

35. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

35th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS



UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

Beograd, jun 2009.

35. JUPITER KONFERENCIJA

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

28. simpozijum
**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA**



22. simpozijum
CAD/CAM

31. simpozijum
NU – ROBOTI –FTS

37. simpozijum
**UPRAVLJANJE PROIZVODNOM U
INDUSTRIJI PRERADE METALA**

15. simpozijum
MENADŽMENT KVALITETOM

Organizator:

UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

Beograd, 17-18. jun 2009.

**35. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem**

ZBORNİK RADOVA

Organizator:

UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

Adresa:

Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija

Tel: 011-3370341, Fax: 011-3370364

El. pošta: jupiter@mas.bg.ac.yu

Tehnički urednici:

Prof. dr Petar B. Petrović

Mr Živana Jakovljević

Mr Mihajlo Popović

Beograd, jun 2009.

Tiraž: 200 primeraka

Štampa: **JO-GO Design Studio**

11000 Beograd, Višnjička 45A, tel: 011 2979 139

ISBN 978-86-7083-666-2

35. JUPITER KONFERENCIJA

PROGRAMSKI I NAUČNI ODBOR

Predsednik:

Prof. dr Milisav Kalajdžić, Mašinski fakultet Beograd

Članovi:

Prof. dr Bojan Babić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Pavao Bojanić, Mašinski fakultet Beograd • mr Goran Vujačić, Viša politehnička škola Beograd • Prof. dr Miloš Glavonjić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Dragan Domazet, Mašinski fakultet Niš • Prof. dr Ljubomir Lukić, Mašinski fakultet Kraljevo • Prof. dr Milan Zeljković, FTN Novi Sad • Prof. dr Miodrag Lazić, Mašinski fakultet Kragujevac • mr Ilija Latinović, LOLA Institut Beograd • Prof. dr Vidosav Majstorović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Vladimir Milačić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Dragan Milutinović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Dragoje Milikić, FTN Novi Sad • Prof. dr Zoran Miljković, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Miloš Nedeljković, dekan, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Petar Petrović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Miroslav Pilipović, Mašinski fakultet Beograd • Doc. dr Radovan Puzović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Žarko Spasić, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Ljubodrag Tanović, Mašinski fakultet Beograd • Prof. dr Velimir Todić, FTN Novi Sad • Prof. dr Ilija Ćosić, FTN Novi Sad • Prof. dr Emilia Assenova (Bugarska) • Prof. dr Vladimir I Averchenkov (Rusija) • Prof. dr Nikolai I. Bobir (Ukrajina) • Prof. dr Konstantin D. Bouzakis (Grčka) • Prof. dr Miodrag Bulatović (Crna Gora) • Prof. dr Doina Dragulescu (Rumunija) • Prof. dr Alexander Janac (Slovačka) • Prof. dr Vid Jovišević (Bosna i Hercegovina) • Prof. dr Michael I Kheifetz (Belorusija) • Prof. dr Sergey A. Klimenko (Ukrajina) • Prof. dr Radovan Kovačević (SAD) • Prof. dr Andrey A. Kutin (Rusija) • Prof. dr Peter P. Melnichuk (Ukrajina) • Prof. dr Nicolae Negut (Rumunija) • Prof. dr Stanislaw Pytko (Poljska) • Prof. dr Sreten Savićević (Crna Gora) • Prof. dr Mirko Stojović (Slovenija) • Prof. dr Victor K. Starkov (Rusija) • Prof. dr Momir Šarenac (Bosna i Hercegovina) • Prof. dr Radomir Vukasojević (Crna Gora) • Prof. dr Milan Vukčević (Crna Gora)

ORGANIZACIONI ODBOR

Predsednik:

Prof. dr Petar B. Petrović, MF Beograd

Sekretar:

Asist. mr Živana Jakovljević, MF Beograd

Članovi:

Asist. mr Branko Kokotović, MF Beograd • Asist. mr Mihajlo Popović, MF Beograd • Asist. mr Božica Bojović, MF Beograd • Asist. mr Saša Živanović, MF Beograd • Asist. mr Goran Slavković, MF Beograd • Vladimir Mikovic, MF Beograd

ZAHVALNICA

Organizacioni odbor 35. JUPITER konferencije se najsrdačnije zahvaljuje svim institucijama i pojedincima koji su ličnim angažovanjem i konstruktivnim delovanjem pomogli u organizovanju ove konferencije.

Posebno se zahvaljujemo kompanijama koje su svojim aktivnim učešćem kroz prezentacije proizvodnih programa i tehničkim demonstracijama podržali inicijativu JUPITER asocijacije za pokretanje pilot projekta izgradnje Nacionalne tehnološke platforme za domen proizvodnog inženjerstva kao formalnog okvira za razvoj novog tehnološkog jezgra industrije Republike Srbije.

Kompanije partneri koje su podržale organizaciju i aktivno učestvovalе u radu 35. JUPITER konferencije:

ABS Holdings, Beograd
CAD - CAM Data, Beograd
CIM College, Niš
DIPAR SEW, Beograd
Elektrocoil PHOENIX, Beograd
Fluid Automation – NORGREN, Jagodina
Gartner, Beograd
HENKEL Loctite, Beograd
ICM Electronics, Novi Sad
IGUS, Beograd
IKARBUS a.d., Zemun
ITW Welding Products, Beograd
KOLUBARA Metal, Vreoci
METALAC, Gornji Milanovac
MICROSOFT, Beograd
MIKROKONTROL, Beograd
NIS Gaspromnjeft, Beograd
Prvi partizan, Užice
ROBOTAKT, Valjevo
SAP, Beograd
SOLFINS, Beograd
Comtrade Group, Beograd
VELPAN, Kikinda
VESIMPEKS, Beograd
Water Jet, Mladenovac
XILIA, Beograd

(navedeno po abecednom redosledu)

PREDGOVOR

JUPITER Asocijacija formirana je davne 1974. godine kao novi formalni okvir kojim su objedinjene aktivnosti koje je u to vreme sa velikom agilnošću pokrenula Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Te aktivnosti su bile usmerene u pravcu mobilisanja domaćih kompanija, prvenstveno za oblast industrije mašingradnje i prerade metala, u cilju uvođenja i omasovljenja primene novih tehnologija, posebno tehnologija numeričkog upravljanja mašina alatki, robotizacije i gradnje nove generacije sistema za automatizaciju proizvodnih procesa, zatim uvođenja kibernetičkog pristupa u upravljanju proizvodnih i poslovnih sistema, i uvođenja kompjutera u inženjerske aktivnosti projektovanja proizvoda, procesa i planiranja proizvodnje.

U mnogo čemu pionirske i aktuelne ne samo za domaće već i za šire razmere, te aktivnosti su se tada odvijale na jednom širokom prostoru koji je obuhvatao sve republike bivše Jugoslavije, sa respektivnim ljudskim i materijalnim potencijalima. Rezultati su bili respektivni: Projektovana je i uspešno realizovana prva numerički upravljana mašina alatka, koja bez prisustva čoveka sprovodi kompleksne procese rezanja materijala i autonomno stvara nove proizvode; Projektovan je i realizovan prvi industrijski robot koji je imao sposobnost da zameni čoveka u teškim i monotonim operacijama industrijske proizvodnje. Koncipiran je i realizovan prvi sistem kompjuterskog upravljanja poslovnim procesima jedne proizvodne kompanije korišćenjem tehnologije umrežavanja, u vreme kada Internet nije postojao ni kao ideja; Prvi crteži i tehnološki postupci stvoreni bez papira, isključivo primenom kompjutera koji postaje elektronska tabla na kojoj se crta i osmišljavaju inženjerski proizvodi; Prvi domaći industrijski računar za upravljanje proizvodnim procesima i mašinama alatkama.

JUPITER asocijacija traje i danas. Turbulencije devedesetih godina prošlog veka, uključujući i brutalna ratna dejstva 1999. godine, nisu bila prepreka da se aktivnosti JUPITER asocijacije zaustave. One su se odvijale istim intenzitetom, istim entuzijazmom i sa istim ciljevima, bez obzira na drastične promene ambijenta u kome se delovalo.

Bez sumnje, ambijent se i danas menja. Te promene su svakodnevne i ubrzavaju se. Menjaju se i izazovi, ali ciljevi JUPITER asocijacije ostaju isti: uvođenje inovativnih tehnologija i stvaranje novih tehnoloških prostora, osavremenjavanje i povećavanje inženjerskih znanja, harmonična i koherentna mobilizacija resursa industrije Srbije, posebno sektora mašingradnje i prerade metala.

Srpska ekonomija se danas nalazi u završnoj fazi svojinske, programske i tehnološke transformacije. Privatizacijom proizvodnih kompanija nestaju elementi centralizovanog upravljanja socijalno koncipirane ekonomije. Dimenzija jedinstva i potreba za sinhronizovanim delovanjem u okvirima zajednički formulisane vizije razvoja i zajednički definisanih prioriteta u stvaranju jednog kreativnog i produktivnog ambijenta u srpskoj industriji, ipak ostaje i dalje prisutna.

Podjednako intenzivne su promene i u domenu programskog profila domaćih kompanija i potreba u domenu tehnologija. Privatizovane kompanije zamenjuju stare programe novim i imaju intenzivnu potrebu za primenom novih tehnologija, posebno onih koje u svojoj osnovi imaju informaciono-komunikacione tehnologije, kao i širi spektar tehnologija za automatizaciju proizvodnih procesa, uključujući i tehnologiju inteligentnih proizvodnih sistema. Nove kompanije uvode nove sadržaje i popunjavaju

upražnjene prostore, nudeći nove proizvode u kontekstu globalnih potreba i trendova razvoja srpske ekonomije.

Posebno značajan izazov u procesu uspostavljanja nove srpske ekonomije je njena transformacija kroz transformaciju tehnoloških osnova domaćih kompanija iz oblasti mašingradnje i prerade metala, u kontekstu približavanja Srbije evropskim integracijama. Novi standardi tehničkih i ekoloških performansi proizvoda, kao i nova društvena uloga, odnosno profil interakcije proizvodna kompanija - društvo, nameću nove potrebe. Najznačajnija potreba je znanje i sa tim povezan proces obrazovanja i kontinualnog osavremenjavanja znanja, na čemu se gradi fleksibilnost i prilagodljivost kompanije da brzo reaguje na potrebe tržišta i stvara nove i inovativne proizvode.

JUPITER asocijacija treba da odgovori novim izazovima i da se prilagodi novom ambijentu u kome egzistira. Pored kolegijalnog druženja, razmene ideja i informacija, kao i saopštavanja sopstvenih rezultata teorijskih istraživanja i industrijskih primena, rad 35. JUPITER konferencije će biti fokusiran u pravcu izgradnje Nacionalne tehnološke platforme za domen proizvodnog inženjerstva kao formalnog okvira za sinhrono delovanje na nacionalnom nivou, sa ciljem razvoja novog tehnološkog jezgra industrije Republike Srbije i njene integracije u tehnološki prostor Evropske Unije. Ove aktivnosti su organizovane u obliku tematskog foruma: **Nacionalne tehnološke platforme Srbije**, koji se sastoji iz šest sesija grupisanih u dva bloka. U okviru prvog bloka biće razmatrani konceptualni i organizacionih aspekti, dok će drugi blok biti realizovan u formi Tehnološke radionice za inovativne proizvode, gde se vodećim kompanijama domaće industrije, posebno iz segmenta malih i srednjih preduzeća – tehnoloških provajdera, stavlja na raspolaganje mogućnost tehničkih prezentacija i praktične demonstracije najaktuelnijih proizvoda, rešenja i usluga. Sa ciljem boljeg upoznavanja domaće stručne i naučne javnosti sa suštinom koncepta Evropskih tehnoloških platformi, na 35. JUPITER učestvovaće i ugledni predavači iz inostranstva kroz različite oblike saopštenja o Evropskim tehnološkim platformama za oblast proizvodnih tehnologija, robotike i mikro-nanoproizvodnih tehnologija.

Kao i prethodne godine, JUPITER konferencija se održava na svom izvoristu, u Centru za nove tehnologije Katedre za proizvodno mašinstvo, Mašinskog fakulteta u Beogradu. Bićete naši dragi gosti, dobro došli na 35. JUPITER Konferenciju.

U Beogradu, 17.06.2009. godine.

Predsednik organizacionog odbora

Prof. dr Petar B. Petrović

JUPITER SIMPOZIJUMI

Osnovni naučni sadržaj 35. JUPITER konferencije obuhvaćen je tradicionalnim simpozijumima koji su organizovani u okviru pet naučnoistraživačkih tematskih celina, koje se odnose na najznačajnije segmente savremenog inženjerstva za domen proizvodnih tehnologija.

28. simpozijum:

CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA

U okviru ovog simpozijuma obuhvaćen je širok spektar istraživačkih tema koje se odnose na kompjutersko-komunikacione tehnologije i njihovu primenu u oblasti proizvodnog inženjerstva. Gotovo tri decenije sistematski se mobilise domaća nauka i industrija da istražuje različite aspekte integracije kompjuterom podržanih poslovnih funkcija u jednu jedinstvenu dinamičku celinu u kojoj se kroz dinamično preplitanje fizičkog i apstraktnog sveta obezbeđuje poslovna kompetitivnost kompanije. Pored čisto istraživačkih aspekata, u okviru ovog simpozijuma obradjuju se industrijske aplikacije i prezentuju praktična iskustva. Osnovni tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- Informaciona integracija preduzeća,
- CIM medjuveze (interface) i medjunarodni standardi,
- Integracioni CASE alati i metodologije,
- Edukacija za CIM sisteme.

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sesiji 100.

22. simpozijum:

CAD/CAM

Savremeno inženjersko projektovanje na može se zamisliti bez ekstenzivne primene kompjutera u svim fazama, počev od faze koncipiranja pa do završne faze formiranja radioničke dokumentacije. CAD / CAM simpozijum fokusiran je na istraživačko-razvojne i aplikativne aspekte primene kompjutera u projektovanju proizvoda i tehnologija. Osnovni tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- CAD/CAM sistemi,
- Kompjuterska grafika,
- Modeliranje i simulacija,
- Inženjerske analize.

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sesiji 200.

31. simpozijum:

NU – ROBOTI – FTS

U okviru ovog simpozijuma razmatraju se kroz jedan vrlo širok tematski okvir osnovni mehatronski entiteti savremenih proizvodnih tehnologija - numerički upravljanja mašina alatka i industrijski robot, kao i varijantni oblici njihove integracije u tehnološke sisteme različitog nivoa složenosti (obradni sistem, tehnološka, ćelija, proizvodne linije). Savremene tendencije u razvoju proizvodnih sistema koje su usmerene u pravcu razvoja inteligentnih proizvodnih procesa i tehnologija, razvoja novih koncepata mašina alatki i robota, kao i razvoja nekonvencionalnih tehnologija obrade materijala su tematski prioriteti. Širi tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- NUMA sistemi,
- Industrijski roboti,
- FTS i nove generacije tehnoloških sistema i fabrika,
- Novi proizvodi tehnologije i procesi,
- Edukacija za NU – ROBOTI - FTS

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sesiji 300.

37. simpozijum:

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U INDUSTRIJI PRERADE METALA

Tematski okviri ovog simpozijuma odnose se na jedan širok spektar tehnologija na kojima se bazira automatizacija proizvodnih procesa i informacionih sistema za upravljanje proizvodnjom. U tematskom smislu ovo je simpozijum koji ima najdužu tradiciju i iz koga je evoluirala JUPITER konferencija. Širi tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- Informacioni sistemi za upravljanje proizvodnjom,
- Baze podataka i baze znanja,
- Poslovno okruženje i upravljanje proizvodnjom,
- Modeli sistema za donošenje odluka.

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sesiji 400.

15. simpozijum:

MENADŽMENT KVALITETOM

Dimenziona metrologija, metrologija/karakterizacija površi i širok spektar pitanja koja se odnose na upravljanje kvalitetom proizvoda i tehnoloških procesa, obuhvaćen je ovim simpozijumom. Prateći savremene trendove razvoja nauke u domenu proizvodnog inženjerstva, ovi sadržaji su izdvojeni iz opšteg korpusa proizvodnog inženjerstva u posebnu celinu u trenutku kada upravljanje kvalitetom (TQM) postaje jedan od ključnih elemenata konkurentnosti i opšte poslovne uspešnosti kompanije. Širi tematski okviri ovog simpozijuma uključuju:

- Menadžment sistemima kvaliteta (ISO 9000, ISO 14000),
- Poslovna izvrsnost,
- Integrisani menadžment sistemi,
- Inteligentna proizvodna metrologija.

Radovi obuhvaćeni ovim simpozijumom saopštavaju se na sesiji 500.

Svi radovi koji se saopštavaju na simpozijumima su recenzirani i samo oni radovi koji ispunjavaju zahtevane kriterijume naučno-stručnog kvaliteta kao i formalno-tehničke standarde definisane odgovarajućom regulativom JUPITER asocijacije uključeni su u rad konferencije. Autori saopštavaju radove oralnim prezentacijama na paralelno organizovanim sednicama, korišćenjem savremene prezentacione tehnike. Moderatori simpozijuma, ugledni profesori i istraživači relevantni za tematsku oblast simpozijuma, određuju se od strane organizacionog i naučno-programskog odbora JUPITER konferencije i zadužuju za organizovanje i vodjenje simpozijuma, kao i pisanje izveštaja o radu simpozijuma u kome se obavezno sadrži informacija o izloženim radovima i imena autora koji je izlagao rad. Izveštaj o radu simpozijuma se čuva kao zvanični dokument u arhivi JUPITER asocijacije.

Tematski forum:

NACIONALNE TEHNOLOŠKE PLATFORME SRBIJE

JUPITER asocijacija na sistematičan način gaji i razvija duh pokretača širih inicijativa sa ciljem jačanja sposobnosti domaće industrije da stvara nove proizvode, primenjuje nove tehnologije i izgadjuje inovativni ambijent za kreativno rešavanje niza društvenih problema povezanih sa prosperitetom nacionalne ekonomije. Te inicijative su često imale pionirski karakter.

Sledeći svoju tradiciju, tokom prošlogodišnjeg okupljanja u okviru 34. JUPITER Konferencije, prezentirana je članicama JUPITER asocijacije, kao i široj stručnoj i naučnoj javnosti, ideja koja za svoj osnovni cilj ima **formiranje nacionalne tehnološke platforme za oblast proizvodnog inženjerstva**, kao novi sadržaj visokog značaja za domaću industriju, koji zahteva širu mobilizaciju resursa i dugoročno koherentno delovanje. Ideja o formiranju nacionalne tehnološke platforme smeštena je u kontekst evropskih integracija.

Prostor evropskih integracija pored političke i legislativne, ima i dimenziju tehnološke integracije. Ona podrazumeva sistematsku transformaciju tehnoloških osnova srpske ekonomije i društva u celini, i približavanje standardima i modelima koji egzistiraju u tehnološkom prostoru Evropske unije, uključujući i opšti društveni konsenzus u dovodjenju tehnologije na mesto koje ona ima u sadašnjem trenutku i koje će imati u budućem razvoju Evrope. Kroz proces implementacije koncepta društva baziranog na znanju i ekonomije bazirane na znanju, Evropska komisija je koncipirala i 2003. godine dovela na operativni nivo **novi politički instrument** pod nazivom **Evropske tehnološke platforme**, sa ciljem da se sistematskim dejstvom sa najvišeg regulatornog nivoa obezbedi novi impuls na srednjeročnom i dugoročnom planu za jačanje sprege izmedju nauke i industrije. Suština je u tome da je **povećanje istraživačkih sadržaja u svim aktivnostima industrije** prepoznato kao ključni mehanizam za obezbedjivanje rasta ekonomije, zapošljavanja, konkurentnosti u globalnim razmerama i održivi razvoj Evropske ekonomije i društva u celini.

ETP koncept je vertikalno struktuiran i sastoji se od tri nivoa: evropskog nivoa, nacionalnog nivoa i nivoa evropskih regija. Jedan od ključnih preduslova za praktičnu implementaciju ETP koncepta jeste uspostavljanje sinergijske veze izmedju ova tri nivoa u delu programa tehnoloških istraživanja i interakcije institucija iz akademskog domena sa industrijom i nosiocima investicionog kapitala. Ova interakcija se odnosi u prvom redu na zemlje članice EU, a zatim i zemlje koje se nalaze u različitim fazama procesa pridruživanja.

Nacionalne tehnološke platforme (NRTP) su ključni instrument disperzije ETP koji je baziran na širem društvenom organizovanju po *'bottom up'* modelu na nivou nacionalnih i/ili regionalnih ekonomija. U osnovi NRTP instrument predstavlja ekstenziju ETP instrumenta sa ciljem angažovanja nacionalnih i regionalnih resursa, odnosno nacionalnih nosioca investicionog kapitala i nosioca istraživačko-razvojnih aktivnosti.

U kontekstu ekonomije Srbije i NRTP inicijative, posebno je ilustrativan primer Poljske, koja je sa programom implementacije ETP koncepta u istraživačko-razvojni prostor svoje nacionalne ekonomije krenula 2004. godine i u petogodišnjem periodu izgradila odgovarajuće koordinacione mehanizme na nacionalnom nivou, kao i odgovarajuće mehanizme sinergetske interakcije sa EU nivoom. Rezultat je dobro

razgranata i sadržajna NRTP mreža, koja u ovom trenutku obuhvata 28 nacionalnih tehnoloških platformi.

Može se konstatovati da je kompletna srpska industrija u nekoj vrsti haotičnog stanja i nasumičnog traganja za svojim novim identitetom. Prva ključna reč u tom procesu je proizvodnja: proizvodnja proizvoda, usluga i proizvodnja znanja. Druga ključna reč je menadžment: menadžment proizvodnih procesa i menadžment znanja. Treća ključna reč odnosi se na informaciono-komunikacione tehnologije: informaciono i komunikaciono integrisana globalna ekonomija i integracija resursa na globalnom nivou, pre svega resursa tipa *know-how*, ekspertnosti i intelektualne svojine, čiji značaj počinje da se izjednačava ili dominira nad tradicionalnim prirodnim resursima i resursima fizičke radne snage.

Istraživačko-razvojne institucije i Univerzitet imaju zadatak da artikulišu ove potrebe i da svojim angažovanjem doprinesu procesu transformacije domaće industrije. Ključna komponenta je znanje: znanje u primeni novih tehnologija, znanje u stvaranju i primeni novih modela rada, znanje o tehnologiji stvaranja novog znanja, njegove difuzije, upotrebe i zaštite.

Sledeći ‘*bottom up*’ mehanizam delovanja ETP, JUPITER Asocijacija je na svojoj 34. Konferenciji održanoj 4. i 5. juna 2008. godine u Centru za nove tehnologije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, skrenula pažnju široj stručnoj i naučnoj javnosti na značaj ETP instrumenta za razvoj i jačanje ekonomije Srbije. Tematika ETP je smeštena u okvir Foruma: Nauka i industrija na putu evropskih integracija, gde su kroz uvodno predavanje na temu: Nauka, ekonomija znanja i nova inovativna vrednost industrije - Tehnološke platforme Srbije, prezentirani osnovni aspekti interakcije tehnologija-ekonomija-društvo, osnovni koncepti tehnološkog lanca vrednosti i evolucije tehnologije i na kraju, izložen koncept ETP kao političkog instrumenta EU sa nekim od reprezentativnih primera individualnih tehnoloških platformi relevantnih za opšte tematsko odredjenje JUPITER Konferencije.

Istrajavajući na započetim aktivnostima, Organizacioni i Programski odbor 35. JUPITER konferencije doneo je odluku da se uz zadržavanje strukture JUPITER konferencije koja je bazirana na svojih 5 tradicionalne simpozijuma, rad konferencije dodatno fokusira na koncept ETP i širu mobilizaciju nosilaca istraživačkih aktivnosti za domen tehnološkog razvoja i nosilaca investicionog kapitala, predvodjenih industrijom, sa ciljem pokretanja pilot projekta za stvaranje **Nacionalne Tehnološke Platforme Srbije za domen proizvodnog inženjerstva** (*National Technology Platforms of Serbia – Production engineering* (NTPS-pro)).

Pokretanje ovakvog projekta, u trenutku kada se zemlje Zapadnog Balkana nalaze u fazi pristupanja Evropskoj uniji, predstavlja šansu Srbije za ostvarivanje leaderske pozicije, odnosno prednjačenja u odnosu na zemlje iz neposrednog okruženja za domen tehnološkog razvoja i tehnoloških integracija u prostor Evropske unije. Pristup u realizaciji ovog projekta je baziran na korišćenju pozitivnih primera, kao što je to primer Poljske, koja je na jedan dobro osmišljen, dobro koordiniran i u svemu zreo način uspostavila sopstveni kompleks Nacionalnih tehnoloških platformi, uz delotvorno ostvarivanje pune sinergije sa ETP.

Tematski forum Nacionalne tehnološke platforme Srbije, obuhvata sadržaje koji će biti razmatrani u okviru 6 sesija. Ove sesije su grupisane u dva bloka.

Prvi blok se odnosi na konceptualne osnove i obuhvatiće tri sesije:

- NTPS 1 - Evropske tehnološke platforme,

- NTPS 2 - Srpski mega projekti, i
- NTPS 3 - Primeri dobre industrijske prakse u Srbiji.

