности одржавања). Добро изабран концепт одржавања, са правилном организацијом, програмирањем и остваривањем појединих активности одржавања у току експлоатације, уз добру обученост особља и обезбијеђен менаџмент квалитета у одржавању, утиче и на побољшање економских резултата пословног система. Истраживања усмјерена на повећање степена поузданости и управљање поузданошћу током животног циклуса система имају за циљ дефинисање скупа мјера заштите и њихову оптимизацију са аспекта истовременог обезбјеђења економичности експлоатације и остваривања сложених прописа везаних за заштиту човјекове околине и сигурност како самог пословног система тако и околине.
2. *Кондић, В., Хорват, М., Мароевић, Ф.: Примјена дијагностике као основе одржавања по стању на примјеру мотора особног аутомобила, Технички гласник 7, 1(2013), 35-41.* У чланку се посебно истичу мјере и методе превентивног одржавања по стању. Техничка дијагностика је један од кључних елемената у склопу поменуте методе превентивног одржавања. Конкретизација улоге техничке дијагностике је дата у оквиру експерименталних истраживања и то на конкретном примјеру аутомобила, односно на његовом мотору. Резултати истраживања показују да се у поступцима пројектовања и развоја нових техничких система од пројектаната и конструктора захтијева да уобзире и развој дијагностичке опреме која се уграђује или посебно испоручује уз нови технички систем, [4].
3. *Адамовић, Љ., Нестровић, Г., Радојевић, М., Пауновић, Љ.: Менаџмент*

индустријског одржавања, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин. Књига даје систематичан опис методологије, стратегије и менаџмента одржавања са примјером организације службе одржавања у великом предузећу. Одржавање се дефинише као идентификација и ублажавање деградације функционисања техничког система, али, и као враћање пројектованих функција система, њихових компонената и структуре у отказу, у првобитно стање. Посебан осврт се даје на значај одржавања на конкурентност производа на свјетском тржишту. То значи остварити производни процес са минималним трошковима одржавања уз истовремено обезбјеђење квалитета производа или услуга у договореним роковима и уз најнижу могућу цијену а да систем остане у границама профитабилности, [5].

4. Алексић, М., Станојевић, П., Митровић, С.: *Избор концепције одржавања комплексних бродских система, 51. Конференција ЕТРАН, Херцег Нови, 2007.* Аутори у раду стављају акценат на проблем избора концепције одржавања на примјеру одржавања сложених техничких система као што је систем управљањем брода. Приказана је оригинална методологија избора концепције одржавања на бази експертског знања послужилаца и одржавалаца морнаричких система, а према принципима RCM одржавања према поузданости, и то из разлога статистичке недовољности података о отказима. Пилот анализе које се направљене по овој методологији показале су њену примјенљивост и потенцијал за смањење трошкова одржавања, у конкретном случају у одржавању бродских система, [6].
5. Кутин, М.: *Оптимизација примјене дијагностичких техника и њихов утицај на поузданост техничких система, докторска дисертација, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 2010.* Оптимизација дијагностичких техника је основни предмет истраживања у овој докторској дисертацији. Доказивањем хипотезе о постојању утицаја увођења термографије, неконвенционалне дијагностичке методе и мониторинга техничког стања на повећање поузданости, смањење трошкова производње, продужење вијека експлоатације, већој заштити животне средине и вишем нивоу сигурности у раду, дисертација је потврдила постојање значајне и неодвојиве везе између ефективности техничког система и примјене модерних дијагностичких метода, [7].
6. Поповић, П., Ивановић, Г.: *Пројектовање поузданости машинских система, Институт нуклеарне науке „Винча“, Машински факултет, Београд, 2005.* Монографија даје одговоре на питање улоге пројектовања поузданости у фазама пројектовања техничких система, односно прије саме израде техничког система. Конкретан примјер се односи на моторна возила и анализу пројектовања поузданости. Значај истраживања је у универзалности, јер се примјењена методологија може користити и на друге машинске системе, [8].
7. Булатовић, М.: *Одржавање и ефективност техничких система, Универзитет Црне Горе, Машински факултет Подгорица, 2008.* Књига представља сумаризацију истраживања и анализе поузданости техничких система на конкретном примјеру промјене оперативне готовости и поузданости у фирми Фабрике за производњу глинице у Подгорици. Допринос научном истраживању је и представљена Метода инкорпорације параметара стања и вјероватноће отказа у експертни систем. Сложени проблеми одржавања са аспекта утврђивања и праћења стања система у функцији предвиђања и спречавања отказа ефикасно се рјешавају примјеном експертних система, [9].
8. Шћепановић, С., Вујовић, Л, Вујовић, Ј.: *Развојно одржавање јединке, XXXIX научно стручни скуп Одржавање машина и опреме, Београд, 2014.* Модел