Drugi blok se realizuje u formi Tehnološke radionice za inovativne proizvode i sastoji se iz tri sesije u okviru kojih će kompanije iz domaće industrije, posebno iz domena malih i srednjih preduzeća provajdera tehnologije, kroz tehničke prezentacije upoznati širu stručnu i naučnu javnost sa najnovijim sadržajima njihovih poslovnih aktivnosti u domenu proizvodnih tehnologija. U sklopu ovog bloka, specijalna sesija biće posvećena jednom novom sadržaju koji se po prvi put uvodi u rad JUPITER konferencije, a to su mikro i nanoproizvodni sistemi. Prezentacija ovog sadržaja biće realizovana kroz predavanje po pozivu u trajanju jednog školskog časa od strane predstavnika Evropske tehnološke platforme MINAM – Micro and Nanomanufacturing.

Kompanije iz industrije ili istraživačko-razvojne institucije, koje uzimaju učešće u kontekstu tehnološke radionice, u svom nastupu mogu da koriste sledeće mogućnosti:

1. Izlaganje i/ili demonstracija eksponata, maketa, softverskih paketa i prospektnog materijala.
2. Prezentacija portfolia kompanije i/ili novih sadržaja koji su u marketinškom fokusu, u trajanju od 15 minuta.
3. Specijalne sesije ili radionice koje kompanije iz industrije ili istraživačko razvojna institucija organizuju kao prezentaciju za ciljnu grupu svojih potencijalnih korisnika. Za ove potrebe obezbeđen je poseban prostor, opremljen svim prezentacionim i komunikacionim resursima.
4. Publikacija Profila kompanije u štampanom zborniku radova i CD zborniku radova u obimu od 1 strane A4 formata.

Pored ekskluzivnog prostora, na raspolaganju su savremeni prezentacioni sistemi i pristup brzim Internet komunikacijama, što stvara uslove kompanijama koje su aktivni učesnik u ovom događaju za ostvarivanje vrhunskih prezentacija, a učesnicima za efikasno upoznavanje sa najnovijom ponudom na domaćem tržištu znanja i tehnologija.

Izaberite simpozijum JUPITER Konferencije

TEMATSKI FORUM
NACIONALNE TEHNOLOŠKE PLATFORME SRBIJE
Uvodni radovi i radovi po pozivu

**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG RAZVOJA
INDUSTRIJE PRERADE METALA**
CIM IN THE STRATEGY OF TECHNOLOGICAL
DEVELOPMENT OF METALWORKING INDUSTRY

CAD/CAM

NU – ROBOTI –FTS
NC - ROBOTS – FMS

**UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U INDUSTRIJI
PRERADE METALA**
PRODUCTION CONTROL IN METALWORKING INDUSTRY

MENADŽMENT KVALITETOM
QUALITY

POKROVITELJI

Spisak svih radova na JUPITER Konferenciji

Antić, A., Petrović, P., Hodolić, J. ZAVISNOST VISOKOFREKVENTNOG DELA SPEKTRA VIBRACIJA OD TIP SEGMENTACIJE STURGOTINE I POHABANOSTI ALATA.....	3.27
Bulatović, M. ODLUČIVANJE U FUNKCIJI USPJEŠNOSTI MENADŽMENTA	5.1
Davidović, N., Miloš, P. ANALIZA POTENCIJALNIH MLAZNIH POGONSKIH GRUPA ZA POGON ROTORA LETELICE	2.37
Đukić, R., Jovanović, J. UTICAJ LJUDSKIH RESURSA NA DINAMIČKO UPRAVLJANJE PROIZVODNIM SISTEMIMA	4.1
Đukić, R., Jovanović, J., Mutavdžić, M. ISTRAŽIVANJE STEPENA KORIŠĆENJA MAŠINSKIH KAPACITETA, UROČNIKA ZASTOJA I STRUKTURE GUBITAKA	4.11
Džagić, V., Privredna komora Srbije TRENDOVI, STANJE I KLJUČNI POKRETAČI TRANSFORMACIJE SRPSKE INDUSTRIJE U KONTEKSTU EVROPSKIH INTEGRACIJA	TF.19
Komadinić, V., Vukićević, V., Ilić, D. OCENA PODOBNOSTI SOFTVERSKOG PROIZVODA ZA PRIMENU U INDSTRIJSKOM PREDUZEĆU	1.17
Kvrgić, V., Dimić, Z., Trgovčević, S., Cvijanović, V. ODREĐIVANJE POLOŽAJA ČLANOVA 5-OSNOG STRUGARSKOG OBRADNOG CENTRA.....	3.8
Kovačev, S., Kompanija KOLUBARA Metal, Vreoci TAMNAVA ZAPADNO POLJE – Projekat proizvodnog kompleksa površinske eksploatacije uglja	TF.21
Lalić, B., Kompanija CISCO INSTITUTE TC SERBIA, Novi Sad METODOLOGIJA PRIMENE ORGANIZACIONE SPREMNOSTI U PRIHVATANJU SAVREMENIH TEHNOLOŠKIH REŠENJA	TF.25
Marković, A., Kompanija METALAC, Gornji Milanovac NOVE TEHNOLOGIJE I INOVATIVNOST KAO OSNOVA RAZVOJA I POSLOVNOG RASTA KOMPANIJE METALAC	TF.28
Marković, M., Marković, S. AUTOMATIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA DROBLJENJA, SUŠENJA I SEPARACIJE UGLJA	4.17
Majstorović, V., MANUFUTURE AND SERBIAN INDUSTRY	5.13
Mićić, D., Kompanija ICM Electronics, Novi Sad VIZIJA POSLOVNOG RASTA ICM KOMPANIJE U OBLASTI VISOKIH TEHNOLOGIJA	TF.26
Mićić, D., Dondur, N., Spasić, Ž. PERFORMANSE INTELIGENTNOG POSLOVANJA SA INFORMACIONOM INTERAKCIJOM DIGITALNOG PREDUZEĆA	1.21
Milošević, D. OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJE PAKOVANJA PUTNIČKOG AUTOMOBILA U RASKLOPLJENOM (CKD- STANDARD 4) STANJU	4.7
Mitrović, A., Radonjić, S., Nikšić, P. UPOTREBA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE URAĐENE U PROGRAMU CATIA U PROCESU SEČENJA NA LASERU ILI WATER JET-U	2.32
Mladenović, G. INFORMACIONI SISTEM ZA POTREBE ODRŽAVANJA PROIZVODNE OPREME U INDUSTRIJI PROIZVODNJE KABLOVA	4.24
Nijemčević, S., Kompanija IKARBUS a.d., Zemun PERFORMANSE I PERSPEKTIVE RAZVOJA AUTOMOBILSKJE INDUSTRIJE SRBIJE	TF.24

Paci, A. M., CNR-ITIA – Inst. of Industrial Techn. and Aut., ITALY MANUFUTURE TECHNOLOGY PLATFORM – Strategic Research Agenda and a Vision for 2020	TF.1
Peković, O., Simonović, A., Stupar, S., Stanojević, M. REVERZNO INŽENJERSTVO VELIKOGABARITNIH STRUKTURA	2.11
Petrović, P.B., Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu EVROPSKE TEHNOLOŠKE PLATFORME – Konceptualni okvir i sinergija sa nacionalnim ekonomijama	TF.20
Petrović, P., Milanov, M., Nijemčević, S., Stojović, M., Spasić, Ž. PRIMENA INELIGENTNIH SENZORSKOH SISTEMA U RAZVOJU INTEGRISANE AUTOMATIZACIJE REALNIH I VIRTUELNIH PROCESA PROIZVODNOG PREDUZEĆA – REKAPITULACIJA REZULTATA	1.1
Petrović, Z., Simonović, A., Stupar, S., Zorić, N. PROJEKTOVANJE MOTORA BESPILOTNE LETELICE PRIMENOM SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA1	2.7
Pilipović, M. DISTRIBUIRANI SISTEMI UPRAVLJANJA I PROGRAMIRANJE PROGRAMABILNIH KONTROLERA	4.36
Radojević, Z., Stanković, R., Stojanović, D. CIM SISTEM - NEOPHODNOST DANAŠNJE PROIZVODNJE	1.12
Radosavljević, Z., Kompanija ABS Holdings, Beograd TEHNOLOŠKA PLATFORMA ABS MINEL U SRPSKIM ELEKTROENERGETSKIM MEGA PROJEKTIMA	TF.22
Reinhardt, A. E., microTEC GmbH, GERMANY EUROPAN INITIATIVE MINAM NANOFUTURES FOR MICRO AND NANOMANUFACTURING	TF.2
Reinhardt, A. E., microTEC GmbH, GERMANY COST EFFICIENT POLYMER MEMS PRODUCTION AND PACKAGING SOLUTIONS.....	TF.29
Rosić, B., Ristivojević, M., Janković, N., Skoko, D. STRUKTURALNA OPTIMIZACIJA CILINDRIČNIH ZUPČANIKA	2.26
Simonović, A., Živković, R., Obradović, A., Trivković, S. ANALIZA NAPONSKO-DEFORMACIONIH STANJA VILIČNOG ZGLOBA	2.20
Slavković, R., Radiša, R., Milićević, I., Popović, M. SIMULACIJA PROCESA LIVENJA KAO POMOĆ U CAD/CAE/CAM PROJEKTOVANJU REZNIH ELEMENATA BAGERA KONTINUALNOG TRANSPORTA	2.1
Spasić, Ž. SISTEM OBRAZOVANJA JE OSNOVA ZA PRIVREDNE AKTIVNOSTI I RAZVOJ SRBIJE	TF.3
Stoiljković, V., Stoiljković, P., Stoiljković, B. PROCES MENADŽMENTA ODNOSIMA SA KUPCEM	5.7
Stojčić, M., J. PRIMJENA EKSPONENCIJALNOG ALGORITMA PRAKTIČNOG PRAĆENJA ZA UPRAVLJANJE JEDNIM OBJEKTOM U PROCESNOJ INDUSTRIJI	4.30
Stupar, S., Petrović, Z., Simonović, A., Komarov, D. RAZVOJ KOMPOZITNE KABINE HELIKOPTERA I IZRADA KALUPA	2.15
Tanović, Lj., Bojanić, P., Milutinović, D., Glavonjić, M., Puzović, R. RAZVOJ TEHNOLOGIJA VIŠEOSNE OBRADE SLOŽENIH ALATA ZA POTREBE DOMAĆE INDUSTRIJE - REKAPITULACIJA REZULTATA NA PROJEKTU MA14034	3.39
Topalović M., Kompanija Prvi partizan, Užice MODERNIZACIJA TEHNOLOŠKIH RESURSA I INOVACIJA ZNANJA KAO KLJUČNI ELEMENAT USPEHA NA SVETSKOM TRŽIŠTU.....	TF.27
Vasić, M., Trgovčević, S., Cvijanović, V. JEDAN PRISTUP MODELIRANJU MAŠINA ALATKI SA PARALELNOM KINEMATIKOM U CAD OKRUŽENJU	3.53

Veljić, M., Požidajeva, V., Živković, D. OPERATIVNA GOTOVOST HIDRAULIČNOG PODSISTEMA AGREGATA TRAKTOR- PLUG	3.33
Vukelić, Đ., Hodolić, J., Agarski, B. PRIMENA ZAKLJUČIVANJA NA OSNOVU SLUČAJA U PROJEKTOVANJU PRIBORA ZA MAŠINSKU OBRADU	3.15
Živanović, S., Glavonjić, M. METODOLOGIJA FUNKCIONALNOG KONFIGURISANJA MAŠINA ALATKI.....	3.1
Živković, A., Zeljković, M., Borojev, L., Mijušković, M. MATEMATIČKI MODEL ZA ODREĐIVANJE DEFORMACIJA INTEGRISANOG LEŽAJA	3.21
Živković B., Kompanija NIS Gazpromnjeft, Beograd PROBLEMI I IZAZOVI IZGRADNJE INTEGRALNOG INFORMACIONOG SISTEMA KOMPANIJE NIS-GAZPROMNJEFT	TF.23

SPISAK AUTORA
LIST OF AUTHORS

AGARSKI, B.
ANTIĆ, A.

BOJANIĆ, P.
BOROJEV, LJ.
BULATOVIĆ, M.

CVIJANOVIĆ, V.

DAVIDOVIĆ, N.
DIMIĆ, Z.
DONDUR, N.

ĐUKIĆ, R.

DŽAGIĆ, V.

GLAVONJIĆ, M.

ILIĆ, D.

JANKOVIĆ, N.
JOVANOVIĆ, J.

KOMADINIĆ, V.
KOMAROV, D.
KOVAČEV, S.

LALIĆ, B.

MAJSTOROVIĆ, V.
MARKOVIĆ, A.
MARKOVIĆ, M.
MARKOVIĆ, S.
MIČIĆ, D.
MIČIĆ, D.
MIJUŠKOVIĆ, M.
MILIČEVIĆ, I.
MILOŠ, P.
MILOŠEVIĆ, D.
MITROVIĆ, A.
MLADENOVIĆ, G.
MUTAVDŽIĆ, M.

NIJEMČEVIĆ, S.
NIKŠIĆ, P.

PACI, A., M.
PEKOVIĆ, O.
PETROVIĆ, P.
PETROVIĆ, Z.
PILIPOVIĆ, M.
POPOVIĆ, M.
POŽIDAJEVA, V.
PUZOVIĆ, R.

RADIŠA, R.
RADONJIĆ, S.
RADOSAVLJEVIĆ, Z.
REINHARDT, A., E.

RISTIVOJEVIĆ, M.
ROSIĆ, B.

SIMONOVIĆ, A.
SKOKO, D.
STANKOVIĆ, R.
STANOJEVIĆ, M.
STOILJKOVIĆ, B.
STOILJKOVIĆ, P.
STOILJKOVIĆ, V.
STOJANOVIĆ, D.
STOJČIĆ, M.

TANOVIĆ, LJ.
TOPALOVIĆ, M.
TRGOVČEVIĆ, S.
TRIVKOVIĆ, S.

VASIĆ, M.
VUKELIĆ, Đ.
VUKIČEVIĆ, V.

ZELJKOVIĆ, M.
ZORIĆ, N.

ŽIVANOVIĆ, S.
ŽIVKOVIĆ, A.
ŽIVKOVIĆ, D.
ŽIVKOVIĆ, B.
ŽIVKOVIĆ, R.

35. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

35th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



UVODNI RADOVI

TEMATSKI FORUM

Beograd, jun 2009.

TEMATSKI FORUM

Paci, A. M., CNR-ITIA – Inst. of Industrial Techn. and Aut., ITALY MANUFUTURE TECHNOLOGY PLATFORM – Strategic Research Agenda and a Vision for 2020	TF.1
Reinhardt, A. E., microTEC GmbH, GERMANY EUROPAN INITIATIVE MINAM NANOFUTURES FOR MICRO AND NANOMANUFACTURING	TF.2
Spasić, Ž., Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu SISTEM OBRAZOVANJA JE OSNOVA ZA PRIVREDNE AKTIVNOSTI I RAZVOJ SRBIJE	TF.3
Džagić, V., Privredna komora Srbije TRENDOVI, STANJE I KLJUČNI POKRETAČI TRANSFORMACIJE SRPSKE INDUSTRIJE U KONTEKSTU EVROPSKIH INTEGRACIJA	TF.19
Petrović, P.B., Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu EVROPSKE TEHNOLOŠKE PLATFORME – Konceptualni okvir i sinergija sa nacionalnim ekonomijama	TF.20
Kovačev, S., Kompanija KOLUBARA Metal, Vreoci TAMNAVA ZAPADNO POLJE – Projekat proizvodnog kompleksa površinske eksploatacije uglja	TF.21
Radosavljević, Z., Kompanija ABS Holdings, Beograd TEHNOLOŠKA PLATFORMA ABS MINEL U SRPSKIM ELEKTROENERGETSKIM MEGA PROJEKTIMA	TF.22
Živković B., Kompanija NIS Gazpromnjeft, Beograd PROBLEMI I IZAZOVI IZGRADNJE INTEGRALNOG INFORMACIONOG SISTEMA KOMPANIJE NIS-GAZPROMNJEFT	TF.23
Nijemčević, S., Kompanija IKARBUS a.d., Zemun PERFORMANSE I PERSPEKTIVE RAZVOJA AUTOMOBILSKE INDUSTRIJE SRBIJE	TF.24
Lalić, B., Kompanija CISCO INSTITUTE TC SERBIA, Novi Sad METODOLOGIJA PRIMENE ORGANIZACIONE SPREMNOSTI U PRIHVATANJU SAVREMENIH TEHNOLOŠKIH REŠENJA	TF.25
Mićić, D., Kompanija ICM Electronics, Novi Sad VIZIJA POSLOVNOG RASTA ICM KOMPANIJE U OBLASTI VISOKIH TEHNOLOGIJA	TF.26
Topalović M., Kompanija Prvi partizan, Užice MODERNIZACIJA TEHNOLOŠKIH RESURSA I INOVACIJA ZNANJA KAO KLJUČNI ELEMENTAR USPEHA NA SVETSKOM TRŽIŠTU	TF.27
Marković, A., Kompanija METALAC, Gornji Milanovac NOVE TEHNOLOGIJE I INOVATIVNOST KAO OSNOVA RAZVOJA I POSLOVNOG RASTA KOMPANIJE METALAC	TF.28
Reinhardt, A. E., microTEC GmbH, GERMANY COST EFFICIENT POLYMER MEMS PRODUCTION AND PACKAGING SOLUTIONS.....	TF.29

[← NAZAD](#)



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Paci, A. M., CNR-ITIA – Inst. of Industrial Techn. and Aut., ITALY

**MANUFUTURE TECHNOLOGY PLATFORM – Strategic Research Agenda and a Vision
for 2020**

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Reinhardt, A. E., microTEC GmbH, GERMANY

**EUROPAN INITIATIVE MINAM NANOFUTURES FOR MICRO AND
NANOMANUFACTURING**

- Rad po pozivu -



Жарко Спасић¹

СИСТЕМ ОБРАЗОВАЊА ЈЕ ОСНОВА ЗА ПРИВРЕДНЕ АКТИВНОСТИ И РАЗВОЈ СРБИЈЕ²

- Уводни рад -

Резиме

Европа је прокламовала свој пут интеграције до просперитетног друштва заснованог на знању које треба да се успостави од 2010. године. На том путу је предвиђена интеграција образовног и истраживачког простора Европе (ЕНЕА + ЕРА). И поред предвиђених и непредвиђених теškoћа, то је за Европу сигурно неповратни пут и највећи досадашњи пројект са дефинисаним европским вредностима квалитета. Србије је већ предуго на том истом путу ка европским интеграцијама, али је дезоријентисана и можда сама себи довољна да никада и не стигне тамо куда млађе генерације очекују да поврате сада изгубљену перспективност. Кренули смо на време а никако да достигнемо циљ, иако смо у односу на друге земље на старту имали велику временску и сваку другу предност, па су нас други стигли и престигли. Чак ни Универзитет не зна одговоре на ова питања јер је успаван у формалној реформи без очекиваних резултата. Индустрија је у непотребним заблудама и не може да сагледа и реши реалне дилеме, да би пронашла прави пут развоја! Веза Индустрије и Универзитета је такође формална иако је укупан систем образовања основа за привредни развој Србије. Европске технолошке платформе и нови облици образовања и стручног тренинга су пут за решавање проблема кроз синергију дигиталног универзитета и дигиталног предузећа/фабрике.

Key Words: Европске интеграције, образовање, истраживање, Дигитални универзитет, Дигитално предузеће, Технолошке платформе

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Улога Универзитета у систему образовања Србије и синергија са *Индустријом* у технолошком развоју и истраживању дефинисане су перманентно контексту процеса европских интеграција Србије кроз програме Јупитер асоцијације [1-3]. Посебно су дефинисане реалне дилеме и непотребне заблуде које се односе на *Универзитет* (професоре и студенте) и *Индустрију* у времену када се интегришу европски образовни и истраживачки простори будућег друштва заснованог на знању.

Укупан систем образовања Србије је основа за привредне активности и технолошки развој дезоријентисане *Индустрије* и поред доста формалне реформе *Универзитета* према принципима *Болоњске декларације*. Експерти индустрије треба да користе континуално образовање по моделу образовања за читав живот или образовања за одрасле (енгл: *Long Life Learning*), као и образовања на даљину (енгл: *Distance Education*). Центри за професионални тренинг запослених и студената у водећим индустријама Србије треба да превазиђу проблем недовољне праксе студената и иновације знања запослених.

Основни проблеми у образовању указују да су студенти оријентисани репродуковању, а не логичком размишљању и решавању проблема. Поред тога, не постоји довољна комплементарност

¹ Професор др **Жарко Спасић**, Машински факултет Универзитета у Београду, Е-mail: zspasic@mas.bg.ac.rs

² Рад је део пројекта **TR-6362A: Ревитализација и информациона интеграција производних ресурса у циљу постизања конкурентности корпорације на међународном тржишту**. Пројект финансира Министарство за науку и заштиту животне средине Србије уз партиципацију корисника истраживања.

нивоа система образовања Србије по вертикали, а не постоји ни веза европског и националног оквира квалификација. Студенти се не опредељују за изборне предмете према исходима (результатима) учења студијских програма и предмета. Не постоји веза између пројеката технолошког развоја и пројеката за образовање. Решење треба дају пројекти који повезују привреду/индустрију и образовање. Тиме би се кроз образовање и тренинг успоставио успешнији трансфер знања ка индустрији, а нарочито ка малим и средњим предузећима.

Националне технолошке платформе треба да буду део технолошких платформи Европе [4] које треба да конкретизују приоритетне правце развоја Европе који су садржани у програму FP7. Универзитет и индустрија треба у синергији напора да примењују високе информационе технологије кроз интегрисане системе квалитета [5]. Транснационално интегрисано истраживање програма FP7 обухвата [6] следеће приоритете:

- Health;
- Food, Agriculture and Biotechnology;
- **Information and communication technologies;**
- Nanosciences, nanotechnologies materials and **new production technologies;**
- Energy;
- Environment (including climate change);
- Transport (including aeronautics);
- Socio-economic sciences and humanities;
- Security and space.

Универзитет и Индустрија треба да дефинишу активности образовања и професионалног тренинга у свакој технолошкој платформи Европе, али треба да дефинишу и посебну технолошку платформу за интегрисане системе квалитета дигиталног универзитета и дигиталног предузећа.

2. КОМПЛЕМЕНТАРНОСТ НИВОА ОБРАЗОВАЊА

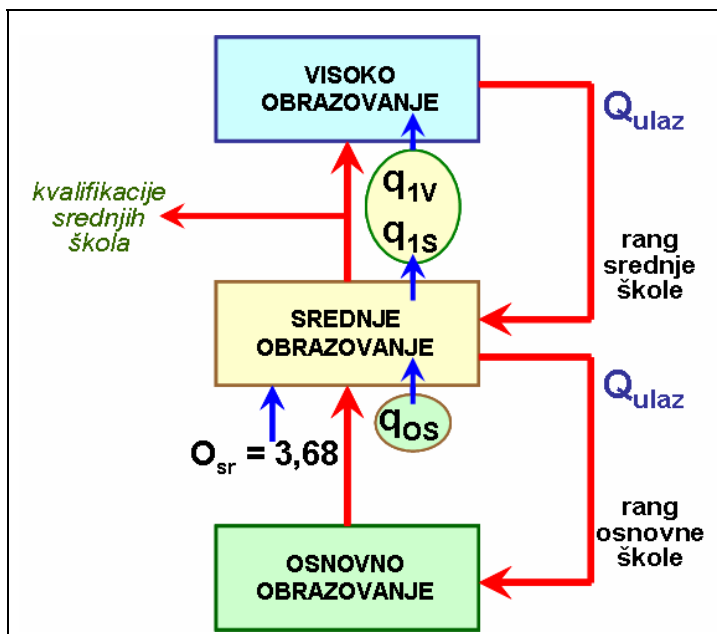
Основно, средње и високо образовање Србије у Министарству просвете воде посебни ресори. То је у постојећој организацији и нормално, али недостају садржаји и процедуре који би по вертикали повезали ове области образовања тежећи оптималној вертикалној проходности кроз нивое образовања. Машински факултет Универзитета у Београду има успешну сарадњу са многим средњим школама које су проходне ка техничком факултету. Проблем се овде посматра и поставља на примеру сарадње техничке школе *Техноарт Београд* и Машинског факултета [7].

Наставни планови и програми факултета и школа средњег образовања треба да буду усклађени и међусобно компатибилни. Пракса организованих припрема матураната и будућих студената за пријемне испите од стране званичних академских институција треба да се напусти јер она експлицитно признаје да је образовање средњег нивоа недовољно за успешан улаз на универзитет. С друге стране, ниво и садржај задатака на пријемним испитима је често виши од нивоа и садржаја наставе из неких предмета на почетку студирања под изговором да је студентима неопходна припрема да би разумели наредне лекције. Али ниво и садржај пријемних испита је често са сниженим критеријумима да би факултети и школе уписали довољно студената или ученика јер тај број директно одређује финансијска средства која школе и факултети добијају од ресорног Министарства.

Укупно 27 средњих школа свих подручја рада из области технике из Београда је оријентисано ка техничким факултетима. Према оствареном рангу у последњој школској години то су Средња техничка ПТТ школа, Геодетска техничка школа, Електротехничка школа Никола Тесла, Архитектонска техничка школа, Електротехничка школа Раде Кончар, Графичка школа, Ваздухопловна техничка школа "Петар Драпшин", Железничка техничка школа, Електротехничка школа – Земун, Техничка школа Железник, Техничка школа за обраду дрвета, Пољопривредна ПКБ, Техноарт Београд школа за машинство и уметничке занате, Политехничка академија- средња

техничка школа, Геолошко-хидрометеоролошка школа, Техничка школа Нови Београд, Техничка школа ГСП, Хемијско прехрамбена технолошка школа, Саобраћајно техничка школа – Земун, Грађевинска техничка школа, Школа за дизајн текстила, Школа за бродарство, бродоградњу и хидроградњу, Машинска школа "Радоје Дакић", Техничка школа Змај, Грађевинска школа, Електропривредна школа и Техничка школа за дизајн коже.

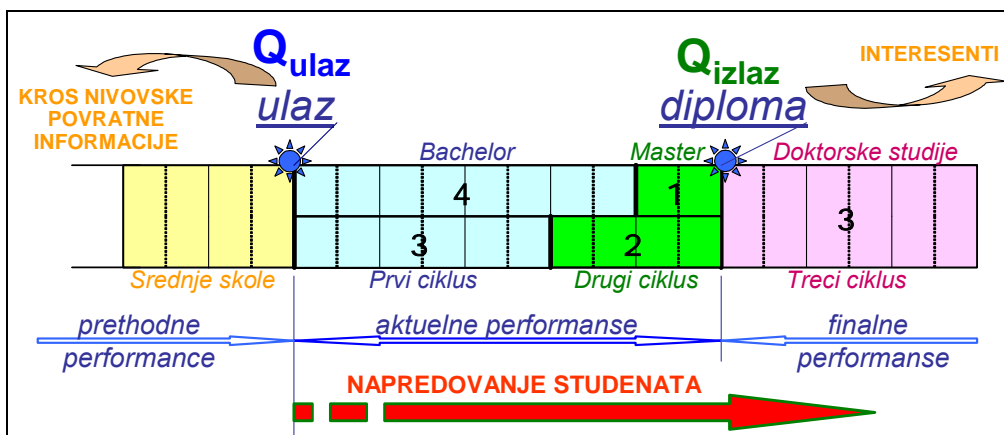
Ове школе су и предмет анализе успеха у контексту вертикалне проходности по нивоима образовања у Србији. У фокусу анализе налази се школа *Техноарт Београд*.



Слика 1. Вертикална проходност са повратним информацијама

Модел вертикалне проходности између нивоа основног, средњег и високог образовања приказан је на слици 1. Просечан успех ученика свих основних школа за 2005. годину износи $O_{CP} = 3,95$, док је просечан ученик у области техничких школа имао средњу оцену $O_{CP} = 3,68$. Статистичком анализом успеха ученика средњих школа треба да се утврди успех ученика на крају школовања као једне од перформанси школе. Ово треба да буде повратна информација основним школама о успеху њихових бивших ученика.

Успех ученика у средњим школама је, заједно са успехом на пријемним испитима, један од индикатора квалитета улаза студената на универзитет (слика 2). Повратним информацијама са универзитета средње школе треба да сагледају свој ранг на појединим факултетима проходности ради евентуалних измена и унапређења наставе и наставних програма.



Слика 2. Квалитета улаза студената на универзитет

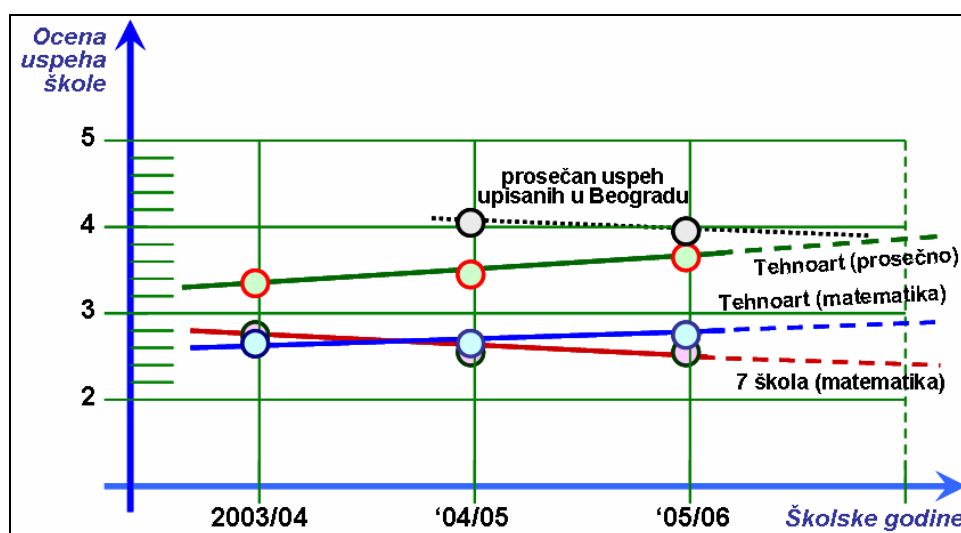
Корелација између квалитета излаза и улаза у процесу дво-цикличног образовања из приказаних статистичких анализа и дијаграма још увек није утврђена. Корелацију је могуће одредити успостављањем механизма праћења у процесу студирања за сваког студента, користећи интегралну базу података/знања.

Школе средњег образовања из области технике се рангирају према просечном успеху за сваку школску годину. Табела 1 приказује ранг и успех за 5 школа (ПТТ, Тесла, Железник, Ваздухопловно-техничка школа "Петар Драпшин" и *Техноарт Београд*) за три школске године.

ŠKOLA	Školska godina	Rang	USPEH
PTT	2003/04	1	4,8537
	2004/05	1	4,9124
	2005/06	1	4,8657
Tesla	2003/04	2	4,4491
	2004/05	3	4,2904
	2005/06	3	4,2304
Železnik	2003/04	5	3,9939
	2004/05	13	3,5905
	2005/06	10	3,6494
Vazduhopl.-tehn.	2003/04	9	3,8693
	2004/05	7	3,8781
	2005/06	7	3,7619
Tehnoart Beograd	2003/04	21	3,3920
	2004/05	16	3,4758
	2005/06	13	3,5930
...

Табела 1. Ранг и успех средњих школа за три школске године

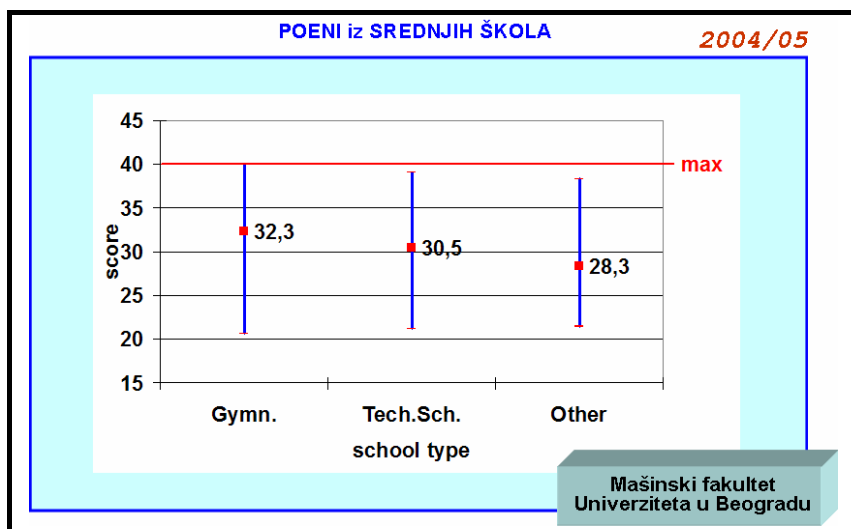
Из табеларних података је уочљив тренд побољшања успеха школе *Техноарт Београд* у току задње три школске године (дијаграм на слици 3). У исто време квалитет ученика који долазе у средње школе из области техника има тренд опадања вредности.



Слика 3. Трендови успеха школе и квалитета улаза

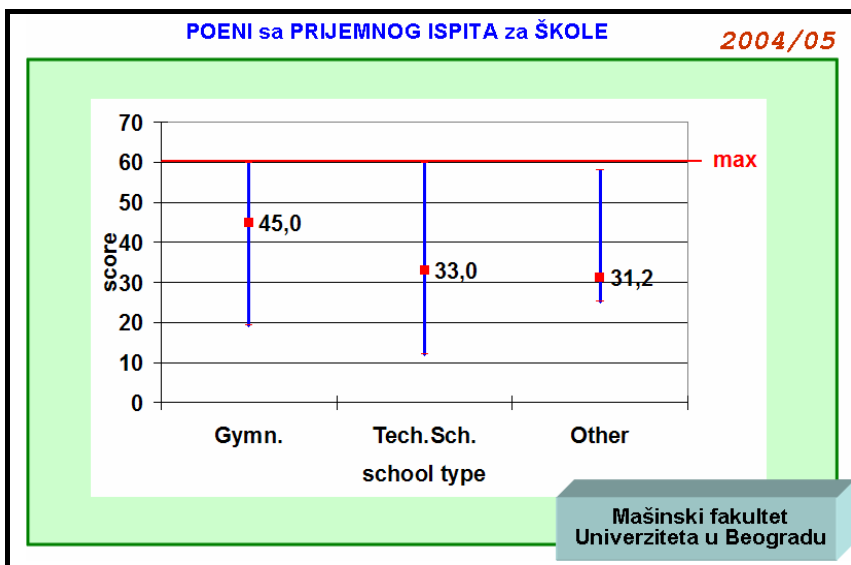
У систему обезбеђивања квалитета за универзитете Србије дефинисана је [8] процедура статистичке анализе резултата пријемних испита на "пилот" факултетима (Фармацеутски, Машински, Хемијски и Пољопривредни факултет) Универзитета у Београду. Из дијаграма расподеле и вредности медијана изведени су интересантни закључци који користе школама средњег нивоа образовања ради

континуалног унапређења квалитета. Делимични резултати анализе приказани су на сликама 4 и 5. Слика 4 даје резултате које студенти имају на основу резултата из средњих школа (гимназија, техничких школа и других школа). Вредности медијана одређене су у односу на максималну вредност од 40 поена.



Слика 4. Успех из средњих школа

Слика 5 даје резултате које су студенти остварили на пријемним испитима, такође за гимназије, техничке школе и друге школе. Вредности медијана одређене су у односу на максималну вредност од 60 поена. Поени са пријемног испита могу да се прикажу и по регионима (Београда, Војводине, Централне Србије и осталих региона). Вредности медијана одређене су у односу на максималну вредност од 60 поена.

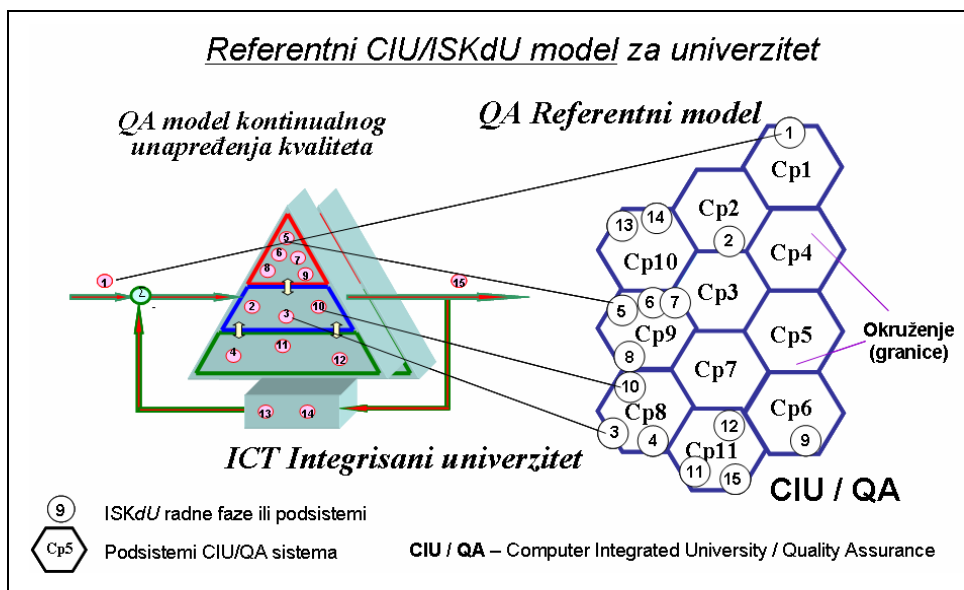


Слика 5. Успех на пријемним испитима

3. ДИГИТАЛНИ УНИВЕРЗИТЕТ

Интегрисани система квалитета за универзитет садржи више компјутеризованих подсистема чијом се интеграцијом дефинише [9] референтни CIU/QA (*Computer Integrated University / Quality Assurance*) модел континуалног обезбеђивања квалитета наставе и истраживања (слика 6). 15 подсистема интегрисаног система квалитета дигиталног универзитета [10] дистрибуирано по

подсистемима интегрисаног Универзитета. Из референтног модела дигиталног универзитета изводе се парцијални и партикуларни QA модели. Тако је дефинисан референтни модел интегрисаних технологија као основа за пројектовање дигиталног универзитета. Дефиниције референтног, парцијалног и партикуларног модела гласе:

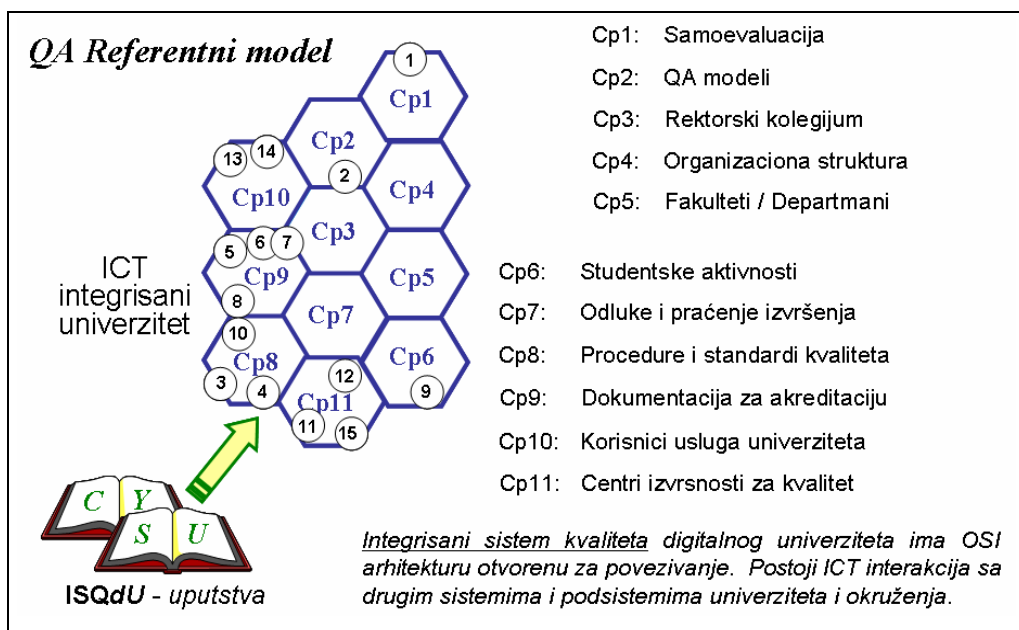


Слика 6. Референтни модел интегрисаног дигиталног универзитета

Дефиниција 1: Референтни модел (или општи модел) је референтни скуп компјутеризованих подсистема и модула интегрисаног система обезбеђивања квалитета који су интегрисани високим информационо-комуникационим технологијама.

Дефиниција 2: Парцијални модел је онај скуп компјутеризованих подсистема и модула који је изведен из референтног модела и односи се на факултете, департмане и школе исте групације и сличних образовно-пословних окружења.

Дефиниција 3: Партикуларни модел је онај скуп компјутеризованих подсистема и модула који су изведени из референтног и парцијалног модела и који се примењују на једном факултету или департману или школи у свим организационим јединицама информационо и функционално интегрисаног универзитета.

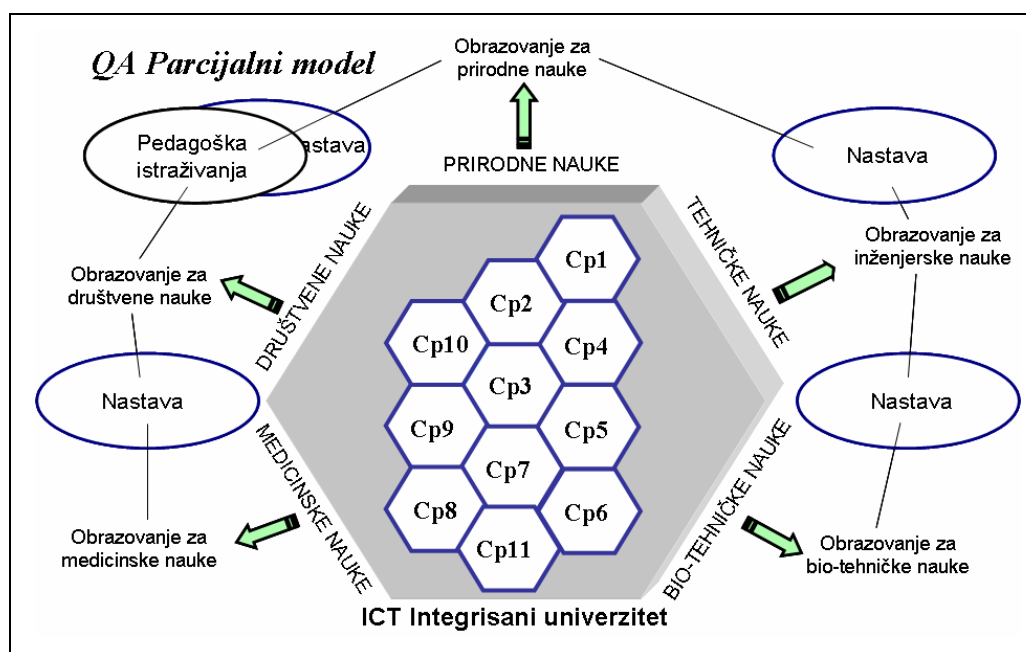


Слика 7. Дигитални / Интерактивни универзитет

Референтни, парцијални и партикуларни QA модели су реални и флексибилни модели за примену у реалним условима рада универзитета и факултета. У интересу система високог образовања сваке земље је да кроз референтни модел усклади рад свих институција високог образовања које своје специфичности могу да уграде у парцијалне и партикуларне QA моделе. Од посебног је значаја да се у фази реформе и неопходних промена обезбеди системски приступ решавању проблема како би се координирало интеграцијом појединачних решења.

Референтни QA модел дигиталног универзитета дефинише (слика 7) следеће подсистеме: Cp1: Самоевалуација; Cp2: Модели за обезбеђивање квалитета; Cp3: Ректорски колегијум; Cp4: Организациона структура универзитета; Cp5: Факултети / Департмани; Cp6: Студентске активности; Cp7: Доношење и праћење извршења одлука; Cp8: Процедуре и стандарди квалитета; Cp9: Документација за акредитацију; Cp10: Корисници услуга универзитета; Cp11: Центри изврности за квалитет. Интегрални систем квалитета није независан у укупној интеграцији дигиталног универзитета, већ је у интеракцији са другим активностима. У даљем тексту се дају основне карактеристике сваког од наведених подсистема.

Поступак самоевалуације универзитета је дигитализована активност која се током времена модификује актуелним изменама. Сваки нови извештај са потребним анализама и прегледима се добија аутоматски из базе података/знања, како би се спроводили поступци евалуације и акредитације. QA модели су дигитално описани за цео универзитет и његове конституенте (факултете, департмане и школе). Ректорски колегијум координира радом комисија и припрема одлуке које доносе одговарајућа тела. Подсистем организационе структуре универзитета дефинише обавезе и активности свих факултета и департмана у интегрисаном систему квалитета. Студентске активности у управљању факултетима и универзитетом део су посебног подсистема. Процеси доношења одлука генеришу податке на основу којих се прате индивидуалне и колективне обавезе за њихово извршење. Процедуре и стандарди квалитета су записани у дигиталним форматима који одговарају њиховој аутоматизованој примени. Целокупна документација универзитета треба да буде у дигиталном формату за електронско пословање. Појединачни актуелни корисници услуга образовања и истраживања универзитета и свих организационих јединица имају посебне записе у бази података/знања. Центри изврности за QA на нивоу универзитета управљају свим активностима обезбеђивања квалитета у комплементарним комуникацијама са центрима појединих факултета.



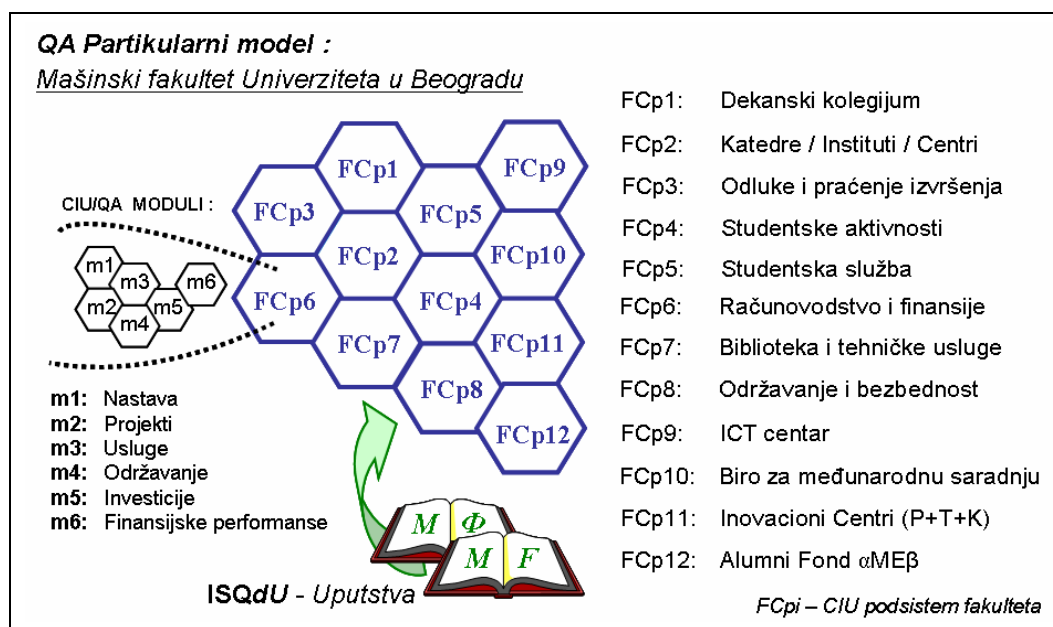
Слика 8. Групације факултета и парцијални QA модели

На слици 8 приказан је принцип дефинисања парцијалних QA модела за поједине групације факултета [10]. Према актуелној организацији Универзитета у Београду постоје пет групација у које

је сврстано укупно 31 факултет. То су *Групација техничких факултет, Групација медицинских факултета, Групација природних наука са математиком, Групација друштвених наука и Групација био-технолошких наука*. У актуелној реформи високог образовања могуће су организационе измене универзитета и факултета.

На слици 9 приказан је партикуларни QA модел интерактивног факултета дигиталног универзитета на примеру организације Машинског факултета Универзитета у Београду. Машински факултет је са преко 200 стално запослених наставника и сарадника један од највећих наставно-истраживачко-развојних потенцијала у земљи [11, 12]. Организационо садржи више катедара и модула који су углавном оријентисани ка проблемима привреде са којом Машински факултет има дугогодишњу успешну сарадњу. Области истраживања се препознају из наведених имена катедара и других организационих јединица. Подсистеми дигиталног факултета су: FCp1: *Декански колегијум*, FCp2: *Катедре, институти и центри*, FCp3: *Одлуке и праћење извршења*, FCp4: *Студентске активности*, FCp5: *Студентска служба*, FCp6: *Рачуноводство и финансије*, FCp7: *Библиотека и техничке услуге*, ФЦп8: *Одржавање и безбедност*, ФЦп9: *Информационо-комуникациони центар*, FCp10: *Биро за међународну сарадњу*, FCp11: *Иновациони центар (производи + технологије + знање)*, FCp12: *Алумни асоцијација αМЕβ*.

На основу референтног модела интегрисаног универзитета и изведених парцијалних и партикуларних модела дефинише се дигитални универзитет на следећи начин:



Слика 9. Пример партикуларног QA модела за Машински факултет

Дефиниција 4: Дигитални универзитет је институција високог образовања чије су све активности компјутеризоване и интегрисане у јединствени информационо-комуникациони систем који интегрише компјутеризоване подсистеме и модуле свих факултета и департмана користећи јединствену базу података/знања.