одржавања приказан у овом раду је заснован на тимској организацији пројекта одржавања са основним циљем да унапређује јединку у процесу одржавања, да јој продужи вијек трајања и да се перманентно развија процес одржавања. Савремене тенденције у области развојног одржавања иду у правцу продужења радног вијека јединке, продужења радног периода између ремонта, скраћењу ремонтног периода до оптималне вриједности, уз постепени прелаз одржавања према утврђеном стању, особинама и планираном будућем стању јединке, [10].

9. Јовишевић В.: Примјена технологије метализације у одржавању, XXIV Југословенски мајски скуп одржавалаца средстава за рад - YUMO 2000, Херцег Нови, Зборник радова - Књига 1. стр. 215-220 (2000)
10. Јовишевић В., Цвијић М.: Аспекти одржавања технички индустријских производа у директивама новог приступа, Конференција одржавања КОД 2006 са међународним учешћем, Машински факултет, Подгорица, Тиват, 2006.
11. Јовишевић В., Боројевић, С.: Упутство за употребу топлводног котла на пелет у складу са захтјевима Европских директива, Конференција одржавања КОД 2007 са међународним учешћем, Машински факултет, Подгорица, Тиват, (2007)

Преглед неких од досадашњих иностраних публикација везаних за тему докторске дисертације:

1. *Kazaz, Burak., Sloan, W.T.: The impact of process deterioration on production and maintenance polices, European Journal of Operational Research, 227 (2013) 88-100, 2013.* Овај рад испитује једностепени производни систем чији се нарушени производни систем побољшава утицајем на одржавање. Настојање анализираних производног система је да произведе више производа, које се разликују према оствареној добити, те побољша очекивано време израде. Циљ је избор оптималног система производње и модела одржавања како би се добило максимално искоришћење у јединици времена. Рад приказује четири доприноса: уводи три критична показатеља за избор организације производног система, рад показује како комбинација критичних односа може резултирати одређивање оптималне политике производног система, рад показује утицај услова потражње на тржишту на оптималну политику производног система, развија низ неопходних услова који доводе до јединствене оптималне политике пословног система, [11].
2. *Burhanuddin, M.A., Halawani, S.M., Ahmad, A.R.: A Coasting Analysis Decision Making Grid Model in Failure-Based Maintenance, Hindawi Publishing Corporation, Advanced decision Sciences, Volume 2011, Article ID 205039, 2011.* Овим радом је анализиран процес одлучивања према *Decision Making Grid* моделу који се користи за идентификацију стратегије одржавања. Међутим, модел има ограничења, јер је сматрано да су само двије чињенице доминантне у систему одлучивања: застоји и учесталост кварова. Истраживање је формулисало и трећи фактор - трошкове одржавања, и то у оквиру стратегије одржавања према отказу. Служба одржавања, као саставни дио производног система, би требало да испуни све захтјеве одржавања индустријског система, тренутно анализира процесне информације и на основу улазних података формулише све активности према коначној одлуци. Као последица исправног и оптималног дјеловања службе одржавања сматра се смањење трошкова производње. Циљ овог рада је да се уведе формула којом ће се процијенити трошкови одржавања те да се процијени фактор ризика појаве стања отказа система, [12].
3. *Al-Najjar, B.: Cost-Effective & Continous Improvement of Production Process and*