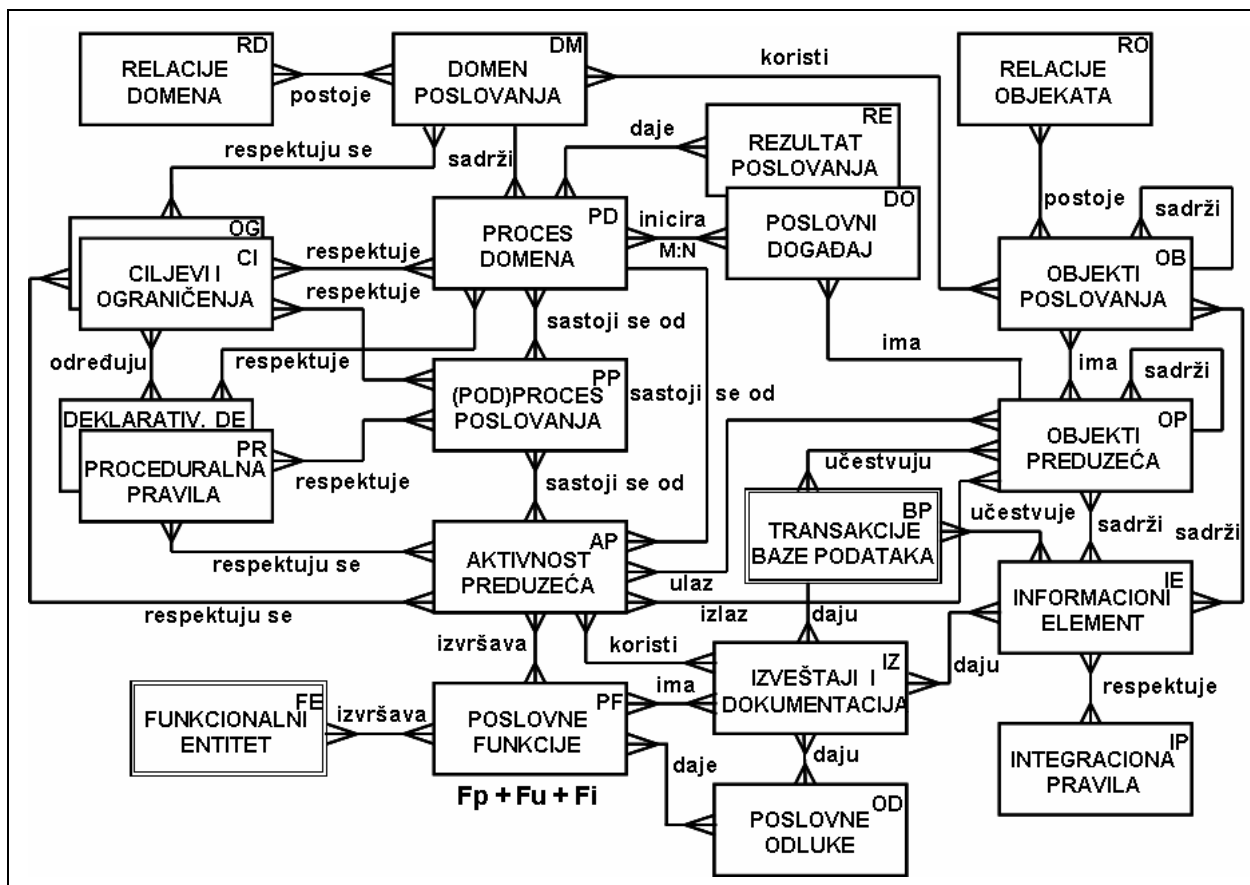
Дигитални универзитет има прецизно дефинисану интерну и екстерну размену информација користећи комуникациону инфраструктуру. Целокупна документација и информациони токови се изводе на основу дигиталних описа и дигиталне обраде података, информација и знања.

4. ДИГИТАЛНО ПРЕДУЗЕЋЕ

Дигитални описи елемената пословања предузећа интегрисаних технологија су основа за функционисање модела подацима/знањем вођеног дигиталног предузећа у коме је процес доношења одлука такође вођен подацима и знањем. Дигитални описи су садржај системске мета-датотеке којој

приступају XML инструкције процедуралних правила. Сваки од значајних елеменata процеса пословања има тачно дефинисани формат дигиталног описа који се једнозначно препознаје међу осталим системским подацима. Дигитални описи елеменata пословања се односе на главне области (домене) пословања, процесе домена, процесе пословања и активности пословања. Њихова интеракција у пословању је дата на слици 10 где се користе и дигитални описи за пословне догађаје, резултате пословања, циљеве и ограничења у пословању, процедурална и декларативна правила, објекте предузећа, релације објеката, информационе елементе, интеграциона правила, излазне извештаје и документацију, као и пословне одлуке.

Дигитални описи производа и услуга се дају у формату STEP стандарда и STEP/Express језика за опис активности животног циклуса производа у STEP-file формату. Схеме и подсхеме података дају дигитални опис ентитета и релација база података који се користе у инструкцијама за управљање подацима. Дигиталним описима производа и услуга олакшана је комуникација дигиталног предузећа са пословним партнерима. Развојни центри великих компанија за развој нових производа могу да буду дислоцирани у односу на производне погоне у којима се производе финални производи и примењују усвојене технологије. Повратне информације купаца производа дигиталним описима понашања производа у примени су важне за пројектанте предузећа. Дигиталним описима се дефинишу поступци одржавања и дијагностике техничких система приликом њихове испоруке купцима, уместо каталога са препорукама за одржавање производа. Такве дигиталне описе купци превode у поступке одржавања својих информационих система, подсистема и модула.



Слика 10. Релације главних елемената процеса пословања

4.1. Стандардизација дигиталних описа процеса пословања

За потпуно аутоматизовано функционисање пројектованих подсистема, модула и интерфејса у успешном пословању дигиталног предузећа неопходни су дигитални описи елемената процеса пословања, као и системски подаци информационо-комуникационог система. Дигитални описи су

форматизоване инструкције и текстуални искази који су записани као мета подаци мета базе знања дигиталног предузећа. Овде се дају дигитални описи главних елемената процеса пословања на основу модификованих и допуњених *CIMOSA* описа [13-19]. На **слици 10** приказане су релације и идентификационе ознаке дигиталних описа елемената процеса пословања. То су:

- DM - Домен или област пословања дигиталног предузећа;
- RD - Релације домена пословања;
- PD - Процес домена пословања;
- PP - Процес или подпроцес пословања;
- AP - Активност предузећа са трансфер функцијом;
- PF - Пословне функције или операције пословања (Fp / Fu / Fi);
- DO - Пословни догађаји;
- RE - Резултати пословања;
- CI/OG - Циљеви и ограничења у пословању;
- PR/DE - Процедурална / Декларативна правила;
- OB - Објекти пословања;
- OP - Објекти предузећа;
- RO - Релације објеката;
- IE - Информациони елемент информационог ресурса;
- IP - Интеграциона правила;
- IZ - Излазни извештаји и документација;
- OD - Пословне одлуке.

Стандардизована решења *CIMOSA* пројекта Европске уније [13-17] су допуњена [18, 19] дигиталним описима за пословне функције планирања, управљања и информисања, резултате пословања, излазне извештаје и документацију за електронско пословање и пословне одлуке које се доносе по функционалним ентитетима. Ниво детаљисања у пројекту је препуштен пројектанту дигиталног предузећа који дефинише само оне дигиталне описе који су неопходни за успешну примену пројектованог решења, као и функционалну, финансијску и информациону интеграцију, респектујући постављену организацију и пословну одговорност појединаца и организационих јединица. Према референтном *CIMOSA* моделу дигитални описи су распоређени на:

Функције: Доммени пословања (*Domains*); Процеси домена (*Domain Processes*); Пословни (под)процеси (*Business Processes*); Пословни догађаји (*Enterprise Event*); Процедурална правила (*Procedural Rules*); Циљеви и ограничења пословања (*Objectives/Constraints*).

Понашање: Активности предузећа (*Enterprise Activity*); Функционалне операције или пословне функције (*Functional Operation*) са улазима/излазима за функције, управљање и ресурсе;

Информације: Објекти предузећа (*Enterprise Object*); Објекти пословања (*Object View*); Информациони елемент (*Information Element*);

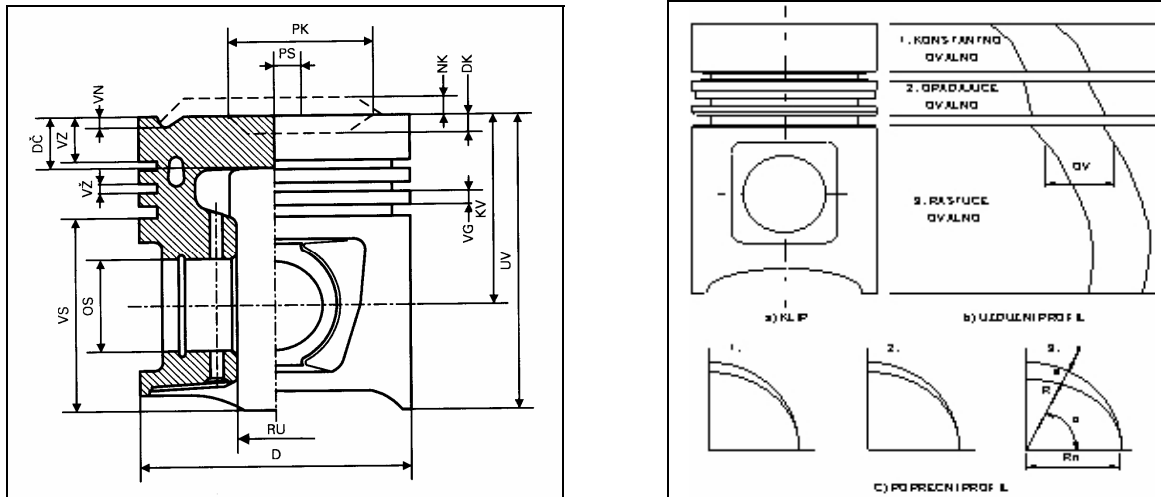
Ресурси: Распоживост, Функционални ентитети (*Functional Entity*), Ресурси, Извори ресурса;

Организација: Одговорност, Ауторизовани приступи подацима, Организационе јединице, Центри одлучивања.

4.2. Дигитални описи производа и услуга

Укупно пословање дигиталног предузећа подразумева дигиталне описе производа, делова и услуга који се користе у интерном пословању, али и у екстерним комуникацијама са пословним партнерима. Овде се наводе примери за дигиталне описе једног производа и даје пример за дигитални опис активности која се класификује као услуга.

Клип мотора са унутрашњим сагоревањем је сложени производ који захтева високе технологије за пројектовање његове геометрије и технологије, као и за саму израду на CNC специјалним машинама [20]. Произвођач клипова мора да постигне висок квалитет тог производа да би се он уградио у моторе познатих произвођача моторних возила на основу провереног утицаја на укупни квалитет финалног производа.



Слика 11. Пресек тела клипа и спољне површине клипа

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION('', '1');
FILE_NAME('KLIP', '1999-04-08T', ('ProENG'), ('')),
'PRO/ENGINEER BY PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION,9641',
'PRO/ENGINEER BY PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION,9641', '');
FILE_SCHEMA(('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC;
DATA;
#1=CARTESIAN_POINT('', (0.E0, 9.65E1, 3.72465E1));
#2=CARTESIAN_POINT('', (-
1.08341834331E0, 9.65E1, 3.724660415635E1));
```

Слика 12. Површински модел клипа (STEP.file)

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION('', '1');
FILE_NAME('KLIP', '1999-02-16T', ('ProENG'), ('')),
'PRO/ENGINEER BY PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION,9723',
'PRO/ENGINEER BY PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION,9723', '');
FILE_SCHEMA(('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC;
DATA;
#1=CARTESIAN_POINT('', (0.E0, 7.71E1, 3.727E1));
#2=CARTESIAN_POINT('', (-
1.084147594566E0, 7.71E1, 3.727010661038E1));
```

Слика 13. Солид модел клипа (STEP.file)

На слици 11 су приказани пресек тела клипа и облици површина на клипу које могу да буду константно овалне, растуће или падајуће овалне, као и параболничке. Цилиндарски склопови садрже цилиндар, клип, клипне прстенове и клипне осовине [20-22]. У CAD/CAM технологији пројектовања клипа његов дигитални опис може да се дефинише у разним форматима (слике 12 и 13). Учитавањем CAD графичких геометријским информацијама различитих система у STEP формат (ISO 10303)

могуће су њихова даље модификације и допуне, ради дефинисања неутралног формата у апликационим протоколима [22-25]. *STEP* формати имају предност у размени информација пословних партнера који имају различите хардвер и софтвер компоненте.

Одржавање производне опреме је услуга одговарајуће организационе јединице другим организационим јединицама предузећа у чијем су саставу производни погони. Професионални сервиси одржавају инсталисане техничке системе одговарајућим пословним услугама. На слици 4.8 је приказан триболошки дигитални опис за пример базе података за одржавање машина. Опис који представља формат кодиране схеме базе података је дат инструкцијама *Express* језика [26-28]

```

SCHEMA base;
ENTITY masina;
    ib_masine:                STRING;
    naziv_masine:             STRING;
    klas_broj:                STRING;
UNIQUE
    un1 = ib.masine;
END_ENTITY;
ENTITY mesto_podmazivanja;
    pripada:                  masina;
    redni_broj:               INTEGER;
    naziv_m_pod:              STRING;
    kolicina:                 REAL;
END_ENTITY;
ENTITY mazivo_ulje;
    planirano_za:             masina;
    podmazuje:                mesto_podmazivanja;
    ib_maz_ulje:              STRING;
UNIQUE
    un3:                      ib_maz_ulje;
    naziv_mu:                  STRING;
    standard:                  STRING;
    kb_mu:                     STRING;
END_ENTITY;
ENTITY date;
    day:                       INTEGER;
    month:                      INTEGER;
    year:                       INTEGER;
WHERE
    days_ok:                    {1 <= day <= 31};
    months_ok:                  {1 <= month <= 12};
END_ENTITY;
END_SCHEMA; -- base schema

```

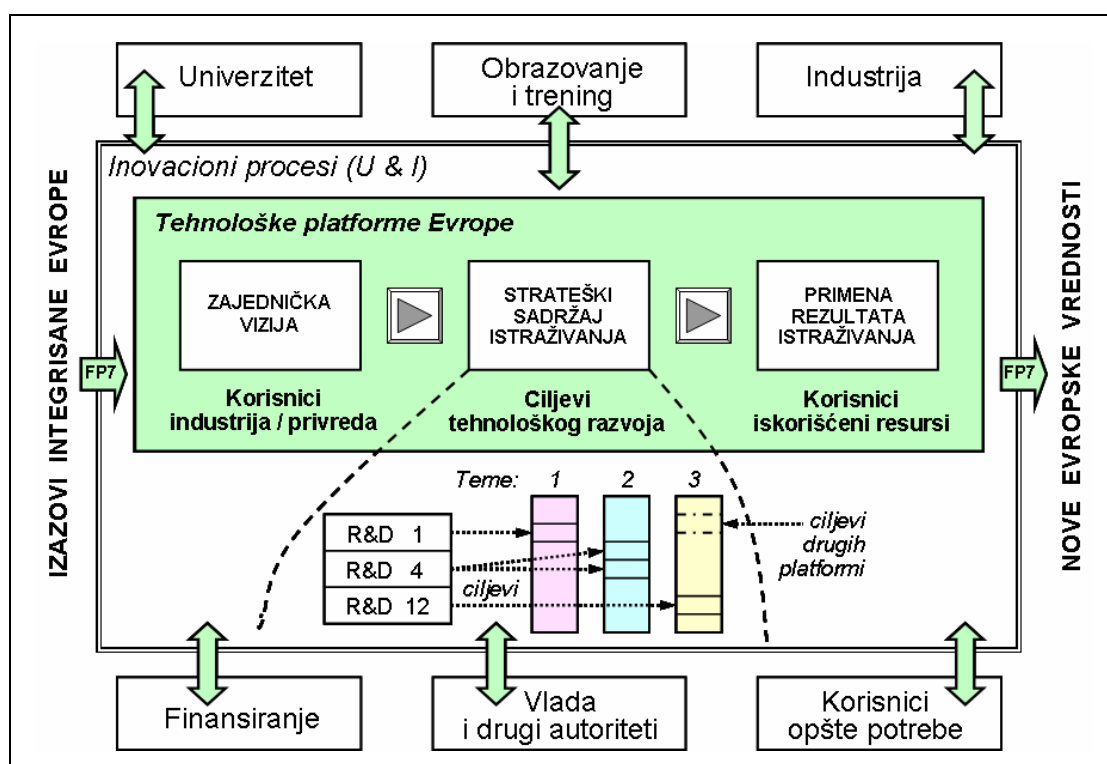
Слика 14. Триболошки опис као пример дигиталног описа за услуге

Трибологија проучава процесе хабања и подмазивања покретних делова техничких система који се узимају у обзир у активностима превентивног одржавања и дијагностике ради исправног функционисања. Зато је важно да се за сваки технички систем дефинишу места подмазивања и одговарајуће врсте мазива и уља. На основу тога се планирају одговарајуће интервенције одржавања као и потребне количине средстава за подмазивање.

5. ТЕХНОЛОШКЕ ПЛАТФОРМЕ ЗА СИНЕРГИЈУ У&И

Савет Европе је марта 2003. године предложио Европској комисији да подржи области истраживања и иновације Европе „... .. креирајући технолошке платформе Европе и интегришући технолошки по принципу „*know-how*“ индустрију, релевантне ауторитете и финансијске институције

да развију стратешке садржаје за водеће технологије“ Технолошке платформе Европе (енгл: *European Technology Platforms - ETP*) имају за циљ дефинисање средњерочних и дугорочних истраживања са јасним технолошким циљевима и ради освајање тржишта. Они обухватају целокупан ланац вредности осигуравајући да ће знање генерисано кроз истраживање да се трансформише у технологије и процесе, а такође и у производе и услуге. 31 технолошка платформа је била дефинисана почетком 2007. године и оне су давале технологије као основу за развој и конкуритивност Европе. Тиме је за кориснике дефинисан и успостављен садржај стратешких истраживања (енгл: *Strategic Research Agenda - SRA*) са консензусом у заједничкој визији развоја. Европска комисија је обезбедила упутства и подршку за технолошке платформе приближавајући заједнички рад приоритетима истраживачког простора Европе и потребама индустрије. Проблем се посматра на Европском, националном и регионалном нивоу са јавним и приватним инвестирањем у истраживање, развој и иновације кључних технолошких зона. Шири циљеви су дефинисање стандарда, креирање мрежа и асоцијација Европе, као и превазилажење баријера у комерцијализацији истраживања у Европи. То утиче и на дефинисање будућих модела образовања и професионалних тренинга као неопходност и као основа да се обезбеди ефективна примена технолошких решења.



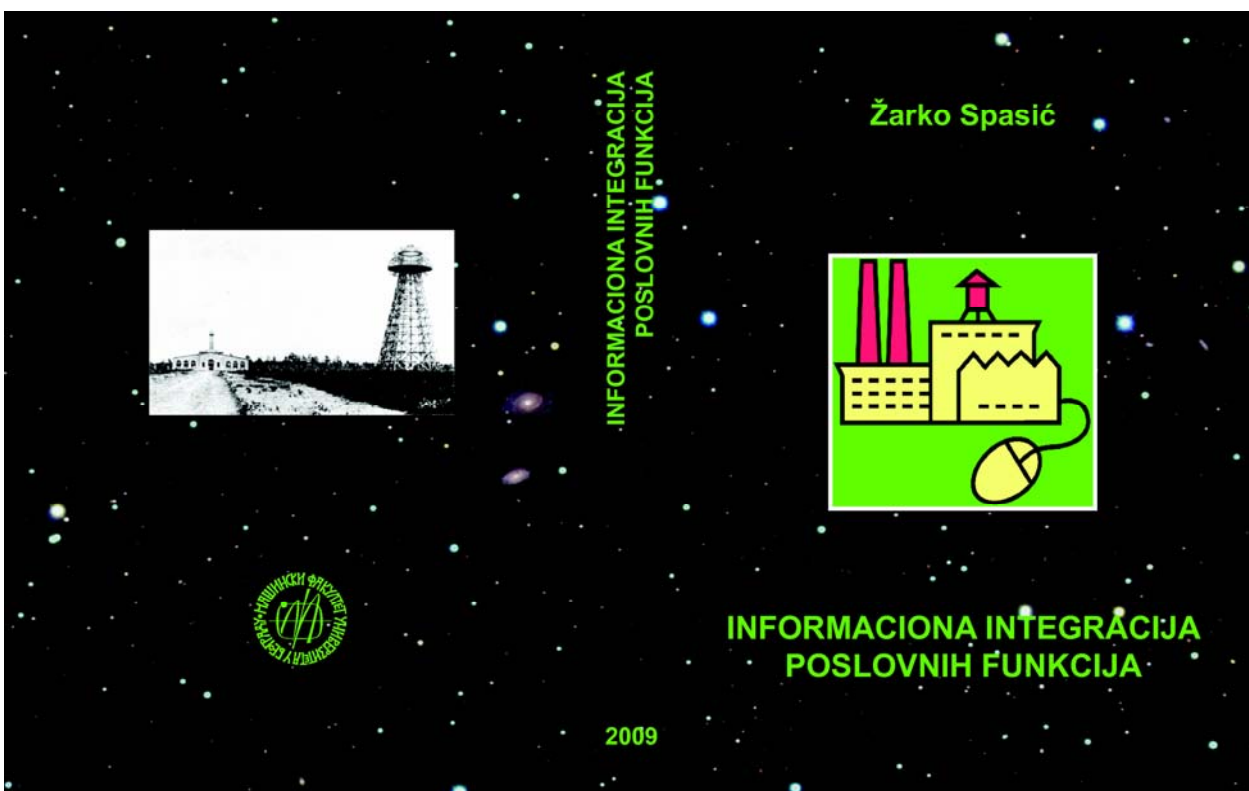
Слика 15. Технолошке платформе Европе и FP7

Технолошке платформе представљају интелектуални напор у правцу предложене акције, омогућајући флексибилно коришћење расположивих ресурса и користећи могућност комбиновања освајања тржишта и технолошког развоја. На тај начин се идентификују неопходне промене у законодавству, стандардима, и јавним потребама.

Да би се реализовао утицај технолошких платформи Европе дефинисане су следеће препоруке:

- Технолошке платформе треба да се фокусирају на области које знатно увећавају конкуритивност и доприносе изазовима европског друштва.
- Повећање крос-платформских интеракција треба да се оствари, користећи хоризонталне излазе, размену успешне праксе и избегавајући преклапања у истраживању.
- Треба да се оствари отвореност и транспарентност за укључивање корисника кроз *web-site* референцирање.

- Потребна је координација међу учесницима технолошких платформи са националним и регионалним ауторитетима програма и политике развоја.
- Потребне су заједничке акције са другим програмима (на пример, ЕУРЕКА), затим синергије универзитета и индустрије и коришћење Европских шема финансирања.
- Технолошке платформе треба да развију ефективне структуре управљања које су флексибилне и адаптабилне.



Слика 16. Садржаји уџбеник и професионалних тренинга студената у индустрији су основа за опоравак индустрије Србије и успешну реформу универзитета

Потенцијална тржишта су тржишта за нова истраживања и интензивне иновације производа, система и услуга за које Европа може да обезбеди иницијална тржишта и европска пословања која потенцијално могу да постану глобална. То су такође тржишта која постављају правни оквир

пословања на основу политике јавних акција на нивоу друштва или нација. Укратко, то су тржишта на којима индустрија може да развије конкуритивну предност за лидерство на глобалном тржишту.

Технолошке платформе Европе обезбеђују оквир корисницима (индустрији и привреди) да дефинишу приоритете истраживања и развоја, временске оквири и акционе планове за бројне стратешке излазе којима се остварује будућу развој, конкуритивност и одрживи циљеви Европе. Играју кључну улогу за обезбеђивање средстава за истраживање са високим степеном релевантности за индустрију, покривајући цео економски ланац и мобилишући јавне ауторитете на националном и регионалном нивоу. Да би се обезбедило ефективно друштвено и приватно партнерство, технолошке платформе треба да допринесу значају Лисабонске стратегије, развијајући знање за развој у европском истраживачком простору. Тиме се кроз програм FP7 задовољавају потребе индустрије реализовањем европске политике у истраживању. Технолошки изазови воде ка новим технологијама базираним на јавним добрима и услугама, чиме се постиже реструктурирање традиционалних индустријских сектора.

6. ЗАКЉУЧНЕ НАПОМЕНЕ

Активности истраживања и развоја (D&R) су основа за интегрисану Европу као будућем друштву заснованом на знању. Да би се уложена средства у пројект интегрисане Европе вратила, све неопходне активности треба да буду интегрисане у напоре које чине индустрија, универзитет, здравство енергетика, транспорт и свако друго пословање које ће користити грађани и конкуритивна предузећа тако интегрисане Европе. То је комплексан циљ који је за *Универзитет* и *Индустрију* постављен изнад лабораторија, тестова и прототипова ради трансформације постављених изазова у нове европске вредности. Тај комплексни циљ подразумева интеграцију европских образовних и истраживачких простора (ЕНЕА+ЕРА).

Технолошке платформе Европе уједињују кориснике нових европских вредности које даје индустријско лидерство у синергији са интегрисаним универзитетом који послује на основу интегрисаног информационо-комуникационог система са такође интегрисаним системом обезбеђивања квалитета. Студенти морају рационално да користе наставу по блоковима *Болоњске декларације* и по акредитацијама универзитета које не треба да буду формалне. Систем образовање Србије је основа за њен даљи технолошки развој у интегрисаној Европи.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Спасић, Ж., *Европске интеграције – Судбина дезинтегрисане Србије*, Уводни рад, Зборник радова 32. Јупитер конференције, Машински факултет, Златибор, 2006. CD: ТФ6 –ТФ17.
- [2] Спасић, Ж., Пилиповић, М., *Мозгућности индустрије и универзитета Србије у евро-атланским интеграцијама – Тренутне алтернативе су европска перспективност или даља неизвесност*, Уводни рад, 33. Јупитер конференције, Машински факултет, Златибор, 2007. CD.
- [3] Спасић, Ж., *Универзитет и индустрија на предугом путу ка европским интеграцијама – Реалне дилеме и непотребне заблуде*, Уводни рад, 34. Јупитер конференције, Машински факултет, Београд, 2008. CD.
- [4] <http://ec.europa.eu/research/eurab/pdf/recommendations9.pdf> Eruopean Research Advisor Board Report on European Technology Platforms, EURAB 04.010-final, Brussels, 2004.
- [5] Спасић, Ж., *Информациона интеграција дигиталне фабрике и дигиталног универзитета*, 25. симпозијум "ЦИМ у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала", Машински факултет, Златибор, 2006. CD: 1.20 – 1.25.
- [6] <http://www.nerc.ac.uk/funding/framework/>, Natural Enviroment Research Council, 2009.
- [7] Младеновић, Н., Пилиповић, И., Спасић, Ж., *Вертикална проходност по нивоима образовања Србије*, I конгрес Алумни фонда αМЕβ, Машински факултет, Београд, 2005.
- [8] Spasic, Ž., Stefanović, V., Đurić, M., Nikolić, R., Dolićanin, Ć., *TEMPUS IQASU PROJEKT: Od "BERLIN '03" zahteva prema "BERGEN '05" očekivanjima*, Konferencija Aaom, Beograd, 2004.

- [9] Spasić, Ž., et al: *Analysis of EU QA Models, Requirement Specifications, Reference and Specific QA Models*, Tempus JEP-17040/04-WGi, Version 3.0, Belgrade, 2005.
- [10] Spasić, Ž., Stefanović, V., Quarrie, S., *Implementing Quality Assurance at Universities and their Faculties, Departments and Schools - Background and description of the Project*, Tempus JEP-17040 - 1/03, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2003.
- [11] Спасић, Ж., Недељковић, М., Бошњак, С., Обрадовић, А., *Машински факултет Универзитета у Београду - Мисија на путу ка европским интеграцијама*, Монографија, Машински факултет, Београд, 2003.
- [12] *Алумни Фонд Машинског факултета Универзитета у Београду αМЕβ*, Саопштења I Конгреса "Савремени задаци машинства", Уредници: Спасић, Ж., Недељковић, М., ISBN 86-7083-542-8, Машински факултет, Београд, 2005.
- [13] ESPRIT Consortium AMICE, *CIMOSA: Open System Architecture for CIM*, Research Report of Project 688, Springer-Verlag, Berlin, 1989.
- [14] Kosanke, K., Mollo, M., Naccari, F., Reyneri, C., *Enterprise Engineering with CIMOSA-Application at Fiat, Integrated Manufacturing Systems Engineering*, Chapman & Hall, London, 1995.
- [15] ESPRIT Consortium AMICE, *CIMOSA: Open System Architecture for CIM*, Research Report of Project 688/5288, Vol 1., Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- [16] Kosanke, K., Nell, J.G., *Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus*, Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- [17] Kosanke, K., Nell, J.G., Vernadat, F., Zelm, M., *Enterprise Integration – International Consensus (E-IC) EP 21859*, Geteborg,
- [18] Spasić, Ž., Mladenović, I., Vujić, I., *A Framework for Information Integration in Extended Manufacturing CIM-Enterprise*, In the Book "Changing the Way We Work – Shaping the ICT-solutions for the Next Century", Ed., N. Martensson et al., ICS Press, Göteborg, Sweden, 1998. pp 735-744.
- [19] Ž. Spasić, (2006), *Modelling of Quality Assurance System in the Relation "University--Industry"*, IFNA-ANS International Journal, Problems of Nonlinear Analysis in Engineering Systems, No. 2(26), volume 12, pp. 117-127.
- [20] *PDM: Katalog proizvoda*, Industrija "Petar Drapšin", Mladenovac, 2002.
- [21] Стефановић, Н., Спасић, Ж., Јанкуловић, А., Станојевић, М., *Информационо моделирање произвођача цилиндарских склопова*, Аутомобилска техника за бољи квалитет живота, JUMV – СП - 9902, Специјални број, Београд, 1999. стр. 77-80.
- [22] Scholz-Reiter, B., *CIM Interfaces – Concepts, Standards and Problems of Interfaces in Computer Integrated Manufacturing*, Chapman & Hall, London, 1992.
- [23] Pro/Engineer: *Fundamentals*, Release 17.0, Parametric Technology Corporation, U00060796, Waltham MA 1996.
- [24] Pro/Engineer: *Assembly Modelling User's Guide*, Release 17.0, Parametric Technology Corporation, U00570796, Waltham MA 1996.
- [25] Pro/Engineer: *Interface Guide*, Release 17.0, Parametric Technology Corporation, U00070796, Waltham MA 1996.
- [26] Спасић, Ж., *Одржавање и триболошки опис техничких система у CIM амбијенту*, Трибологија у индустрији, Год. XVII, Бр. 3, 1995. стр. 77-82.
- [27] Спасић, Ж., Пијевац, Т., *Стандардизација информационих технологија за CIM-системе*, Уводни прегледни рад, Саветовање "Стандардизација и квалитет у информационим технологијама", Савезни завод за стандардизацију, Београд, 1995, стр. 5.1/1 - 5.1/10
- [28] Spasić, Ž., Tišma, S., Mladenović, I., *Extended Model for CIM/STEP Integration and International Standards*, 2nd Conference on Engineering Design and Automation – EDA '98, Maui-Hawaii, 1998.



35. JUPITER
konferencija
Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Džagić, V., Privredna komora Srbije

**TRENDOVI, STANJE I KLJUČNI POKRETAČI TRANSFORMACIJE SRPSKE
INDUSTRIJE U KONTEKSTU EVROPSKIH INTEGRACIJA**

- Rad po pozivu -



P.B. Petrović¹

EVROPSKE TEHNOLOŠKE PLATFORME – KONCEPTUALNI OKVIR I SINERGIJA SA NACIONALNIM EKONOMIJAMA

Rezime

U okviru ovog uvodnog referata izlažu se konceptualni okviri političkog instrumenta Evropske komisije pod nazivom Evropske tehnološke platforme, koji je namenjen za dugoročno upravljanje tehnološkim segmentom evropskog ekonomskog prostora. Evropske tehnološke platforme su strukturirani instrument koji se pored evropskog, proteže i na nivo nacionalnih i regionalnih ekonomija. Procesi evropskih integracija Srbije se dominantno ograničavaju na legislativni aspekt zanemarujući tehnološku dimenziju. Legislativa stvara okvire a jedan od bitnih sadržaja je tehnologija. Koncept Evropskih tehnoloških platformi može da bude formalni okvir za transformaciju industrije Srbije i njenu integraciju u evropsku ekonomiju. Ta transformacija se može odvijati u dva osnovna pravca. Prvi pravac se odnosi na osavremenjavanje tehnoloških osnova tradicionalnih industrijskih sektora, kao što je sektor industrije prerade metala. Drugi pravac se odnosi na uvođenje novih visokotehnoloških sadržaja koji nisu prisutni u ovom trenutku, a predstavljaju visokotehnološke prioritete Evropske unije. Okvir za transformaciju može da predstavlja skup od pet evropskih tehnoloških platformi: **ETP ManuFuture** - Evropska tehnološka platforma za domen proizvodnih tehnologija, čiji je osnovni cilj razvoj industrijskog sektora evropske ekonomije kroz sistematski transformaciju tradicionalnih sadržaja kroz primenu razvojno intenzivnih, inovativnih i na nauci i znanju zasnovanim proizvodnim tehnologijama; **ETP EUROP** - Evropska tehnološka platforma za oblast robotike, koja robotiku kao inženjersku disciplinu posmatra u jednom širem kontekstu, uključujući pored industrijske robotike i ostale oblasti primene robotske tehnologije, kao što su: medicina, zabava, poslovi u domaćinstvu, istraživanje svemira i slično, sa zadatkom defragmentacije industrijskih i istraživačko-razvojnih resursa i stvaranja jednog jakog, koherentnog korpusa evropske robotike globalno prepoznatljivog, globalno konkurentnog, i uz primenu visokotehnoloških sadržaja (pre svega tehnologije veštačke inteligencije kao ključne enabling tehnologije) dovodjenje evropske ekonomije u ovoj oblasti na poziciju lidera u globalnim razmerama; **ETP MINAM** - Evropska tehnološka platforma za oblast mikroelektromehaničkih sistema (MEMS) i mikro i nanoproizvodnih tehnologija i procesa (micro- and nanomanufacturing), koja ima za cilj širok prodor u ovu visokotehnološku oblast i njenu disperziju u širok spektar industrijskih sektora, uključujući energetiku, medicinu i proizvode široke potrošnje. Pored prethodno navedenih ETP platformi, od interesa za transformaciju proizvodnih tehnologija ekonomije Srbije mogu da budu i tehnološke platforme: **ARTEMIS** - The European Technology Platform for Advanced Research and Technology for Embedded Intelligence and Systems, sa vizijom izgradnje tehnoloških osnova koje će stvoriti mogućnost da se većina sistema, mašina, pa čak i obični objekti iz svakodnevnog života mogu transformisati u autonomne digitalne sisteme koji međusobno komuniciraju i obraduju informacije, i **EPoSS** - European Platform on Smart Systems integration, sa vizijom razvoja tehnologije koja će omogućiti gradnju minijaturnih, multifunkcionalnih uređaja koji poseduju kompleksne perceptivne i kognitivne funkcije, i sposobnost integracije u složene interaktivne sisteme. U prethodnom kontekstu, sledeći aktivnosti započete u okviru 34. JUPITER konferencije održane u Beogradu, 4 i 5. juna 2008. godine, JUPITER Asocijacija predvodjena Centrom za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu, iznosi inicijativu za pokretanje pilot projekta uspostavljanja Nacionalne tehnološke platforme Srbije za domen proizvodnih tehnologija NTPS-pro, kao novi okvir za transformaciju nacionalne industrije na putu Srbije u evropske integracije. Ova inicijativa se prezentira široj stručnoj i naučnoj javnosti u okviru tematskog foruma: Evropske tehnološke platforme, kroz niz saopštenja kompanija iz domaće industrije i prezentacija predstavnika tri evropske tehnološke platforme: ManuFuture, MINAM i EUROP.

¹ Prof. dr Petar B. Petrović, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija; e-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.rs



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Kovačev, S., Kompanija KOLUBARA Metal, Vreoci

TAMNAVA ZAPADNO POLJE
Projekat proizvodnog kompleksa površinske eksploatacije uglja

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Radosavljević, Z., Kompanija ABS Holdings, Beograd

**TEHNOLOŠKA PLATFORMA ABS MINEL U SRPSKIM ELEKTROENERGETSKIM
MEGA PROJEKTIMA**

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Živković B., Kompanija NIS Gazpromnjeft, Beograd

**PROBLEMI I IZAZOVI IZGRADNJE INTEGRALNOG INFORMACIONOG SISTEMA
KOMPANIJE NIS-GAZPROMNJEFT**

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Nijemčević, S., Kompanija IKARBUS a.d., Zemun

PERFORMANSE I PERSPEKTIVE RAZVOJA AUTOMOBILSKE INDUSTRIJE SRBIJE

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Lalić, B., Kompanija CISCO INSTITUTE TC SERBIA, Novi Sad

**METODOLOGIJA PRIMENE ORGANIZACIONE SPREMNOSTI U PRIHVATANJU
SAVREMENIH TEHNOLOŠKIH REŠENJA**

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Mićić, D., Kompanija ICM Electronics, Novi Sad

**VIZIJA POSLOVNOG RASTA ICM KOMPANIJE U OBLASTI VISOKIH
TEHNOLOGIJA**

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Topalović M., Kompanija Prvi partizan, Užice

**MODERNIZACIJA TEHNOLOŠKIH RESURSA I INOVACIJA ZNANJA KAO KLJUČNI
ELEMENTAR USPEHA NA SVETSKOM TRŽIŠTU**

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija

Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Marković, A., Kompanija METALAC, Gornji Milanovac

**NOVE TEHNOLOGIJE I INOVATIVNOST KAO OSNOVA RAZVOJA I POSLOVNOG
RASTA KOMPANIJE METALAC**

- Rad po pozivu -



35. JUPITER
konferencija
Beograd 2009

TEMATSKI FORUM

Reinhardt, A. E., microTEC GmbH, GERMANY

COST EFFICIENT POLYMER MEMS PRODUCTION AND PACKAGING SOLUTIONS

- Rad po pozivu -

- Overview RMPD technologies
- Product samples from medical, consumer electronics and other industries
- Training/licensing programs
- Questions and discussion

35. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

35th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



28. simpozijum

CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA

Beograd, jun 2009.

**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG RAZVOJA
INDUSTRIJE PRERADE METALA**
CIM IN THE STRATEGY OF TECHNOLOGICAL
DEVELOPMENT OF METALWORKING INDUSTRY

Petrović, P., Milanov, M., Nijemčević, S., Stojović, M., Spasić, Ž., Pilipović, P., Jakovljević, Ž.	
PRIMENA INELIGENTNIH SENZORSKOH SISTEMA U RAZVOJU INTEGRISANE AUTOMATIZACIJE REALNIH I VIRTUELNIH PROCESA PROIZVODNOG PREDUZEĆA –REKAPITULACIJA REZULTATA NA PROJEKTU MA14035	1.1
Radojević, Z., Stanković, R., Stojanović, D.	
CIM SISTEM - NEOPHODNOST DANAŠNJE PROIZVODNJE	1.12
Komadinić, V., Ilić, D.	
OCENA PODOBNOSTI SOFTVERSKOG PROIZVODA ZA PRIMENU U INDSTRIJSKOM PREDUZECU	1.17
Mićić, D., DONDUR, N., Spasić, Ž.	
PERFORMANSE INTELIGENTNOG POSLOVANJA SA INFORMACIONOM INTEGRACIJOM DIGITALNOG REDUZECA.....	1.21

← NAZAD



P.B. Petrović¹, M. Milanov², S. Nijemčević³, M. Stojović⁴, Ž. Spasić¹, M. Pilipović¹,
Ž. Jakovljević¹

**PRIMENA INELIGENTNIH SENZORSKIH SISTEMA U RAZVOJU INTEGRISANE
AUTOMATIZACIJE REALNIH I VIRTUELNIH PROCESA PROIZVODNOG PREDUZEĆA –
REKAPITULACIJA REZULTATA NA PROJEKTU MA14035**

Rezime

U okviru ovog rada saopštavaju se rezultati istraživanja sprovedenih u okviru prve istraživačke godine na projektu MA14035 koji zajednički realizuju Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu i kompanije Mikrokontrol iz Beograda, Ikarbus iz Beograda i FAP iz Priboja. Pored pregleda teoretskih i metodoloških sadržaja, posebna pažnja se posvećuje praktičnim izlazima ostvarenim u okviru ovog projekta u formi laboratorijskih demonstracionih instalacija na kojima su praktično verifikovani ključni inovativni sadržaji sprovedenih istraživanja. Na kraju saopštenja, navode se plan daljih istraživanja i perspektive primene ostvarenih rezultata u industrijskim uslovima, na proizvodnim linijama participanata ili u kontekstu projekata sa kompanijama koje nisu članice konzorcijuma projekta.

1. UVOD

Projekat MA 14035⁵, akronim INTOSA, je dvogodišnji projekat koji je finansijski podržan od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije za period 2008-2010. godina. Na ovom projektu učestvuje Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, u svojstvu nosioca istraživačko-razvojnih aktivnosti i koordinatora projekta, kompanija Mikrokontrol iz Beograda, u svojstvu korisnika istraživanja i tehnološke podrške u delu industrijske automatizacije, informacionih tehnologija i tehnologija optoelektronskih sistema za dimenzionu metrologiju, i kompanije IKARBUS iz Beograda i FAP iz Priboja kao korisnici istraživanja koji dolaze iz domena industrije prerade metala. Projekat je tako komponovan da u minimalnom obimu sadrži sve ključne elemente modela jednog savremenog istraživačkog projekta, kakav se primenjuje u Evropskoj uniji, a posebno u okviru FP7 okvirnog programa. Konzorcijum sadrži jednu istraživačko-razvojnu instituciju koja je locirana u edukacionom segmentu, dve velike korporacije koje poseduju potrebne kvantitativne resurse za značajna tehnološka istraživanja i implementaciju rezultata istraživanja, i jednu kompaniju iz domena malih i srednjih preduzeća, koja je po pravilu pokretač inovacionih aktivnosti iz oblasti novih tehnologija.

Projekat pored konzorcijuma, poseduje i Poslovnu interesnu grupu, koju čini klaster kompanija iz oblasti koje direktno ili indirektno gravitiraju tematskim ciljevima projekta i koje su u poslovnom smislu zainteresovane za rezultate projekta kao budući korisnici, ili kao tehnološka baza za praktičnu realizaciju istraživačkih i demonstracionih aktivnosti.

U cilju postizanja efikasne komunikacije između članica konzorcijuma, i u cilju obaveštavanja stručne javnosti o rezultatima i aktivnostima projekta, kao i različitim oblicima diseminacije rezultata projekta, koristi se Internet kao opšta tehnička platforma, na kojoj je izgrađen sajt projekta sa širokim spektrom servisa i modula za razmenu informacija (<http://master.mas.bg.ac.yu/ma14035>).

¹ Prof. dr Petar B. Petrović, Prof. dr Žarko Spasić, Prof. dr Miroslav Pilipović, Mr Živana Jakovljević, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija; e-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.rs

² Mile Milanov, dipl. ing., Vase Pelagića 30, 11000 Beograd, Srbija

³ Dr Srećko Nijemčević, dipl. ing., Autoput 24, 11000 Beograd, Srbija

⁴ Mirko Stojović, dipl. ing., FAP korporacija, Radnicka bb, 31330 Priboj, Srbija, e-mail: generalnidirektor@fap.co.rs

⁵ U okviru ovog rada saopštavaju se rezultati istraživanja koja se sprovode na projektu MA14035: **Primena inteligentnih senzorskih sistema u razvoju integrisane automatizacije realnih i virtuelnih procesa proizvodnog preduzeća - INTOSA**, koji finansijski podržava Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

2. SADRŽAJ ISTRAŽIVANJA I CILJEVI

Projekat INTOSA ima za predmet istraživanja aplikativne aspekte posebne klase senzorskih sistema koji su bazirani na simbiozi optičke tehnologije, digitalne elektronike i savremene tehnologije inteligentnih informacionih sistema. Ovakvi sistemi pokrivaju jedan vrlo širok spektar primena u domenu proizvodnih tehnologija, koje se prostiru od dimenzione metrologije, pa do sistema veštačkog gledanja i prepoznavanja oblika kao jedne od ključnih generičkih tehnologija na kojoj se gradi koncept inteligentnih tehnoloških sistema.

Ideja o pokretanju ovog projekta proistekla je iz uočenih potreba sistemskog rešavanja problema koji su pratili desetogodišnji program razvoja i proizvodnje mernih sistema baziranih na laserskim triangulacionim senzorima za merenje geometrijskih veličina na proizvodnim linijama u oblasti industrije prerade elastomera, koji je u saradnji sa kompanijom Informatika a.d. iz Beograda realizovan u okviru Centra za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu.

Primarni naučno-istraživački i razvojno-aplikativni cilj: uspostavljanje jedne istraživačko-razvojne jedinice u okviru Centra za nove tehnologije, Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, koja će sistematskim istraživačkim aktivnostima i njihovom praktičnom verifikacijom kroz izgradnju odgovarajućih demonstracionih instalacija, ovladati generičkim znanjima iz domena digitalne optičke tehnologije i omogućiti transfer tih znanja u domaću industriju sa ciljem masovne primene ove tehnologije u oblasti automatizacije proizvodnih procesa.

Posebni naučno-istraživački ciljevi projekta su sledeći: 1) Sistematska identifikacija stanja i prepoznavanje osnovnih trendova razvoja tehnologije optičkih senzorskih sistema i primene tih sistema u domenu automatizacije proizvodnih procesa; 2) Istraživanje i sistematizacija specifičnih tehnologija vezanih za hardverske aspekte primene optičkih senzorskih sistema u realnim industrijskim uslovima – identifikacija specifičnih zahteva i sa tim povezanih odgovarajućih procedura za kontrolu osvetljenosti scene, refleksija, kontaminacije optičkog puta i drugih poremećaja ambijenta u kome se primenjuju optički senzori; 3) Razvoj specifičnih procedura i algoritama primarne obrade senzorskih signala primenom diskretne vejevlet transformacije, kao i istraživanje uslova efikasne primene vejevlet transformacije u realnom vremenu; 4) razvoj novih algoritama za statističku obradu nekompletnih vremenskih serija primenom pristupa robusne statističke karakterizacije površi; 5) Razvoj novih algoritama za prepoznavanje oblika u realnom vremenu primenom neiterativnih algoritama fazi i neuro-fazi klasterovanja; 6) Istraživanje metroloških aspekata primene optičkih senzorskih sistema u dimenzionoj metrologiji na proizvodnim linijama; 7) Istraživanje specifičnih aspekata primene tehnologije virtuelnih proizvodnih sistema na domen gradnje metroloških sistema baziranih na optičkim senzorima – sinteza i simulacija automatskih mernih stanica i robotizovanih sistema sposobnih da komuniciraju sa okruženjem korišćenjem optičke povratne sprege; 8) Razvoj modela interakcije Univerzitet – Industrija u delu treninga i edukacije inženjera i osavremenjivanje njihovih znanja primenom multimedijских Internet tehnologija obrazovanja na daljinu; 9) Izgradnja demonstracionih instalacija i test stolova za praktičnu eksperimentalnu verifikaciju istraživačkih rezultata projekta; 10) Saopštavanje rezultata istraživanja stručnoj i naučnoj javnosti u formi stručnih i naučnih radova izloženih na domaćim ili međunarodnim konferencijama, ili publikovanim u odgovarajućim časopisima.

3. PREGLED OSNOVNIH REZULTATA SPROVEDENIH ISTRAŽIVANJA

Pregled rezultata koji su ostvareni kroz istraživačke aktivnosti na projektu u toku prve istraživačke godine navodi se po fazama sadržanim u planu realizacije projekta. Materijal koji se ovde navodi preuzet je u delovima iz godišnjeg izveštaja [1], koji je rukovodilac projekta podneo Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije za tekuću istraživačku godinu.

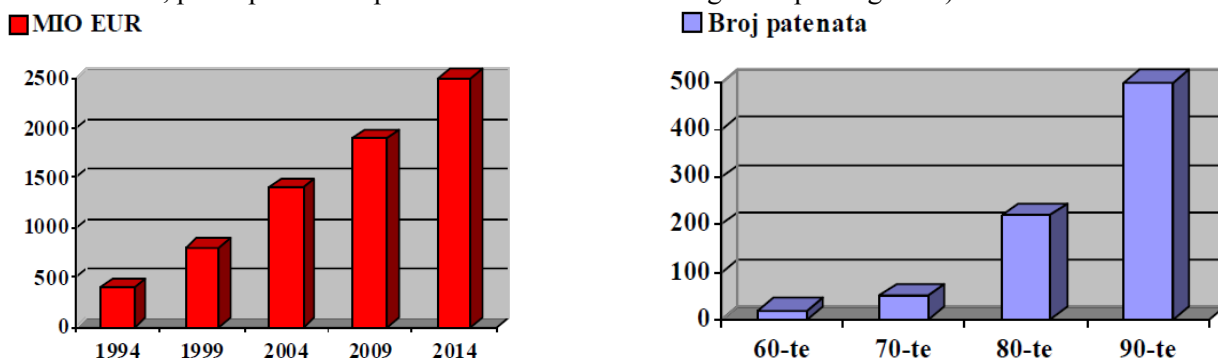
3.1 Faza realizacije 1 / aktivnost 1: Identifikacija stanja i sistematizacija

Ovo je inicijalna istraživačka aktivnost u okviru projekta MA14035 INTOSA koja je imala za cilj da sagleda postojeće stanje stvari u oblasti tehnologije optičkih senzorskih sistema sa aplikativnog aspekta, odnosno primene ove tehnologije u domenu automatizacije proizvodnih procesa sa dva osnovna zadatka: 1) postojeće stanje tehnologije i trendovi razvoja i 2) sistematizacija hardverskih aspekata.

U okviru prvog zadatka razmatrana su dva osnovna konteksta: 1) stanje i trendovi razvoja na globalnom nivou i 2) stanje u domaćoj privredi.