*Company's Business when Using Total Quality Maintenance (TQMMain), International Conference on Maintenance Engineering, ChengDu, China, 2006.* Рад представља истраживање утицаја дијагностичких мјерења стања лежајева двије папир машине на ефективност производног система. Приказан је нови концепт одржавања према стању - *Condition-Based Maintenance*. Он има за циљ да се одржи поузданост не само машине, већ и квалитет битних елемената који су укључени у процес производње, методе, оперативну готовост, одговорност особља, утицај улазних сировина те квалитет руководећих структура. Главни резултати истраживања представљени су у оквиру неколико студија: доказано је продужење животности лежајева папир машине примјеном савремених дијагностичких праћења, доказан је утицај брзина машине у односу на информацију о стању лежајева, применом вибродијагностике и спектралне анализе, могуће је детектовати вибрације и утицати на квалитет финалног производа прије самог завршетка производног циклуса, анализирана је минимална годишња добит у оквиру трошкова одржавања. Главни закључак је: идентификовање и елиминисање узрока одступања у квалитету стања опреме у раној фази је од виталног значаја за постизање континуираног побољшања и осигурања што дужег животног вијека машина, [13].

4. Zhou, Y., Zhang, Z.: *Optimal Maintenance of a Series Production System with Two Multi-Component Subsystems and an Intermediate Buffer, Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability 2015, 17 (2) 314-325, 2015.* Овај рад развија метод оптимизације стратегије одржавања на основу примјене метода Марков-ог модела и то на примјеру паралелних система са два вишекомпонентна подсистема уз примјену резерве средње величине. Занимљиво је откриће да велики резервни капацитети не значе високе просечне учинке јер постоји јасна зависност трошкова одржавања, величине застоја али и постојања залиха. Средње велике резерве се често користе у практичном производним системима како би се смањио утицај застоја и одржавања на производни систем, [14].

### 2.3. Радна хипотеза са циљем истраживања

На основу постављеног проблема, спроведених анализа досадашњих истраживања рјешења датог проблема и образложеног циља истраживања, у оквиру дисертације постављају се следеће хипотезе:

- I. На радну способност индустријског производног система, који је статичан а налази се у динамичком окружењу и у сталној интеракцији са осталим елементима пословног система, може се активно утицати и држати је под контролом примјеном научних метода инжињерства животног циклуса техничких система;
- II. Постојеће стратегије одржавања према стању производних система за производњу хигијенског папира могу се значајно унаприједити имплементацијом нових рјешења праћења отказа и савременим системима техничке дијагностике, а све у сврху правовременог откривања потенцијалог узрока отказа и то путем:
  - примјене новог модела оптимизације поузданости производног система, уз коришћење савремених метода тренутне, периодичне или континуалне контроле параметара, те анализу критичних мјеста која узрокују отказе комплетног техничког система,
  - смањење броја отказа производног система а тиме и остваривање

позитивнијег пословног резултата (нагласак на смањење трошкова одржавања);

III. Анализа резултата експерименталних истраживања може да утиче на позитивну промјену степена оперативне готовости и поузданости кључних елеманата реалног индустријског система.

Ефекти примјене новог модела оптимизације поузданости производног система анализираће се у односу на резултате везане за одржавање техничког система за претходни период у ком су забиљежени проблеми и дефинисана критична мјеста у функционисању производног система. Нагласак ће се дати на елементе које је потребно унаприједити, како би крајњи резултат дјеловања и улоге система одржавања био позитиван, односно укупан број отказа производног система био сведен на најмању могућу мјеру. У складу са постављеним хипотезама извршиће се експериментално истраживање и анализа добијених резултата. Истраживање ће се провести у оквиру праћења и анализе података реалног индустријског система. Могућност приступа и истраживања у реалним условима производње је од великог практичног значаја, јер тренутно даје резултате који су претходно теоријски анализирани. Посљедња фаза истраживања у овом раду је верификација истраживања, уз имплементацију модела оптимизације поузданости техничког система у реалним условима производње на конкретном техничком систему (СХП Целех).

Циљеви, који се намећу као основни мотиви за истраживања у оквиру ове дисертације, су:

- обезбјеђење што је могуће континуалнијег рада индустријских производних система, чиме се смањују губици и трошкови усљед отказа производних система,
- повећање животног односно радног вијека производног система за нормалне услове рада,
- побољшање ефективности коришћења ресурса одржавања (радне снаге, производних капацитета, материјала, резервних дијелова, кооперације),
- одређивање мјере повезаности смањења обима техничког одржавања у односу на нарушавање максималне ефикасности производног система у оквиру комплетног пословног система,
- елиминација или смањење ризика по раднике у производном процесу, али и за средства за рад,
- отклањање свих евидентираних узрока проблема који произилазе из потребе провођења поправки, обезбјеђења резервних дијелова, замијенљивости и доступности, а на бази верификованих радних карактеристика и специфичности производног процеса и саме организације службе одржавања,
- поштивање мјера заштите радног персонала и околне животне средине,
- верификација испуњавања битних захтјева директива и стандарда ЕУ који се односе на безбједност производа у реалним условима производног система.

С обзиром на потребну количину података коју је потребно брзо и тачно обрадити, потребу праћења историје понашања опреме у експлоатацији, те потребу планирања и праћења послова и трошкова одржавања, наметнула са потреба развоја и увођења информацијског система подржаног рачунарима, као и потребном комуникацијском опремом и програмским системима за обраду и праћење података.

**Цитирана литература у поглављима циљ истраживања и преглед истраживања:**

- [1] Мајданџић, Н.: *Стратегије одржавања и информациони системи*, Славонски Брод, 1999.
- [2] Папић, Љ., Миловановић, З.: *Одржавање и поузданост техничких система, Systems Maintainability and Reliability*, Пријевор, 2007.
- [3] Рајец, Е.: *Теротехнологија*, Завод за продуктивност дела, Љубљна, 1974.
- [4] Кондић, В., Хорват, М., Мароевић, Ф.: *Примјена дијагностике као основе одржавања по стању на примјеру мотора особног аутомобила*, Технички гласник 7, 1(2013), 35-41.
- [5] Адамовић, Љ., Нестровић, Г., Радојевић, М., Пауновић, Љ.: *Менаџмент индустријског одржавања*, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин.
- [6] Алексић, М., Станојевић, П., Митровић, С.: *Избор концепције одржавања комплексних бродских система*, 51. Конференција ЕТРАН, Херцег Нови, 2007.
- [7] Кутин, М.: *Оптимизација примјене дијагностичких техника и њихов утицај на поузданост техничких система*, докторска дисертација, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 2010.
- [8] Поповић, П., Ивановић, Г.: *Пројектовање поузданости машинских система*, Институт нуклеарне науке „Винча“, Машински факултет, Београд, 2005.
- [9] Булатовић, М.: *Одржавање и ефективност техничких система*, Универзитет Црне Горе, Машински факултет Подгорица, 2008.
- [10] Шћепановић, С., Вујовић, Л, Вујовић, Ј.: *Развојно одржавање јединке, XXXIX научно стручни скуп Одржавање машина и опреме*, Београд, 2014.
- [11] Kazaz, B., Sloan, W.T.: *The impact of process deterioration on production and maintenance polices*, European Journal of Operational Research, 227 (2013) 88-100, 2013.
- [12] Burhanuddin, M.A., Halawani, S.M., Ahmad, A.R.: *A Coasting Analysis Decision Making Grid Model in Failure-Based Maintenance*, Hindawi Publishing Corporation, Advanced decision Sciences, Volume 2011, Article ID 205039, 2011.
- [13] Al-Najjar, B.: *Cost-Effective & Continous Improvement of Production Process and Company's Business when Using Total Quality Maintenance (TQMain)*, International Conference on Maintenance Engineering, ChengDu, China, 2006.
- [14] Zhou, Y., Zhang, Z.: *Optimal Maintenance of a Series Production System with Two Multi-Component Subsystems and an Intermediate Buffer*, Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability 2015, 17 (2) 314-325, 2015.

#### **2.4. Материјал и метод рада**

Процес доказивања постављене хипотезе подразумијева систематичан приступ анализи проблема, при чему се ток информација и података може подјелити у четири цјелине:

- почетни преглед теоријских истраживања,
- прикупљање реалних података из производног система,
- успостављање модификованог модела оптимизације поузданости,
- експериментална истраживања, поређење резултата истраживања и верификација истраживања, уз извођење пратећих закључака.