Stanje i trendovi razvoja na globalnom nivou: Odgovor na stalno rastuće zahteve geometrijske kontrole kvaliteta proizvoda na proizvodnim linijama su digitalne optičke tehnologije, koje čine generičku osnovu novih senzorskih i metroloških sistema koji se intenzivno integrišu sa proizvodnim tehnologijama. Prema studiji koja je sprovedena od strane *Opto-Electronics Industry Development Association* [2], utvrđen

je ekstremno brz trend razvoja optičkih senzorskih sistema i optičke metrologije. Tržište optoelektroničkih senzorskih sistema je u periodu od 1994. do 2004. godine sa 0.4 milijarde dolara poraslo na 1.4 milijardi dolara, pri čemu se predviđa dalji intenzivni rast, tako da 2014. godine tržište optoelektroničkih proizvoda dostigne preko 2.5 milijardi dolara. Intenzivni rast prisutan je u delu istraživanja i razvoja gde se, mereno brojem patenata, oblast optoelektroničkih proizvoda razvija vrlo brzo (od nešto manje od 50 patenata tokom sedamdesetih, pa do preko 500 patenata tokom devedesetih godina prošlog veka).



Slika 1: Trendovi razvoja senzorskih sistema baziranih na digitalnim optičkim tehnologijama.

Oblast senzorskih sistema baziranih na digitalnim optičkim tehnologijama koja se razmatra u okviru ovog projekta, može se klasifikovati u dve osnovne grupe: 1) Optički senzorski sistemi za dimenzionu metrologiju, i 2) Optički senzorski sistemi za veštačko gledanje (*vision systems*).

U prvu grupu spadaju senzori bazirani na laserskim poluprovodničkim diodama, snage do 20mW, koje zrače u vidljivom ili infracrvenom delu spektra. Mada postoji veliki broj konstruktivnih varijanti, mogu se izdvojiti tri osnovne varijante koje su danas dominantne na tržištu dimenzionu metrologije. To su: 1) senzorski sistemi bazirani na principu optičke triangulacije, 2) konfokalni sistemi bazirani na spektralnoj devijaciji polihromatske svetlosti i 3) sistemi bazirani na zasenjivanju optičke zavese. Triangulacioni sistemi su najmasovnije zastupljeni i sreću se u obliku jednostruke, dvostruke i cirkularne triangulacije, sa tačkastim ili linijskim oblikom laserskog snopa. Po pravilu su difuzno reflektivnog tipa, sa mernim opsegom koji se kreće od dela milimetra do nekoliko metara. Bitna osobina ovih senzorskih sistema je ta da oni beskontaktno mere rastojanje do objekta i da poseduju mogućnost projekcije mernog opsega.

Drugu grupu optičkih senzorskih sistema čine senzori veštačkog gledanja koji su bazirani na primeni savremenih CCD ili CMOS tehnologija. Ovakvi sistemi su danas široko prisutni u delu hardvera. U delu softvera, situacija je značajno drugačija. Sistemi veštačkog gledanja u svojoj osnovi imaju segment koji se odnosi na kondicioniranje signala i analizu slike, i segment koji se odnosi na prepoznavanje oblika. Prepoznavanje oblika je ključni sadržaj i nosilac je onoga što je osnovna odlika svakog sistema za veštačko gledanje.

Stanje u domaćoj privredi: Optički senzorski sistemi i njihova primena u industriji na zadacima automatizacije proizvodnih procesa ima duboke korene. Osamdesetih i početkom devedesetih godina prošlog veka u Srbiji su postojale akademske institucije koje su se intenzivno bavile istraživanjima u domenu dimenzionu metrologije i robotike. U okviru Centra za nove tehnologije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, sprovedena su višegodišnja sistematska istraživanja u ovoj oblasti kroz veći broj projekata koji su realizovani u okviru Laboratorije za robotiku i Laboratorije za automatizaciju proizvodnih procesa. Slična istraživanja su se odvijala u okviru Instituta Mihajlo Pupin, takođe u okviru Laboratorije za robotiku koja je po svom doprinosu teoriji projektovanja robotskih sistema bila referentna u svetskim razmerama, kao i na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, Institutu za fiziku, a takođe i na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Domaća industrija je pratila razvoj u delu istraživanja, pa su osamdesetih godina u okviru LOLA Korporacije, a kasnije i u okviru LOLA instituta, realizovani prvi industrijski roboti, a zatim i prvi industrijski sistemi za analizu slike, koji su uspešno implementirani na konkretnim zadacima automatizacije proizvodnih procesa u domaćoj industriji. Početak oporavka domaće ekonomije nametnuo je potrebu šire primene novih tehnologija u automatizaciji proizvodnih procesa i u tom kontekstu revitalizuje se sektor robotike, ali sada sa novim učesnicima i u novom ambijentu. U okviru sprovedenih istraživanja, tokom 2008. godine sistematski su analizirane aktivnosti domaće industrije u oblasti automatizacije proizvodnih procesa i identifikovane su 3 privatne kompanije iz domena srednjih i malih preduzeća koje deluju u oblasti robotike, pre svega kao sistem integratori. Značajno veći broj kompanija, koje su sve bez izuzetka iz domena malih i srednjih preduzeća, deluje u oblasti industrijske automatizacije ali van oblasti robotike. Najmanje 10 kompanija u svojim poslovnim aktivnostima intenzivno primenjuje optičke senzorske

sisteme za domen dimenzione metrologije. Centralni problem u primeni optičkih senzora u segmentu dimenzione metrologije ili veštačkog gledanja su obrada i interpretacija signala koje generiše senzor, odnosno optičko električni pretvarač.

U okviru drugog zadatka koji se odnosi na sistematizaciju hardverskih aspekata senzorskih sistema baziranih na digitalnim optičkim tehnologijama razmatrani su isključivo u kontekstu analize specifični aspekti primene ove tehnologije u industrijskim uslovima i sagledavanja trenutnog stanja tehnologije u delu osvetljenja scene, refleksija i kontaminacije optičkog puta, u zavisnosti od vrste optičkog senzora i karakterističnih klasa zadataka njihove primene. Aspekti koji se odnose na projektovanje hardvera optičkih senzora nije bila predmet istraživačkog interesovanja ovog projekta.

3.2 Faza realizacije 1 / aktivnost 2: Nove procedure primarne obrade senzorskih signala

Ovo je jedna od ključnih istraživačkih celina koje su obrađivane u okviru projekta MA14035 INTOSA. Centralni problem u primeni optičkih senzora u segmentu dimenzione metrologije ili veštačkog gledanja su obrada i interpretacija signala koje generiše senzor, odnosno optičko električni pretvarač.

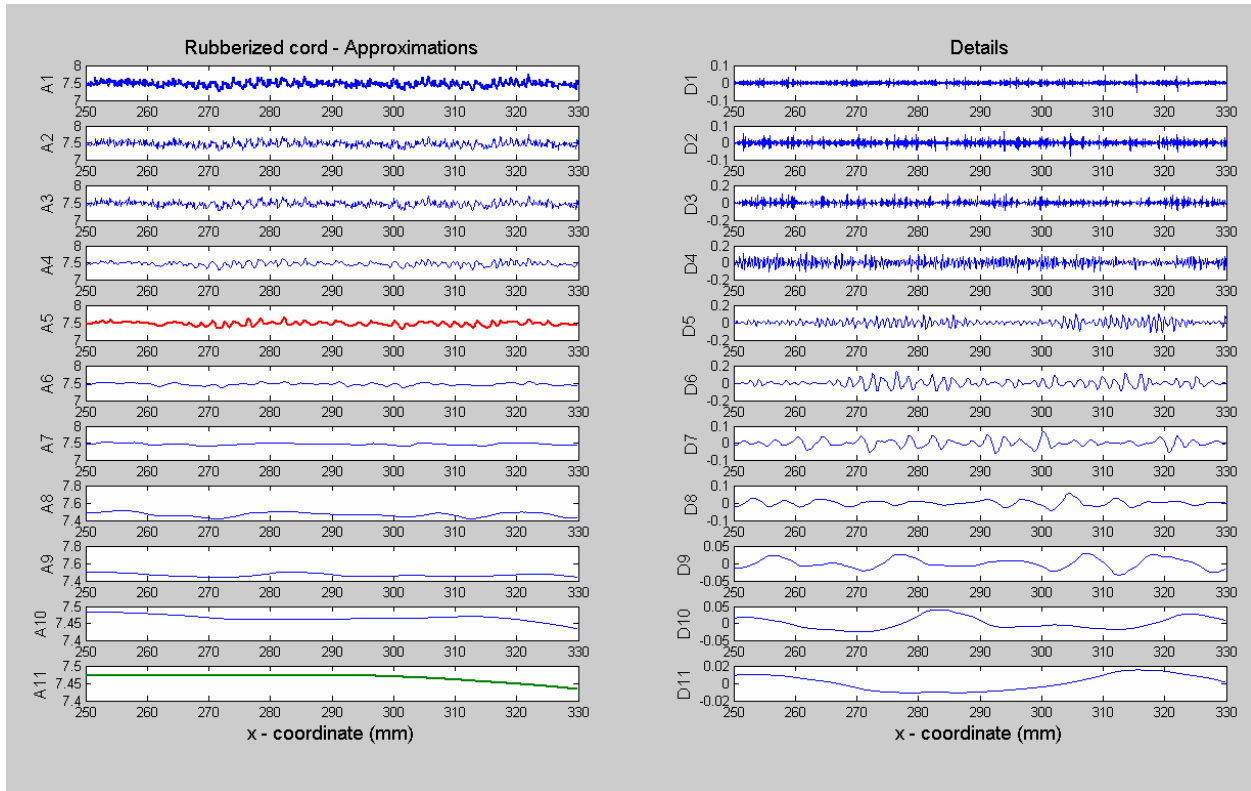
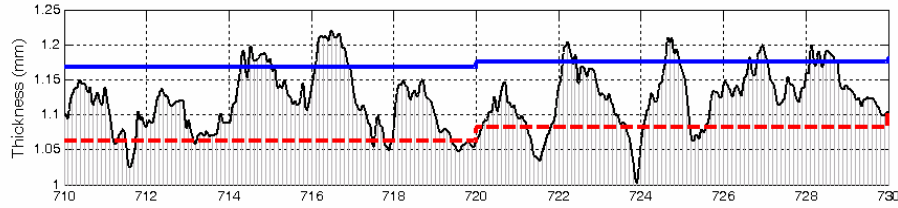
U okviru ovog projekta istraživački naponi su bili fokusirani u pravcu primene jedne nove tehnike obrade signala koja je bazirana na vejevlet transformaciji (WT). Naime, FT kao klasična metoda digitalne obrade signala, ima samo frekventnu, ali ne i vremensku rezoluciju. Međutim, u realnosti signali su najčešće nestacionarni – njihove spektralne komponente se menjaju u vremenu ili prostoru. Za analizu ovakvih signala pogodna je vejevlet transformacija koja signal opisuje superpozicijom elementarnih gradivnih blokova – vejevleta. Ono što ih čini posebnim jeste da mogu biti definisani na konačnom vremenskom intervalu što omogućuje dobru vremensku lokalizaciju signala. Pored toga, mogu imati izuzetno nesimetrične oblike, pa su pogodni za analizu signala sa oštrim promenama u vremenu ili prostoru (kao što su npr. ivice na slici). Postoje dve vrste WT kontinualna CWT i diskretna DWT. CWT ima bolju rezoluciju u vreme frekvencija prostoru, ali njeno izvođenje zahteva obimna izračunavanja koja nisu pogodna za primenu u realnom vremenu. DWT je koncipirana tako da istovremeno ima veliku vremensku rezoluciju na visokim frekvencijskim sadržajima i veliku frekvencijsku rezoluciju na niskim frekvencijskim sadržajima, što je izuzetno značajno u većini slučajeva potreba primarne obrade senzorskih signala. Multirezolucijska analiza (MRA) daje brz hijerarhijski algoritam za izvođenje DWT i čini je izrazito pogodnom za rad u realnom vremenu. Za potrebe analize slike (dvodimenzionog signala) razvijena je dvodimenziona DWT koja se zasniva na sukcesivnoj jednodimenzionoj DWT vrsta i kolona matrica slike. DWT je izuzetno pogodna za detekciju ivica na slici koje predstavljaju naglu promenu u prostoru. Detektovane ivice dalje omogućuju formiranje kontura i segmentiranje slike na konačan broj objekata, što je polazna osnova za prepoznavanje oblika.

Druga grupa istraživačkih napora bila je fokusirana na slučaj rekonstrukcije nekompletnih vremenskih serija. Laserski senzori imaju prirodnu tendenciju generisanja nevalidnih rezultata merenja u slučajevima neadekvatnih optičkih svojstava površine objekta koji se skenira, ukoliko postoje geometrijske prepreke koji formiraju senku, ili ukoliko orijentacija površine koja se skenira značajno odstupa od ortogonalnosti u odnosu na emitovani laserski snop svetlosti. Nekompletnost vektora generisanih senzorskih signala onemogućava primenu gotovo svih tradicionalnih tehnika obrade signala, uključujući DFT, STFT, DWT, ... kao i sve tehnike digitalnog filtriranja. Prethodna istraživanja koja su realizovana u teoretskom domenu i praktično implementirana na projektima laserskih mernih sistema za potrebe industrije prerade elastomera, [3] i [4], rezultovala su postavku jedne sasvim nove i originalne metode bazirane na statističkoj karakterizaciji površi skeniranog objekta. Ova metoda je finalizirana u okviru ovog projekta u teorijskom smislu i detaljno eksperimentalno verifikovana (slika 3).

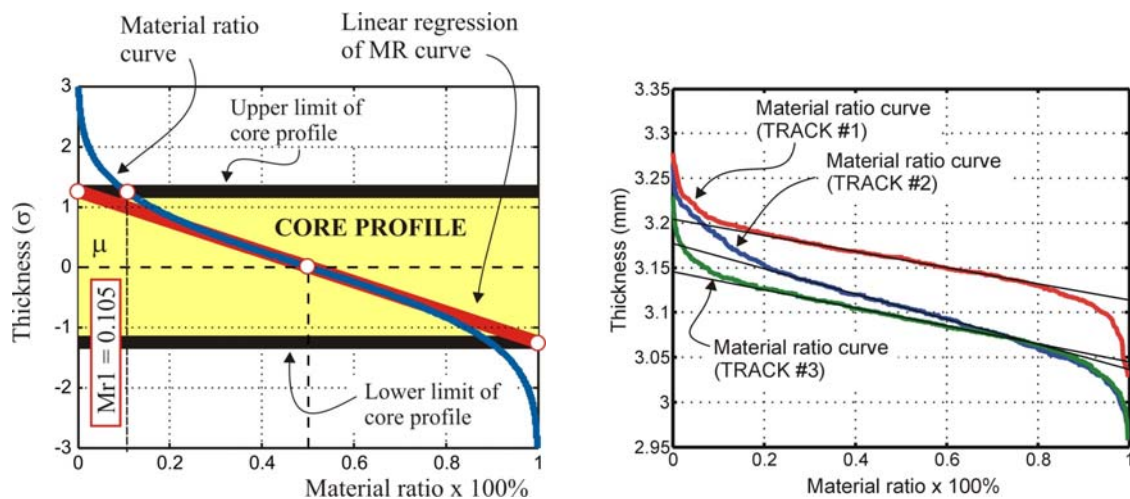
U delu interpretacije primarno obrađenih senzorskih signala započeta su i delimično realizovana istraživanja koja su usmerena u dva osnovna pravca. Prvi se odnosi na razvoj odgovarajućih tehnika aproksimacije prostornog ili linijskog oblaka tačaka nekim ravanskim ili prostornim geometrijskim primitivom i sintezu ukupnog geometrijskog modela skeniranog objekta u nekom od standardnih grafičkih editora (SOLIDWORKS, CATIA, PROENGINEER, ...). Ova istraživanja imaju direktnu primenljivost na demonstracionoj instalaciji za robotsko lasersko skeniranje kompleksnih geometrijskih prostornih formi. Drugi istraživački pravac se odnosi na istraživanja u domenu sistema veštačkog gledanja, gde je posebna pažnja usmerena na problem prepoznavanja oblika, odnosno razvoj inteligentnih algoritama za analizu slike, kao digitalizovane ravanske ili prostorne scene registrovane optičkim senzorom.

U delu istraživanja koja se odnose na razvoj inteligentnih algoritama za analizu slike, istraživački naponi bili su fokusirani na razradi neiterativnih metoda za klasterovanje vektora oblika. Istraživanja koja su sprovedena u više navrata kroz magistarske i doktorske disertacije koje su realizovane na Mašinskom

fakultetu, rezultovala su razvojem jedne nove neiterativne metode bazirane na primeni fazi logike i aproksimativnog zaključivanja. Ova metoda je tako koncipirana da se broj fazi klastera ne definiše kao



Slika 2: Primer skenirane površine gumiranog tekstilnog korda i dekompozicije senzorskog signala u vremenskom domenu na 11 fazno korektnih nivoa primenom DWT transformacije.



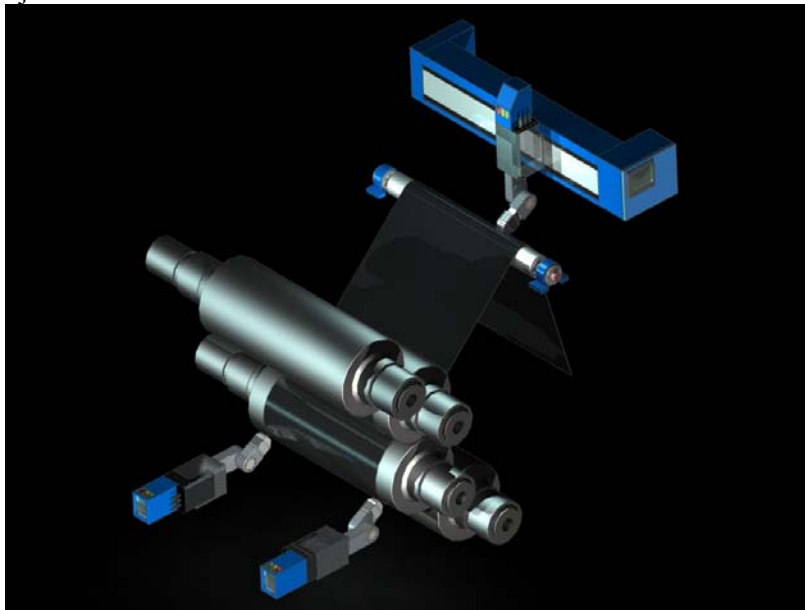
Slika 3: Statistička karakterizacija laserski skenirane teksture površi primenom razvijene metode za izvođenje informacije o ekvivalentnoj debljini gumiranog korda za proizvodnju visokoperformansnih pneumatika (levo: teoretski model, desno: realna merenja).

apriorna veličina, već su umesto toga uspostavljeni opšti parametri kompaktnosti klastera i parametri separacije klastera. Ovakvim pristupom se omogućava drastično ubrzanje procesa klasifikacije, što je od izuzetnog značaja za praktičnu upotrebljivost u sistemima veštačkog gledanja koji se koriste u okviru robotskih sistema. Proces interakcije robota sa okolinom u lokalnoj povratnoj sprezi po senzoru veštačkog

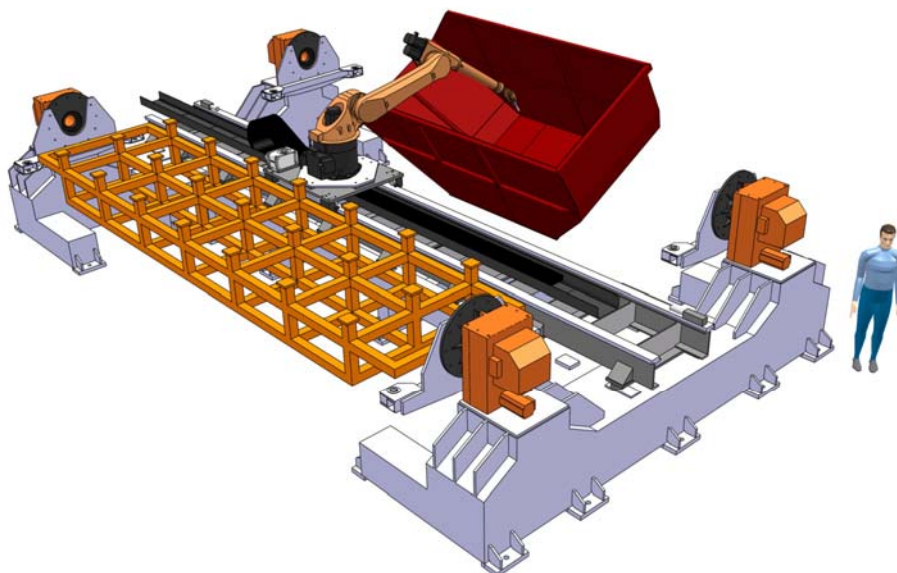
gledanja se tako deli na dva podprocesa, jedan koji je relativno spor i odnosi se na identifikaciju prototipova klastera i jedan koji je vrlo brz, čija je vremenska baza reda veličine vremenske baze regulacionih petlji regulatora servo aktuatora ili manja, koji se koristi za apriornu klasifikaciju kontinualno generisanih vektora oblika u odnosu na poznati skup prototipova klastera. U okviru ovog projekta razmatrana je primene ove metode u okviru sistema za robotizovano zavarivanje i to u delu interakcije robota sa njegovim okruženjem sa ciljem eliminacije širokog spektra grešaka geometrije sklopa koji se zavaruje i njegove pozicije u prostoru, koje su invarijantna svakog tehnološkog sistema za zavarivanje u većoj ili manjoj meri.

3.3 Faza realizacije 1 / aktivnost 3: Optički metrološki sistemi

Istraživanja su grupisana u dve osnovne celine: 1) metrološki aspekti primene optičkih senzorskih sistema i 2) virtuelna proizvodnja i virtuelni metrološki sistemi.



Slika 4: Opšti virtuelni model laserskog mernog sistema za skeniranje geometrije gumiranog korda na liniji za kalandriranje (proizvodnja automobilskih pneumatika). Metrološki sistem je modeliran kao aktivni prostorni sistem sa animacijom kretanja i simulacijom osnovnih funkcionalnih svojstava.



Slika 5: Virtuelni model sistema za robotsko zavarivanje velikogabaritnih sklopova kompleksne geometrije. Pored geometrijskog modela objekta koji se zavaruje, kinematskog modela manipulacionog robota, izgrađen je i virtuelni modul za zavarivanje u okviru CATIA CAD paketa. Navedeni primer odnosi se na sistem za zavarivanje koji je koncipiran u okviru Studije izvodljivosti radene za kompaniju VELPAN, Kikinda (četvrti kvartal 2008. godine).

Metrološki aspekti primene optičkih senzorskih sistema: Prateći potrebe članica konzorcijuma i tekućih projekata sa industrijom istraživanja po ovoj temi bila su usmerena na aplikativne aspekte pretvaranja generisanih senzorskih signala u metrološki validne informacije na osnovu kojih će biti omogućeno donošenje odluka o toku procesa unutar jednog proizvodnog sistema. Konkretno, razmatrane su procedure primene laserskih triangulacionih senzora sa jednostrukom triangulacijom u okviru sistema za robotizovano zavarivanje.

Virtuelna proizvodnja i virtuelni metrološki sistemi: Virtuelna proizvodnja, koncept primene kompjuterskih tehnologija u projektovanju i proizvodnji je prihvaćen od niza industrija u toku 1990.-ih godina i posebno razvijan za automobilsku industriju. U prethodnim istraživanjima u okviru Centra za nove tehnologije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu definisan je model virtuelne proizvodnje sa nizom podsistema razvijanih za potrebe domaće industrije. U okviru ovog projekta, sprovedena istraživanja su fokusirana na dalji razvoj koncepta virtuelne proizvodnje sa integracijom novog podsistema – virtuelnim metrološkim sistemom. Izgrađeni su virtuelni metrološki modeli za dva konkretna slučaja primene laserskih triangulacionih senzora: 1)skeniranje poprečnog preseka gumiranog korda na linijama za kalandriranje u industriji proizvodnje automobilskih pneumatika i 2)skeniranje geometrije šava i izgradnja veirtuelnog modela elektrolučnog zavarivanja u okviru robotizovane tehnološke ćelije za automatsko zavarivanje kompleksnih velikogabaritnih zavarenih sklopova.

3.4 Faza realizacije 2 / aktivnost 1: Projekat i realizacija demonstracione instalacije

Jedan od ključnih istraživačkih aspekata projekta MA14035 INTOSA odnosi se na izradu odgovarajućih test stolova i demonstracionih instalacija. Njihov cilj je da se izvrše praktične provere kritičnih teorijski razvijenih procedura (deo sistema menadžmenta rizika projekta koji treba da na vreme prepozna potencijalne probleme i obezbedi mehanizam njihovog korigovanja u hodu) i da se dokaže praktična upotrebljivost razvijenih rešenja u laboratorijskim i/ili industrijskim uslovima. Razvijene su i realizovane tri laboratorijske eksperimentalne instalacije: Eksperimentalna instalacija 1- Laboratorijska instalacija za robotizovano lasersko skeniranje velikogabaritnih delova kompleksne geometrije, Eksperimentalna instalacija 2- Laboratorijska instalacija za lasersko skeniranje malih delova kompleksne geometrije i Eksperimentalna instalacija 3- Laboratorijska instalacija za ultrabrze sisteme kontrole geometrijskih karakteristika proizvoda primenom visokorezolutnih industrijskih sistema veštačkog gledanja.