Теоретска истраживања ће се заснивати на анализи доступних досадашњих

истраживања из области одржавања индустријских производних система према стратегији одржавања према стању са контролом параметара. Постојеће концепције одржавања индустријских система су полазна основа за анализу стања и приједлог модела оптимизације праћења отказа реалног производног система те повећање поузданости комплетног техничког система. Концепције и системи за планирање поправки и предвиђање отказа ће послужити као основа за приједлог оптимизације модела праћења и превенције отказа производног постројења. Прикупљање реалних података се односи на евиденцију свих догађаја који условљавају отказе производног система у току редовног рада постројења. Откази који ће бити прћени уско су повезани са дјеловањем службе одржавања производног система, начином организације и система праћења свих одступања у процесу планирања и превенције отказа. Веома битан елемент за даљу комплетну анализу добијених резултата је издвајање утицајних фактора који нису у директној вези са одржавањем, као што су то услови технолошке природе, начин обезбјеђења резервних дијелова или утицај активности система логистичке подршке. Успостављање модела оптимизације поузданости и праћења производног система за производњу хигијенског папира представља настојање да се технички систем осавремени, смањи број и дужина трајања стања у отказу система, те постигну што бољи резултати у производном циклусу. Експериментална истраживања ће се односити на праћење реалних параметара са критичних мјеста која генеришу отказе производног реалног система – у конкретном случају фирме СХП Целекс, Бања Лука. Овај корак предвиђа припрему адекватне базе података, спровођење комплетне статистичке анализе, утврђивање веза са осталим техничко-технолошким цјелинама, одређивање интервала повјерења, те математичко тестирање постављених хипотеза. Резултати примјене одређених побољшања процеса одржавања су конкретни, у виду добијених (мјерљивих) директних и индиректних резултата у производном процесу. Обрада добијених резултата ће се обавити с циљем потврђивања ваљаности формираног модела оптимизације поузданости, као и самог алгорита за праћење и превенцију отказа. Резултати оптимизације биће коришћени у верификационим истраживањима описаним у оквиру постављених циљева ради извођења закључака.

У поступку израде докторске дисертације користиће се сљедеће научне методе:

- метода анализе (односи се на почетни дио прегледа теоријских истраживања),
- метода дескрипције (приликом описа резултата досадашњих истраживања),
- метода моделовања (приликом израде модела оптимизације одржавања техничког система),
- метода индукције (приликом извлачења општих закључака о успјешности различитих доказаних модела одржавања у сличним техничким системима као што је индустријско производно постројење за производњу хигијенског папира),
- статистичке методе (прикупљање података/узорака, тестирање функција закона расподјеле, параметарски тестови),
- методе синтезе (за анализу резултата истраживања).

## **2.5. Научни допринос истраживања**

У току истраживања у оквиру докторске дисертације реализоваће се сљедеће фазе:

- анализа и проучавање прикупљене литературе која се односи на проблем истраживања,

- припрема теоретских основа везаних за одржавање према стању, теорије оптимизације и примјенљивости утврђених критеријума оптимизације за различите техничке системе, уз конципирање конкретног модела одржавања реалног индустријског производног система за производњу хигијенског папира,
- утврђивање алгоритма новог модела оптимизације одржавања према стању на основу претходно дефинисаних критеријума оптимизације за дати сектор индустријског производног система за производњу хигијенског папира,
- избор „on-line“ система за праћење стања појединих елемената техничког система и имплементацију новог модела оптимизације одржавања према стању,
- избор дијагностичке методе (тренутне, повремене или сталне) за утврђивање критеријума техничког стања,
- избор критеријума и методе оптимизације, уз формирање неопходне базе података о свим активностима службе одржавања везаним за предмет истраживања,
- обрада прикупљених података уз избор адекватне статистичке методе, уз оцјену грешке,
- провјера хипотеза и анализа добијених резултата,
- закључак и приједлози за даље правце истраживања у овој проблематици.

Значајан дио истраживања у оквиру докторске дисертације биће примјерима везан за функцију и улогу службе одржавања реалног индустријског производног система за производњу хигијенског папира СХП Целекс, Бања Лука. Поменућа фирма има сталну потребу за дјеловањем службе одржавања, јер се ради о континуалном производном процесу у којем сваки појединачни отказ система папир машине значи тренутни губитак производње од 4,8 t/h, што представља велики губитак у добити предузећа. Овај податак је релевантан улазни податак за почетно дефинисање и праћење елемената укупне ефективности система папир машине и поређење са подацима из претходног периода. Дефинисањем и имплементацијом модела оптимизације анализираће се његова примјена у реалним условима производње уз извођење одговарајућих закључака. Обрада статистичких података ће се односити на статистичку анализу промјене стања техничког система. Пошто је та промјена случајног (стохастичног) карактера узрокована већим бројем фактора у експлоатацији, представља се са функцијом густине расподеле параметара стања у било ком тренутку времена и тестира према законима функција расподеле. Анализа обухвата тестирање интервала поузданости, откривање симптома неисправног стања, одређивањем појединих параметара стања и њиховим упоређивањем са дозвољеним вриједностима.

## **2.6. Подобност кандидата**

Кандидат *мр Дејан Бранковић, дипл.инж.маш.* у својству аутора и коаутора има у свом досадашњем раду више објављених научних и стручних радова, што га кандидује за реализацију поступка израде докторске дисертације.

## **2.7. Биографски подаци, научна и стручна дјелатност предложеног ментора / коментора**

### **2.7.1. Биографски подаци, научна и стручна дјелатност предложеног ментора**

❖ **Др Здравко Миловановић**, редовни професор Машинског факултета

Универзитета у Бањој Луци, уже научне области: Монтажне технологије и одржавање и Хидро и термоенергетика

Др Здравко Н. Миловановић је рођен у Дријену, општина Дервента, СР БиХ. Основну школу је завршио у Дријену и Календеровцима, а гимназију у Дервенти. Машински факултет завршио је у Сарајеву 1988. године. Постдипломски студиј је уписао у Сарајеву на смјеру процесна техника, а исти окончао у Бањој Луци одбраном магистарског рада. У периоду од 1998. године па до 2001. године ангажован је као виши асистент на Машинском факултету на предмету «Основи термоенергетике» (раније «Термоенергетска постројења»). Докторску дисертацију „Модификована метода за процјену оптималне поузданости кондензационе Термоелектране“ под менторством професора др Драгомира Миличића и академика професора др Љубише Папића одбранио је почетком 2001. године на Машинском факултету у Бањој Луци. Од 01.10.2007. године запослен је у пуном радном времену на Машинском факултету у Бањој Луци, гдје је и тренутно ангажован у својству редовног професора на ужој научној области Хидро и термоенергетика (раније Термотехнички системи), као и на ужој научној области Монтажне технологије и одржавање. Др Здравко Н. Миловановић је био члан секретаријата, као и члан Програмских и Научних одбора више домаћих и међународних конференција. Члан је Савеза енергетичара Републике Српске од његовог оснивања и први предсједник Управног одбора удружења Друштва одржавалаца средстава за рад Републике Српске. Такође је члан Савеза енергетичара Србије. У свом досадашњем раду др Здравко Н. Миловановић је објавио и публикувао у домаћим и страним стручним часописима, зборницима радова са савјетовања и монографијама преко 200 научно-стручних радова, информација и саопштења. Руководилац више научно-истраживачких и стручних пројеката финансираних од стране ресорног министарства за науку и технологију, домаћих и иностраних компанија. Аутор 1 књиге и 6 монографија. Ментор или коментор 2 докторске дисертације, 6 магистарских теза и више дипломских радова на петогодишњем циклусу ранијег студија на Машинском факултету у Бањој Луци. Био је или је тренутно члан редакционог или стручног савјета више научно стручних часописа или билтена (American Journal of Mechanical Engineering, American Journal of Energy Research, Техника Београд, ИиПП, ОМО, СЕРС Енергетичар, Билтен друштва одржавалаца средстава за рад Републике Српске, Билтен стручне институције за техничке прегледе возила Републике Српске, итд.), а као гостујући уредник и часописа Термотехника Београд. Главни уредник је часописа Energy and Environmental Engineering (Website: [http://www.hrpub.org/journals/jour\\_info.php?id=45](http://www.hrpub.org/journals/jour_info.php?id=45)). Рецензент је више научних и стручних књига у области коју покривају уже научне области Монтажне технологије и одржавање и Хидро и термоенергетика (раније Термотехнички системи).