Navedene laboratorijske instalacije realizovane su: 1)rekonfiguracijom postojeće opreme, 2)nabavkom nove opreme, 3)participacijom u opremi, radu i materijalu članica konzorcijuma i 4)pozajmicama od kompanija iz industrije. Dalje se navodi opis ovih instalacija.

EKSPERIMENTALNA INSTALACIJA 1: Laboratorijska instalacija za robotizovano lasersko skeniranje delova kompleksne geometrije (slika 6).

U cilju verifikacije razvijenog koncepta beskontaktnog visokopreciznog skeniranja srednjegabaritnih i velikogabaritnih delova kompleksne geometrije primenom laserskih triangulacionih senzora i manipulacionih robota na industrijskim proizvodnim linijama, razvijena je eksperimentalna instalacija u okviru Centra za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu. Sistem se sastoji iz: 1)manipulacionog robota antropomorfne konfiguracije sa 6 stepeni slobode nosivosti 10 kg i dohvata 1600 mm, 2)laserskog triangulacionog senzora mernog opsega od 70 do 170 mm, brzine uzorkovanja 2500 Hz i rezolucije 0.001 mm, 3) granitnog stola visoke preciznosti sa odgovarajućim postoljem za potiskivanje visokofrekventnih i seizmičkih vibracija, 4)prateći pribor za integraciju mehaničkog sistema, 5)akvizicioni sistem za prikupljanje podataka sa laserskog senzora i manipulacionog robota + primarna obrada i vizuelizacija i 6)interaktivni terminal za komunikaciju čovek-mašina. Tehničke mogućnosti: Razvijena i realizovana instalacija omogućava sprovođenje ekstenzivnih eksperimentalnih istraživanja i evaluacije koncepta robotizovanog laserskog skeniranja za industrijske aplikacije u delu dimenzione metrologije na proizvodnim linijama u automobilskoj industriji, reverznom inženjerstvu i kompenzacije geometrijske nesavršenosti priprema u okviru robotizovanih sistema za elektrolučno zavarivanje. Realizatori: Centar za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu. Korisnici: članice konzorcijuma projekta, Kolubara-Metal Vreoci, Velpan Kikinda, Zastava kovačnica, Robotakt Valjevo.

EKSPERIMENTALNA INSTALACIJA 2: Laboratorijska instalacija za lasersko skeniranje malih delova kompleksne geometrije (slika 7).

U cilju verifikacije razvijenog koncepta beskontaktnog visokopreciznog skeniranja malih delova kompleksne geometrije primenom laserskih triangulacionih senzora, realizovana je u okviru Centra za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu eksperimentalna instalacija bazirana na 3-d manipulacionom

Dekartovom servo-sistemu. Sistem se sastoji iz: 1)3-d platforme sa Dekartovom konfiguracijom, sa dve servopogonjene ose i jednom pneumatski pogonjenom diskretnom osom; veličina radnog prostora 300x420x150 mm, 2)laserskog triangulacionog senzora mernog opsega od 70 do 170 mm, brzine uzorkovanja 2500 Hz i rezolucije 0.001 mm i opcionog laserskog triangulacionog senzora mernog opsega od 30 do 50 mm, sa brzinom uzorkovanja od 1000 Hz i rezolucijom od 0.001 mm, 4)prateći pribor za integraciju mehaničkog sistema, 5)akvizicioni sistem za prikupljanje podatka sa laserskih senzora + primarna obrada i vizuelizacija i 6)interaktivni terminal za komunikaciju čovek-mašina.

Tehničke mogućnosti: Razvijena i realizovana instalacija omogućava sprovođenje ekstenzivnih eksperimentalnih istraživanja i evaluacije koncepta visokorezolutnog laserskog skeniranja prvenstveno za domen aplikacija u reverznom inženjerstvu. Realizatori: Centar za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu i kompanija Mikrokontrol. Korisnici: Članice konzorcijuma projekta.



Slika 6: Fotografije Laboratorijske instalacije 1 u fazi probnog rada, podešavanja i provere funkcionalnosti instaliranih modula.

EKSPERIMENTALNA INSTALACIJA 3: Laboratorijska instalacija za sisteme kontrole geometrijskih karakteristika proizvoda primenom ultrabrzih visokorezolutnih sistema veštačkog gledanja (slika 8).

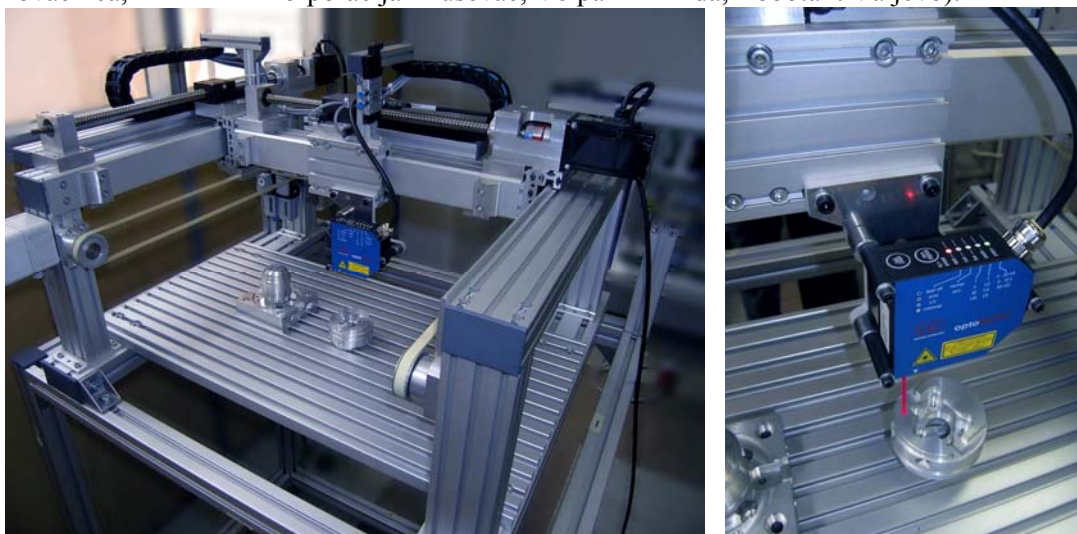
Opis: U cilju verifikacije koncepta ultrabrzog sistema za analizu slike i prepoznavanje oblika u realnom vremenu na proizvodnim linijama u industrijskim uslovima, realizovana je odgovarajuća eksperimentalna instalacija u okviru Centra za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu. Sistem se sastoji iz: 1)Specijalnog akvizicionog računara za četiri kanala za prihvatanje senzorskih signala koje generišu CCD kamere, 2)Dve CCD kamere sa ekspozicijom od 1/20000 sec, odgovarajućim optičkim sistemima i inteligentnim modulima za osvetljavanje scene, 3)Obrtnog stola sa kontrolisanim brojem obrtaja za fiksiranje delova čija se geometrija kontroliše, 5)Mrežni interfejs za povezivanje akvizicionog signala za razvojnim PC sistemom i 6)Interaktivni terminal za komunikaciju čovek-mašina. Tehničke mogućnosti: Razvijena i realizovana instalacija omogućava sprovođenje ekstenzivnih eksperimentalnih provera algoritma prepoznavanja geometrijskih ili vizuelnih detalja na delu koji se ispituje i optimizaciju uslova osvetljenja

scene kao kritičnog elementa za primenu senzora veštačkog gledanja, posebno u uslovima ekstremno kratkih ciklusnih vremena i rada sa objektima koji poseduju delikatna svojstva površina od interesa.

Ovaj sistem je praktično primenjen za sprovođenje preliminarnih istraživačkih aktivnosti na izvođenju studije izvodljivosti automatske kontrole kvaliteta na linijama za proizvodnju municije za potrebe kompanije Prvi Partizan iz Užica. Realizatori: Centar za nove tehnologije Mašinskog fakulteta u Beogradu i kompanija Mikrokontrol iz Beograda, Korisnici: Članice konzorcijuma projekta, Prvi Partizan Užice.

Navedena laboratorijska postrojenja su u osnovi kompleksni metrološki sistemi koji predstavljaju pogodne platforme za eksperimentalnu verifikaciju i razradu postavljenih modela, metoda i tehnika primene digitalnih optičkih senzorskih sistema za gradnju merne opreme prilagođene za primenu na automatskim proizvodnim linijama u domaćoj industriji. U narednoj istraživačkoj godini biće dopunjen nedostajući hardver i implementirana unapređena softverska podrška za akviziciju, obradu i interpretaciju senzorskih signala.

Pored primene u eksperimentalnom delu razvojnih aktivnosti, razvijene laboratorijske instalacije i demonstracioni sistemi su primenjeni u segmentu edukacije inženjera i studenata, kao i diseminacije istraživačko-razvojnih rezultata ovog projekta u drugim industrijama Srbije (namenska industrija PPU, Zastava kovačnica, TRAYAL Korporacija Kruševac, Velpan Kikinda, Robotakt Valjevo).



Slika 7: Fotografije Laboratorijske instalacije 2- dispozicija mernog sistema za lasersko skeniranje složenih geometrijskih formi u okviru koncepta reverznog inženjerstva.

3.5 Faza realizacije 2 / aktivnost 2: Razvoj modela interakcije Univerzitet – Industrija

Ovaj projekat ima ambicije da nađe optimalna rešenja za predstojeću saradnju univerziteta i industrije, uzimajući u obzir integracione procese u Evropi prema dokumentu Bolonjske deklaracije [5], [6] i [7]. Za budući integrirani zajednički prostor za visoko obrazovanje (EHEA – *European Higher Education Area*) i istraživanje (ERA – *European Research Area*), univerziteti treba da pripreme industriju za predloge zajedničkih projekata programa FP7 koje finansira Evropska unija. Bergenski kominike [5], kao izlazni dokument sa Ministarskog sastanka Evrope ističe značaj visokog obrazovanja u daljem unapređenju istraživanja, kao i značaj istraživanja u podržavanju visokog obrazovanja za ekonomski i kulturni razvoj evropskog društva i njegovu socijalnu koheziju.

Razvijeni model interakcije Univerzitet-Industrija, baziran na prethodnim istraživanjima i razvoju metodologija interakcije ova dva ključna nosioca razvoja društva, [8], [9] i [10], obuhvatio je sledeće sadržaje:

- Razvoj metodologije za sistematsku identifikaciju raspoloživih znanja proizvodnih i rukovodnih struktura.
- Koncipiranje mehanizama za kontinualno osavremenjavanje znanja, posebno u kontekstu znanja za stvaranje novih proizvoda i inovativnih sadržaja.
- Koncipiranje integrisanog sistema za obezbeđivanje kvaliteta u proizvodnji i obrazovanju.
- Mehanizam diseminacije rezultata porjekta.
- Interakcija sa Bolonjskom deklaracijom, TEMPUS i FP7 programom EU.

Razvijeni model je baziran na primeni Internet i multimedijjskih tehnologija kao fizičkog medijuma za praktičnu implementaciju koja se planira u narednoj istraživačkoj godini.



Slika 8: Fotografije Laboratorijske instalacije 3 – podešavanje i probni rad sistema industrijskih kamera i akvizicionog sistema za visokorezolutnu ultrabrznu obradu slike.

Organizovanjem stručnih ekskurzija studenti smera za Porizodnog mašinstvo Mašinskog fakulteta u Beogradu su boravili u kompaniji IKARBUS i kompaniji FAP Priboj sa ciljem praktičnog upoznavanja sa zadacima inženjera u proizvodnim kompanijama.

3.6 Faza realizacije 2 / aktivnost 3: Izgradnja WEB portala projekta

U okviru prve istraživačke godini izgrađen je WEB portal projekta za funkciju komunikacije istraživačkih timova, diseminacije rezultata i edukacije. Adresa WEB portala projekta: <http://master.mas.bg.ac.rs/ma14035>.

4. PROGRAM DALJIH ISTRAŽIVANJA

U narednoj istraživačkoj godini istraživačko-razvojni naponi biće fokusirani na sledeće grupe aktivnosti, odnosno istraživačke pakete (IP):

- IP 1:** Dogradnja i finalizacija koncipiranih procedura primarne obrade senzorskih signala.
- IP 2:** Formalizacija koncepta optičkih metroloških sistema u metodološkom smislu.
- IP 3:** Finalizacija laboratorijskih demonstracionih instalacija i njihova integracija kroz uspostavljanje međusobne sprege na fizičkom nivou u realnom vremenu.
- IP 4:** Implementacija razvijenog koncepta robotizovanog laserskog skeniranja delova kompleksne geometrije na nekoj od proizvodnih linija korisnika istraživanja, IKARBUS i/ili FAP ili u nekoj od kompanija iz poslovno interesne grupe projekat INTOSA.
- IP 5:** Implementacija modela interakcije Univerzitet – Industrija
- IP 6:** Održavanje WEB portala projekta

Kao ukupni okvir navedenih istraživačko-razvojni aktivnosti stoji zadatak uspostavljanja specijalizovane istraživačko-razvojne jedinice u okviru Centra za nove tehnologije, Mašinskog fakulteta

Univerziteta u Beogradu, koja u svom programskom određenju ima sprovođenje sistematskih istraživačkih aktivnosti, izgradnju laboratorijskih demonstracionih instalacija, i ovladavanje generičkim znanjima iz domena digitalne optičke tehnologije, sa ciljem uspostavljanja kvalitetne baze za transfer ovih specifičnih znanja i veština u domaću industriju, posebno za domen automatizacije proizvodnih procesa.

5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada izloženi su sadržaj istraživanja, ciljevi i pregled ostvarenih rezultata na projektu MA14035 INTOSA koji zajednički realizuju Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, kompanija Mikrokontrol iz Beograda, IKARBUS iz Beograda i FAP iz Priboja. Ostvareni rezultati pokazuju zainteresovanost i spremnost domaće industrije za implementaciju savremene digitalne optičke tehnologije u svojim proizvodnim procesima i ostalim oblicima poslovnih aktivnosti. U tom kontekstu postavljen je ambiciozan plan za narednu istraživačku godinu, sa konačnim ciljem uspostavljanja specijalizovane istraživačko-razvojne jedinice u okviru Centra za nove tehnologije, Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i implementacijom nekih od ljučnih istraživačkih rezultata nekoj od proizvodnih linija kompanija korisnika istraživanja.

Reference:

- [1] Godišnji izveštaj projekta MA14035, Interni materijal u formi elaborata i tehničke dokumentacije za 2009. godinu.
- [2] Schwenke, H., et al., 2002, Optical Methods for Dimensional Metrology in Production Engineering, Annals of the CIRP, 51/2:685-699.
- [3] Petrović, P., Rubberized Cord Thickness Measurement Based on Laser Triangulation – Part I: Technology, FME Transaction, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Vol 35, November 2007, pp: 77-84.
- [4] Petrović, P., Rubberized Cord Thickness Measurement Based on Laser Triangulation – Part II: Validation, FME Transaction, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Vol 35, November 2007, pp: 85-93.
- [5] Bergen Communiqué 2005: The European Higher Education Area – Achieving the Goals, Bergen, 2005.
- [6] EUA: Glasgow Declaration 2005: Strong Universities for a Strong Europe, Brussels, 050415, 2005
- [7] EUA: Trends IV: European Universities Implementing Bologna, Bergen, 050425, 2005.
- [8] Spasić, Ž., *Integrirani sistem kvaliteta digitalnog univerziteta*, Monografija, Mašinski fakultet, Beograd, 2007.
- [9] Spasić, Ž., Stefanović, V., Quarrie, S., *Implementing Quality Assurance at Universities and their Faculties, Departments and Schools - Background and description of the Project*, TEMPUS JEP-17040 - 1/03, ISBN 86-7083-476-6, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2003, Pp 56.
- [10] *Alumni Fond Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu aMEβ*, Saopštenja II Kongresa "Integracija generacija mašinskig inženjera", Urednici: Spasić, Ž., Nedeljković, M., Rosić, B., Mitrović, Č., ISBN 86-7083-542-8, Mašinski fakultet, Beograd, 2007. Str. 172.

APPLICATION OF INTELLIGENT SENSORY SYSTEMS IN DEVELOPMENT OF INTEGRATED AUTOMATION OF REAL AND VIRTUAL PROCESSES IN MANUFACTURING ENTERPRISES – RECAPITULATION OF THE RESULTS OF PROJECT MA14035

Abstract

This paper gives the results of research carried out during the first research year within project MA14035 carried out jointly by Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade and companies Mikrokontrol, Belgrade, IKARBUS Belgrade and FAP, Priboj. Besides an overview of theoretical and methodological issues, special attention is given to practical results realized within this project in the form of laboratory installations which are used for practical verification of key innovative contents of conducted research. At the end we present the plan for further research and the perspective of application of obtained results in industrial conditions on production lines of participating companies or in the context of projects with companies which are not the members of project consortium.



Dr Zoran Radojević, Dr Rade Stanković, Dragana Stojanović

CIM SISTEM – NEOPHODNOST DANAŠNJE PROIZVODNJE¹

Sadržaj: *Današnju proizvodnju odlikuje fleksibilnost i visoka produktivnost, a asortiman proizvoda je raznovrstan, što omogućuje stabilnost na tržištu. Sve veći značaj marketinga omogućava da se različitim postupcima i metodama zadovolji probirljivo tržište. Da bi se zadovoljili svi traženi uslovi, neophodno je osavremeniti informacioni sistem proizvodnje. Sigurno informisanje se ostvaruje kroz kvalitetnu organizaciju kompletne proizvodnje uz pomoć računara.*

Bez obzira na veličinu preduzeća (proizvodni ili uslužni sistem), transformacioni proces se odvija uz pomoć određene tehnologije, pri čemu se vodi računa o kvalitetu izrade i ekonomičnosti rada, da bi se zadovoljili zahtevi kupca. Veoma različite tehnologije definišu određene tehnološke operacije.

Ovakvom proizvodnom ili uslužnom sistemu, radi pouzdanog funkcionisanja, neophodnost je kvalitetan CIM.sistem.

Ključne reči: *CIM sistem, proizvodni sistem, unapređenje, integracija*

1. UVOD

Početak ovog veka dolazi do prestukturiranja privrede, pre svega u tehnološkom i ekonomskom delu, koji se odnosi na proizvodnju malih serija, velikog asortimana proizvoda, kao i dupliranjem kapaciteta, jer proizvođači prave samo određenu manju količinu proizvoda. Znači da nedostaje novih proizvoda i zato se ulažu velika sredstva u svetu za povećanje asortimana postojećih proizvoda.

Tehnološki proces, kao deo proizvodnog procesa, odnosi se na oblikovanje radnog predmeta, koji se ostvaruje kroz niz međusobno povezanih aktivnosti, čiji je zadatak transformacija ulaznih veličina u definisani radni predmet. To se ostvaruje zahvaljujući zahtevima definisane tehničke dokumentacije, koja definiše izgled radnog predmeta. Radni predmeti čine proizvod, a po svom sastavu i obliku mogu biti: prosti, srednje složeni, složeni.

Prost proizvod je onaj koji se sastoji od samo jednog elementa (viljuška, kašika, tanjir, igla itd) što znači da isti proizvod ne može da se demontira, a kao takav se koristi dok se ne pohaba, a onda se odlaže kao otpadni materijal. Srednje složen proizvod se sastoji od 30 elemenata (nož, hemijska olovka, naočare, itd). Složen proizvod se sastoji od elemenata čiji je broj veći od 30 (traktor, lift, auto, kamion, itd).

Karakteristično za srednje složene i složene proizvode je zajedničko posmatranje tehnološkog toka proizvodnje, gde je postignuta uniformisanost toka montaže. Tehnološki tok za srednje složene i složene proizvode ima sličnu liniju montaže koja se može uporediti sa rečnim slivom. Ako sredstva za proizvodnju sa ljudima koji upravljaju sa njima (bilo ručno ili uz pomoć računara) smatramo izvorom i tokom potoka u prirodi, dok je montaža sklopova veća rečica, linija montaže proizvoda je onda slična reci.

Tehnološka operacija je skup dejstava određenih aktivnosti na radni predmet u jednom obradnom sistemu (čovjek-mašina, ili samo čovek) koji omogućuje oblikovanje definisanog radnog predmeta. Skupom oblikovanja svakog elementa formira se podsklop, sklop, proizvod i kompletan upotrebnii proizvod.

Da bi se realizovala projektovana tehnologija neophodno je posedovati kvalitetan informacioni sistem.

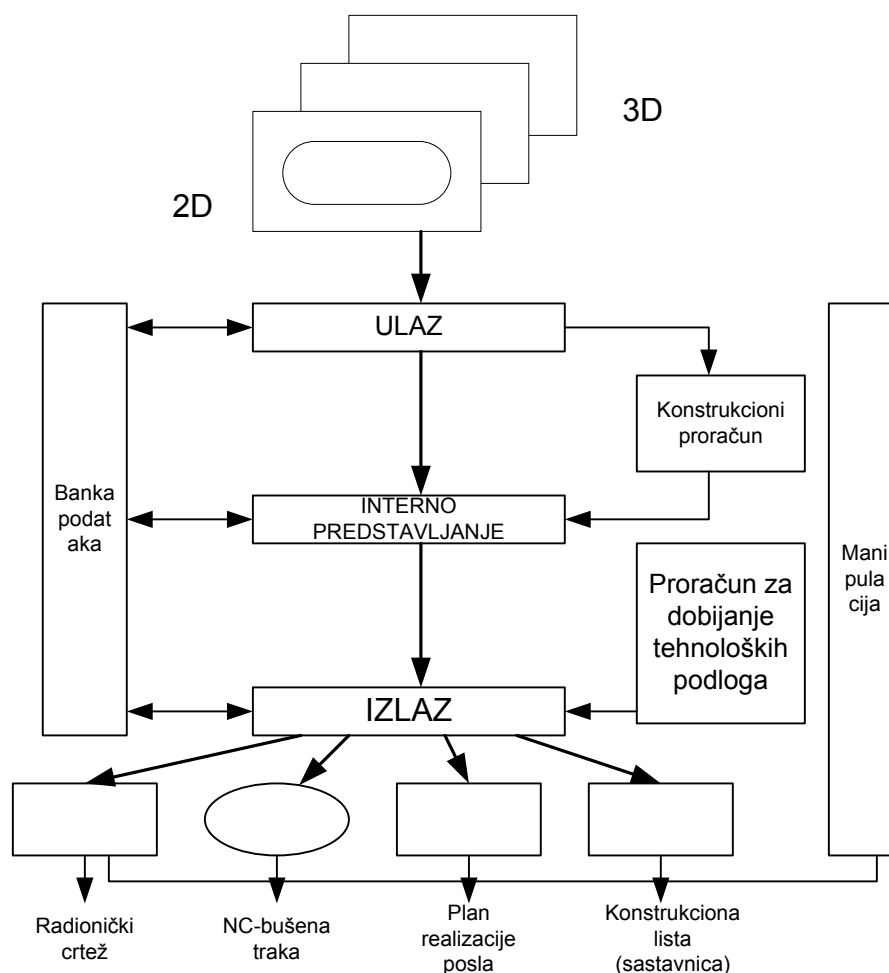
¹ Dr Zoran Radojević, Fakultet organizacionih nauka, 011-3950-889, stojanovicd@fon.bg.ac.yu
Dr Rade Stanković, Visoka škola za ekonomiju i preduzetništvo Čačak, Beograd stojanovicd@fon.bg.ac.yu
Dragana Stojanović, Fakultet organizacionih nauka, 011-3950-879, stojanovicd@fon.bg.ac.yu

Informacioni sistem upravljanja proizvodnjom se ostvaruje uz pomoć operativne pripreme, a sastoji se od lansiranja, praćenja i korektivnih mera. Ciljevi upravljanja proizvodnjom proizilaze iz ciljeva planiranja, a ogledaju se kroz dokument – radni nalog.

Najčešće korišćeni ciljevi su:

- ostvarenje zadatih termina isporuke;
- povećanje iskorišćenja kapaciteta;
- smanjenje međufaznih zaliha;
- skraćanje vremena trajanja ciklusa proizvodnje.

Programiranje pomoću CAD/CAM sistema je danas najrasprostranjeniji model koji se primenjuje u proizvodnji. U toku projektovanja proizvoda uz pomoć računara u banci podataka se sukcesivno formira interni model radnog predmeta na kome se vrši obrada, kojim se opisuje raspored geometrijskih elemenata u ravni (2D model) ili u prostoru (3D model). Na slici 2. je prikazana strukturna šema dobijanja tehnološke dokumentacije pomoću CAD/CAM sistema.



Slika 2. Strukturna šema dobijanja tehnološke dokumentacije pomoću CAD-CAM sistema

Današnji tehnički progres stvorio je mogućnosti za računarsku integraciju planiranja, pripremanja i realizacije proizvodnje u proizvodni inženjering. U tom kontekstu dolazi do boljeg iskorišćenja mašina, alata i vremena izrade, do tesnog povezivanja razvoja i konstrukcije, a sve do poboljšanja kvaliteta proizvoda. Danas postoje sredstva i metode kojima se utiče na povećanje automatizacije, a time i na ostvarenje postavljenih ciljeva. Integrisanost i fleksibilnost raspoloživih sistema automatizacije još uvek nisu postignuti u zadovoljavajućim razmerama. Tok integracije podataka u CAE sistem (Computer Aided Engineering)

koji se sastoji od podsistema CAP (Computer Aided Planning), CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) i CAQ (Computer Aided Quality).