#### ***2.7.2. Биографски подаци, научна и стручна дјелатност предложеног коментора***

- ❖ **Др Вид Јовишевић**, редовни професор, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет Бања Лука, ужа научна област: Производно машинство

Др Вид Јовишевић је рођен 22. фебруара 1947. године у Подгорији, Мркоњић Град, Република Српска. БиХ. Дипломирао је на Машинском факултету у Београду, магистрирао на Факултету стројарства у Загребу, докторирао на Машинском факултету у Београду. Објавио је преко 100 научних и стручних радова у часописима

и на научно стручним скуповима у земљи и иностранству. Израдио је преко 120 пројеката и студија за потребе привреде. Аутор је једне монографије, једног универзитетског уџбеника, двије стручне књиге и двије скрипте. Члан је комисије на двије докторске дисертације на Факултету техничких наука у Новом Саду и три докторске дисертације на Универзитету Бања Лука, ментор на двије магистарске тезе и ментор преко 50 дипломских радова. Члан је научног одбора више научних и стручних скупова као што су: Савјетовање производног машинства, ЈУПИТЕР конференција, ММА Конференција, ДЕМИ савјетовање и КОД конференција. На Машинском факултету у Бањој Луци је шеф катедре за производне и рачунаром подржане технологије, у чијем саставу се налази и лабораторија за пројектовање технолошких процеса. Радио је у Фабрици алатних машина „Јелшинград“, Бања Лука 27 година, као пројектант, технолог, пројектант производних система, директор развоја технологије и директор развоја фабрика алатних машина. За то вријеме „Јелшинград“ је остварио више међународних уговора са великим западним фирмама у производњи и извозу машина за обраду метала деформисањем. Боравио је више пута на усавршавању у Фабрици машина за обраду метала деформисањем LVD Белгија, на специјализацији за пројектовање производа и технологија и управљање производњом.

#### **2.8. Изјава да ли је пријављена тема под истим називом на другој високошколској институцији**

Кандидат *мр Дејан Бранковић, дипл.маш.инж.* је дао изјаву да пријављена тема докторске дисертације под овим истим називом није пријављена на другој високошколској институцији.

#### **2.9. Процјена потребног времена израде дисертације, мјесто истраживања**

Планирано је да се укупна процедура израде и одбране докторске дисертације заврши до краја 2017. године, у складу са важећим Законом о високом образовању. С обзиром на прегледану пријаву дисертације, врсту проблема и његов обим којим ће се кандидат позабавити, реално је очекивати да се рад на изради ове докторске дисертације може завршити у року од 30 мјесеци.

### **3. ОЦЈЕНА И ПРИЈЕДЛОГ**

Након што је прегледала Пријаву теме за израду докторске дисертације и извршила увид у досадашњи научно-истраживачки рад, биографију кандидата и библиографију објављених радова Комисија констатује да *мр Дејан Бранковић, дипл.инж.маш.* испуњава све услове да може да приступи изради докторске дисертације у складу са важећим прописима, а посебно са чланом 58. Закона о универзитету и Статутом Универзитета у Бањој Луци.

Предложена тема за израду докторске дисертације је актуелна и значајна. Досадашња истраживања показују да су у области анализе и додатне оптимизације поузданости рада производног система за производњу хигијенског папира потребна додатна истраживања, како са научног становишта (примјена концепција одржавања према стању), тако и са становишта примјене добијених резултата у пракси. Комисија сматра да постоје реални услови да кандидат у даљем истраживању успјешно реализује постављене циљеве и добије значајне оригиналне резултате.



Предложена тема докторске дисертације "Оптимизација поузданости рада производног система за производњу хигијенског папира коришћењем концепција одржавања према стању" кандидата мр Дејана Бранковића, дипл.инж.маш. задовољава све критерије за пријаву теме докторске дисертације.

На основу детаљне анализе Пријаве теме за израду докторске дисертације Комисија упућује позитивну оцјену Наставно-научном вијећу Машинског факултета у Бањој Луци и Сенату Универзитета у Бањој Луци, те предлаже да се ова оцјена прихвати и кандидату мр Дејану Бранковићу, дипл.инж.маш. одобри израда докторске дисертације под називом "Оптимизација поузданости рада производног система за производњу хигијенског папира коришћењем концепција одржавања према стању има".

За ментора се предлаже др Здравко Миловановић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци, а за коментора др Вид Јовишевић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци.

#### ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

.....  
 Др Здравко Миловановић, редовни професор, предсједник

.....  
 Др Вид Јовишевић, редовни професор, члан

.....  
 Академик Др Љубиша Гапић, редовни професор, члан

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