Na napred prikazan način možemo zaključiti da je kompletan informacijski sistem sastavljen od brojnih umreženih računara, koji se nalaze u svim odeljenjima i sektorima proizvodnog sistema. Znači, računari su umreženi sa finansijskim sektorom, marketingom, kadrovskim i drugim. Njihovo umrežavanje omogućava da se upravlja kompletnim poslovno-proizvodnim sistemom.

3. ORGANIZACIONI SISTEM

Organizacioni sistem podrazumeva kvalitetno praćenje informacionog sistema. To praćenje se ostvaruje kroz edukaciju i znanje svih zaposlenih, da bi poslovno-proizvodni sistem efikasno funkcionisao i zadovoljio sve zahteve kupca.

Današnje poslovno-proizvodne sisteme po broju zaposlenih možemo podeliti u tri grupe: mali (do 10 radnika), srednji (do 100 radnika) i veliki (preko 100 radnika). Da bi predloženi model funkcionisao neophodno je sve dobro organizovati, da bi svi zaposleni ostvarivali zajednički cilj – zadovoljenje zahteva kupca. Mali proizvodni sistemi neophodno je da imaju, prema srodnosti proizvoda CAD-CAM podsistem. Zajednički razvoj, projektovanje, konstrukcija, tehnološka priprema, operativna priprema, upravljanje proizvodnjom i kontrola bi činili deo CIM sistema. Ostali sektori bi se nadovezali i tako činili kompletan CIM sistem. Na ovaj način bi se smanjili troškovi pripreme proizvodnje, upravljanje proizvodnjom i kontrola, što bi znatno smanjilo cenu koštanja proizvoda, kao i cenu prodaje. Na taj način bi se postiglo zadovoljenje zahteva kupaca. Zajednički softver bi u početku zahtevao velika sredstva, ali bi se kasnije kroz eksploataciju isplatilo zbog dugoročne upotrebe. Sem eksploatacionog korišćenja, omogućio bi zapošljavanje manjeg broja radnika na zajedničkoj pripremi proizvodnje.

Pod pojmom srodnih proizvoda podrazumeva se da isti imaju sličnu tehnologiju izrade, a to podrazumeva iste ili slične tehnološke operacije obrade rezanjem, obrade deformacijom, obrade zavarivanjem, termičke obrade i slično. Na primer, poslovno-proizvodni sistem koji ima zajednički tehnološki proces koji obuhvata zajedničke radne operacije, kao što je proizvodnja sudova (bez i sa pritiskom), zatim proizvodnja građevinskih čeličnih konstrukcija, proizvodnja različitih mašina i dr.

To što je predloženo za male proizvodne sisteme, odnosi se i na srednje složene sisteme. Sigurno je teže pronaći veći broj srodnih proizvodnih sistema, ali integracija je neophodna da bi smanjili cenu koštanja proizvoda.

Da bi se predloženo sprovelo, neophodna je međusobna saradnja koja će unaprediti poslovanje svih zainteresovanih poslovno-proizvodnih sistema, unaprediti "usporeni" razvoj, jer će isti biti brži, jer smo uz pomoć računara uvek prisutni na sopstvenom i svetskom tržištu i uvek smo u trendu svetskog razvoja. Možda bi se predloženo rešenje moglo primeniti i na velike proizvodne sisteme čiji bi broj udruživanja bio manji u odnosu na male i srednje sisteme. Ako se ništa zajedničko ne bi ostvarilo, sigurno bi zajednički bio razvoj, ili marketing, a isti bi se iskazao kroz finansijske efekte i unapređenje poslovanja.

Ovako koncipiran CIM sistem bi se brzo unapređivao i razvijao i doneo odgovarajuće ekonomske efekte što bi se odrazilo i na unapređenje proizvodnog procesa.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti da mali i srednji poslovno-proizvodni sistem srodne proizvodnje, koji izvrše integraciju CAD-CAM podsistema, a možda i ukupnog CIM sistema, da bi bolje funkcionisali na sopstvenom, a možda i na svetskom tržištu. Integracija smanjuje troškove tehničke pripreme, čime se smanjuje cena koštanja proizvoda, a time i cena prodaje. Velika preduzeća se takođe mogu informaciono integrisati, ali ako su istog ili sličnog proizvodnog programa.

5. LITERATURA

- [1] Radojević Z., "Planiranje i priprema savremene proizvodnje", Službeni list S.R.J., Beograd, 1997.
- [2] Spasić Ž., Dimitrijević-Marković LJ., Pilipović M., "Informaciona integracija preduzeća – CIM integracija menadžmenta i kvaliteta", Naučna knjiga, Beograd, 1994.
- [3] Schaffer B., Einfurung von CAD/CAM bei einem mittelstandischen unternehmen, CAD-CAM Inovation spotential der 90-er jahre, Car Hauser Verlag, Munchen, 1996.

CIM SYSTEM – NECESSITY OD TODAYS PRODUCTION

Abstract: *Today's production systems are flexible with large productivity, and product variety is large which enable stability on the market. Increasing importance of marketing allows with different procedures and methods to meet the particular market. In order to meet all required conditions, it is necessary to modernize information production system. Sure information is achieved through a complete production-quality organization with the help of computers.*

Regardless of the size of companies (manufacturing or service system), transformation process is carried out with the help of a certain technology, while taking into account the quality of work and economy, in order to meet customer requirements. Very different technologies define certain technological operations. Such production or service system, for reliable functioning, the necessity is the quality CIM system.

Key words: *CIM – system, Production system, Improvement, Integration*



Mr Velimir Komadinić dipl.maš.inž., Dr Dragomir Ilić dipl.inž.¹

OCENA PODOBNOSTI SOFTVERSKOG PROIZVODA ZA PRIMENU U INDUSTRIJSKOM PREDUZEĆU

Rezime - Cilj rada je da se prikaže jedna, relativno prosta, kvantitativna metoda za analizu i ocenu podobnosti primene određenog softverskog proizvoda u industrijskom preduzeću. Rezultat ove metode (QuickFit) je jedan od faktora koji treba da nam pomogne pri opredeljivanju za jedno, od više, na tržištu raspoloživih, aplikativnih rešenja.

1. UVOD

Pošto smo prethodno definisali potrebu primene računara u sistemu upravljanja proizvodnjom i poslovanjem u celini i ustanovili opravdanost investicije, suočavamo se sa novim pitanjem: Koji softverski proizvod će najbolje odgovarati našim zahtevima? Ovo je vrlo važno i komplikovano pitanje. Danas postoji mnogo ovakvih softverskih proizvoda raspoloživih na tržištu.

Mada ovaj članak ne može jasno reći koje je pravo softversko rešenje za podršku poslovanju, on nas može voditi kroz kvantitativan proces nazvan 'QuickFit' analiza i pomoći da ocenimo u kojoj meri odgovarajući softverski proizvod podržava naše zahteve.

'QuickFit' analiza je metoda koja tabelarno poredi zahteve poslovnog sistema, definisane od strane korisnika, sa funkcijama pojedinih aplikativnih programa. Korisnici prvo trebaju da ocene važnost nekih zajedničkih zahteva, a onda da dodaju i ostale koji se odnose na njihove specifične situacije. Aplikacioni program se analizira i ocenjuje na osnovu sposobnosti da zadovolji pojedine korisničke zahteve. Ukupan rezultat aplikacionog programa se poredi sa maksimalno mogućim rezultatom koji donosi 'QuickFit'.

2. PRIMER 'QUICKFIT' ANALIZE

Za svaki od modula određenog softverskog proizvoda pravi se poseban 'QuickFit', što korisnicima omogućava da ocene podobnost svakog modula u odnosu na njihove pojedine zahteve. Primer 'QuickFit' analize je napravljen za hipotetičko industrijsko preduzeće za modul Planiranje kapaciteta, određenog softverskog proizvoda.

Tabela 1 prikazuje 'QuickFit' radni dokument sa kojim će projektni tim startovati pri analizi modula Planiranje kapaciteta određenog softverskog proizvoda. U prvoj koloni se nalazi spisak tipičnih zahteva industrijskog preduzeća iz oblasti planiranja kapaciteta.

Prva stvar koju stručni tim preduzeća treba da uradi je definisanje težine (značaja) svih zahteva, što se upisuje u kolonu 'Rang značaja'. Za definisanje ranga značaja zahteva, koristi se sledeća skala:

0 = Nije značajno:	Ova funkcija nije od interesa.
1 = Dobro je imati:	Dobro je imati ovu funkciju, ali njen nedostatak ima male posledice.
2 = Ima neki značaj:	Ova funkcija je značajna za nas u budućnosti, ali sada nije kritična.
5 = Vrlo značajno:	Ova funkcija je za nas vrlo značajna i sada i u bliskoj budućnosti i njen nedostatak ima značajne posledice.
20 = Kritično:	Ova funkcija je apsolutno neophodna za naše poslovanje.

¹ Mr Velimir Komadinić, dipl.inž., Dr Dragomir Ilić, dipl.inž., LOLA Institut, Kneza Višeslava 70a, tel. 011-2541-968, e-mail: vrkomadinic@yahoo.com, 11030 Beograd

Stručni tim hipotetičkog preduzeća daje zahtevu broj 1 (Upravljanje varijabilnim kapacitetom) rang značaja 5, što znači da je on vrlo značajan. Ovo je iz razloga što je priroda proizvodnog procesa takva da je u većoj meri zastupljen direktan rad radnika. Operateri se često pomeraju sa jednog radnog centra na drugi, tako da svaki radni centar ima promenljivi kapacitet.

Zahtev broj 2, koji se odnosi na podršku različitim dužinama perioda planiranja (dnevno, nedeljno itd.) nije sada značajan, ali dugoročno gledano može biti. Ovom zahtevu se daje rang značaja 2 (ima neki značaj). Koristeći ovu metodu tim rangira sve zahteve na QuickFit radnom dokumentu. Za neke zahteve potrebno je napraviti mala istraživanja sa ciljem što preciznijeg rangiranja.

Nakon rangiranja svih zahteva, vrši se analiza mogućnosti modula Planiranje kapaciteta i njegove sposobnosti da zadovolji svaki od postavljenih zahteva, što se rangira i upisuje u kolonu 'Rang podobnosti modula'.

Za rangiranje podobnosti modula se koristi sledeća skala:

0 = Nema podrške:	Modul ne podržava ovaj zahtev.
1 = Postoji osnova:	Modul sadrži osnovu na kojoj se može graditi podrška za ovaj zahtev.
2 = Nedovoljna podrška:	Modul obezbeđuje minimalnu podršku ovom zahtevu.
3 = Značajna podrška:	Modul obezbeđuje značajnu podršku ovom zahtevu.
4 = Kompletna podrška:	Modul obezbeđuje kompletnu podršku definisanom zahtevu.
5 = Proširena podrška:	Modul ima veće mogućnosti u odnosu na definisani zahtev.

Pri rangiranju podobnosti modula može se koristiti više izvora uključujući osoblje koje je razvilo softver i/ili obezbeđuje stručnu podršku, konsultante, industrijske časopise itd. Kritično u 'QuickFit' analizi je što adekvatnije (tačnije) rangirati mogućnosti modula u odnosu na svaki zahtev.

Kroz ovo istraživanje, uočeno je da modul Planiranje kapaciteta ima veće mogućnosti u odnosu na pojedine definisane zahteve, tako da je u radni dokument u polje 'Rang podobnosti modula' uneta vrednost 5 (proširena podrška).

U sledećem koraku 'QuickFit' analize vrši se relativno jednostavna kalkulacija. Za svaki modul se množi rang značajnosti sa rangom podobnosti modula i dobijeni rezultat se unosi u kolonu 'Rezultat modula'. U ovom primeru kalkulacija za zahtev broj 1: $5 \times 5 = 25$. Za svaki zahtev se pravi ova kalkulacija i upisuje u kolonu 'Rezultat modula' na 'QuickFit' dokumentu.

Sledeći korak je sumiranje rezultata u koloni 'Rezultat modula' i unos tog zbira u polje 'Ukupan rezultat modula' na dnu dokumenta. Idealan rezultat (230) se dobija sabiranjem brojeva iz kolone 'Rang značaja' i množenjem te sume sa 5 (maksimalan rang podobnosti modula). Dobijeni rezultat se unosi u polje 'Idealan rezultat' na dnu radnog dokumenta. Da bi se dobio 'QuickFit' za modul Planiranje kapaciteta potrebno je izvršiti sledeći račun:

$$\frac{\text{Ukupan rezultat modula}}{\text{Ukupan idealan rezultat}} \times 100 (\%) = \text{QuickFit}$$

Za hipotetičko preduzeće ova kalkulacija je $205/230 = 89 \%$. 'Quick Fit' (stepen podobnosti modula ili stepen pokrivenosti zahteva hipotetičkog preduzeća) modula Planiranje kapaciteta iznosi 89 %.

3. INTERPRETACIJA REZULTATA 'QUICKFIT' ANALIZE

Šta se može zaključiti iz 'QuickFit' analize modula Planiranje kapaciteta za hipotetičko preduzeće? Mada dobijeni rezultat ne predstavlja pravu sliku stanja, opšte načelo kod 'QuickFit' analize je da svaki rezultat preko 60 % opravdava dalja ispitivanja. Kako je u našem primeru dobijen rezultat 89 %, vidi se da modul Planiranje kapaciteta može uspešno odgovoriti na postavljene zahteve korisnika vezane za područje planiranja kapaciteta.

Ako se istom metodom oceni da i ostali moduli posmatranog softverskog proizvoda imaju prihvatljiv 'QuickFit' jasno je da taj softverski proizvod ostaje kao rešenje za razmatranje. Međutim, i kada je 'QuickFit' analiza dala visok rezultat, hipotetičko preduzeće želi da zadovolji i sve one 'značajne' i 'kritične' zahteve za koje je rang podobnosti modula manji od 4 (nekompletna podrška zahteva). Ovo će ukazati preduzeću na najkritičnija područja koja dalje treba istraživati, dok se ne nađe način da se zadovolje zahtevi za koje predložena rešenja ne daju odgovarajuću podršku.

Tabela 1.

QUICKFIT radni dokument

Rang značaja:	Mogućnosti programa:
0 = Nije značajno	0 = Nema podrške
1 = Dobro je imati	1 = Postoji osnova
2 = Ima neki značaj	2 = Nedovoljna podrška
5 = Vrlo značajno	3 = Značajna podrška
20 = Kritično	4 = Kompletna podrška
	5 = Proširena podrška

Rb	Poslovni (korisnički) zahtevi	Rang značaja	Rang podobnosti modula	Rezultat modula
1	Upravljanje varijabilnim kapacitetom radnih centara	5 x	5 =	25
2	Podrška različitim periodima opterećenja kapaciteta	2 x	5 =	10
3	Mogućnost kompresije vremena čekanja pri terminiranju (prioritet posla)	2 x	5 =	10
4	Pravi li sistem razliku između planiranog i ostvarenog opterećenja	5 x	5 =	25
5	Detaljna analiza opterećenja radnog centra po periodima	0 x	5 =	0
6	Ima li sistem kombinaciju opterećenja po: a) nalogima kupaca b) čvrsto planiranim i planiranim nalogima c) otvorenim proizv. nalogima	20 x 1 x 2 x	5 = 5 = 5 =	100 5 10
7	"Beskonačno" planiranje kapaciteta (sistem identifikuje pre- i podopterećenje, ali ih ne locira)	2 x	5 =	10
8	Analiza kapaciteta u periodima kraćim od jednog dana,	1 x	5 =	5
9	Korišćenje više od 36 perioda opterećenja	0 x	0 =	0
10	"Konačno" planiranje kapaciteta (sistem pokušava automatski da reši identifikovane probleme)	2 x	0 =	0
11	Planski horizont duži od tri godine	0 x	0 =	0
12	Poseban kalendar za svaki radni centar	2 x	0 =	0
13	Planiranje kapaciteta za više od jedne fabrike	0 x	2 =	0
14	Grafička prezentacija opterećenja radnih centara	2 x	5 =	10

Rezultat modula (Total) = 205

Idealan rezultat (Suma Ranga značaja × 5) = 230

$$\text{QuickFit} = \frac{\text{Mogućnost modula (total)}}{\text{Idealan rezultat}} \times 100\% = \frac{205}{230} \times 100\% = 89\%$$

Neki od načina za rešenje nepodržanih zahteva uključuju istraživanje novih dodatnih programa, razvoj sopstvenih prilagođenih programa ili, čak, izmena načina poslovanja da bi se određeni zahtevi eliminisali.

Ako se ne nađe način da se zadovolje 'vrlo značajni' ili 'kritični' zahtevi, uvođenje softverskog proizvoda će biti sa visokim stepenom rizika iako ima prihvatljiv ukupan 'QuickFit' rezultat.

Da bi se dobio srednji 'QuickFit' rezultat za sve module određenog softverskog proizvoda koji se razmatra, potrebno je izračunati srednju vrednost rezultata za svaki modul. Kako hipotetičko preduzeće razmatra još nekoliko softverskih rešenja, stručni tim će takođe napraviti 'QuickFit' analizu tih rešenja. Korišćenjem istog seta definisanih zahteva i 'QuickFit' rezultata svakog od njih, poređenjem rezultata, se može odabrati najpovoljnije rešenje.

Mora se, međutim, zapamtiti da postoji još čitav niz faktora koje dodatno treba uzeti u razmatranje pri donošenju konačne odluke, uključujući pouzdanost isporučioaca hardvera i softvera, strukturu tehničke podrške, cenu softvera, potrebu sačuvanja investicija, troškove eksploatacije itd.

4. ZAKLJUČAK

'QuickFit' rezultat može da bude efektivan parametar za poređenje podobnosti većeg broja softverskih proizvoda u odnosu na zahteve korisnika, ali treba da bude samo jedan od elemenata koji se razmatra pri izboru aplikativnog rešenja za naše poslovanje.

Nakon kompletiranja 'QuickFit' analize i identifikovanja rešenja koja zahtevaju dalja istraživanja, potrebno je napraviti sledeći korak u procesu donošenja odluke. To može biti poseta seminaru ili demonstraciji softverskog proizvoda, i/ili poseta proizvodnom preduzeću koje koristi taj softverski proizvod. Pri tome, ne treba mnogo brinuti što poslovanje u posećenoj firmi nije identično našem. Ono na šta se mora obratiti pažnja, su faktori koji utiču na to da li će implementacija biti uspešna ili ne.

5. LITERATURA

- [1] Spasić Ž., Komadinić V., ..., *MAPICS Modules in CIM Environment*, Internacional Conference on Computer Integrated Manufacturing CIM'96, Zakopane, 1996.
- [2] SAP R/3 System, Plant Maintenance, SAP AG, 2002.
- [3] Komadinić V., Vukićević V., *Analiza softverskih proizvoda za upravljanje održavanjem tehničkih sistema*, 29. JUPITER Konferencija, Beograd, 2004.
- [4] Vukićević V., Komadinić V., Bošković V., *Prilog izboru koncepcija održavanja tehničkih sistema*, 29. JUPITER Konferencija, Beograd, 2004.
- [5] Vasić B., *Menadžment i inženjering u održavanju*, IIPP, Beograd, 2004.
- [6] Jovanović B., Vasiljević D., *U susret sistemima održavanja četvrte generacije*, Tehnička dijagnostika br.1, Beograd, 2006.
- [7] <http://www.plant-maintenance.com>

SOFTWARE PACKAGE ANALIZING AND ESTIMATING FOR APPLYING IN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Abstract - *This paper deals with relatively simple 'QuickFit' quantity method used for a software package capability analysing and estimating for use in an industrial enterprise. The result of the method is one of the criteria in deciding what application solution should be chosen.*



Д. Мићић, Н. Дондур, Ж. Спасић¹

ПЕРФОРМАНСЕ ИНТЕЛИГЕНТНОГ ПОСЛОВАЊА СА ИНФОРМАЦИОНОМ ИНТЕГРАЦИЈОМ ДИГИТАЛНОГ ПРЕДУЗЕЋА²

Резиме

Управљање пословним перформансама интелигентног пословања захтева функционалну, економску и информациону интеграцију дигиталног предузећа. Анализа свих категорија трошкова је предуслов за дефинисање променљивих (варијабли) и параметара које дефинишу пословне перформансе. Рад је део докторске тезе која предвиђа теоријску поставку проблема са потребним експерименталним проверама ради практичне примене у пословању домаће индустрије.

Кључне речи: *Перформансе пословања, Пословне интеграције, Информационе технологије*

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Све строжији захтеви светског тржишта према производима, услугама и знању указују на неопходност динамичког пословног амбијента у производно-пословном систему дигиталног предузећа. Дигитално предузеће мора да има добро дефинисане пословне перформансе интелигентног пословања, чије се вредности могу да прате током свакодневног пословања. Перманентно праћење дефинисаних пословних перформанси је омогућено применом високих информационо-комуникационих технологија са интегрисаном базом података/знања и флексибилном организацијом у којој се организационе јединице информационо повезују ради решавања проблема пројектовања, производње и укупног пословања уз стално обезбеђивање и унапређење квалитета производа и процеса у динамичком и флексибилном пословању.

Само тачно измерене вредности перформанси пословања представљају предуслов за успешно управљање комплексним системом дигиталног предузећа интегрисаних технологија. Главне перформансе пословања (укупан приход предузећа у пословној години, ефикасност пословања, продуктивност предузећа, рентабилност пословања предузећа и ликвидност предузећа) се израчунавају на основу дефинисаних израза, а односе се на интелигентно и електронско пословање предузећа, док је прикупљање вредности променљивих и индикатора квалитета перформанси пословања омогућено *on-line* прикупљањем актуелних података. Модел менаџмента перформанса пословања дефинише активности софтверског инжењерства у интеграцији комерцијалног и развијеног софтвера. Пре доношења било какве пословне одлуке важна су економска разматрања и анализе у инжењерској економији примењеној на техничким системима као што су производи, информациони системи, системи базе података/знања и укупан производно-пословни системи. Тиме машински инжењери унапређују своје особине систематичности у анализама и евалуацијама економских фактора да би управљали комплексним производно-пословним предузећем.

Управљање трошковима је основа за одређивање пословних перформанси дигиталног предузећа које се припрема да успешно послује у условима интегрисаних истраживачких и образовних простора Европе базиране на знању [1]. Класичан начин израчунавања трошкова [2, 3] даје добре основе али више не задовољава савремено пословање дигиталног предузећа. Он претставља основу за

¹ Професор др **Жарко Спасић**, Професор др **Никола Дондур**, Машински факултет Универзитета у Београду, Е-mail: zspasic@mas.bg.ac.rs, тг. sci **Драгиша Мићић**, Виша пословно-техничка школа – Ужице, micicdr@ptt.rs

² Рад се односи на део истраживања за усвојени садржај докторске дисертације.

пројектовање интерактивног система са управљањем пословним перформансама. Како се предвиђа интерна и екстерна функционална, економска и информациона интеграција, ради се о дигиталном предузећу на основама информационих технологија [4].

2. ДЕФИНИСАЊЕ ОСНОВНИХ ПЕРФОРМАНСИ ПОСЛОВАЊА

Главне перформансе пословања производно-пословног предузећа које се разматрају у овом раду односе се на укупан приход у пословној години, ефикасност и ефективност пословања, продуктивност предузећа, рентабилност пословања предузећа и ликвидност предузећа. Поред наведених основних перформанси пословања постоје и друге изведене перформансе чије вредности треба да се прате у интелигентном електронском пословању дигиталног предузећа.

2.1. Укупан приход пословања

На крају сваке пословне године производно-пословног предузећа усваја се завршни рачун као документ у коме се дефинише **укупан приход** предузећа по свим основама, као и **индекс повећања пословања (IND)** у односу на претходну пословну годину. Лоше се послује ако је вредност индекса $IND \leq 1$, што би захтевало одговарајуће анализе узрока кризе и велике промене у будућем начину пословања. Стабилно пословање неког производно-пословног предузећа или академске институције ће бити када је вредност индекса повећања пословања $IND > 1$. Динамика промена вредности индекса пословања може да се прати за дужи временски период у односу на почетну пословну годину, која тада дефинише и базни индекс повећања пословања.

2.2. Ефикасност и ефективност пословања

Ефикасност пословања предузећа је перформанса пословања која је пропорционална резултатима пословања и обрнуто пропорционална улагањима у процес репродукције. То је онда и степен успешности предузећа у остваривању и спровођењу циљева усвојене пословне економије и политике. Способност да се постигну максимални пословни резултати уз минимална улагања је ефикасност која повезује производњу са оптималним искоришћењем расположивих ресурса.

Резултати пословања предузећа се приказују као физички обим остварене производње, као израчуната вредност производње, или као остварена добит предузећа. Да би се остварили резултати пословања неопходна су улагања у предмете рада, средства за рад и ангажовање запослених. Ефикасност пословања се одређује истовременим праћењем улагања у производњу и резултата те производње, што значи да рационално пословање доноси максималне резултате уз минималне трошкове пословања. Као машински инжењери добро знамо да не можемо да посматрамо производњу и пословање само квантитативним показатељима. И производи и услуге које производно-пословно предузеће остварује да би задовољило потребе тржишта и да би опстало на њему морају да буду високог квалитета и прихватљиве цене.

Ако се узме у обзир и време задовољавања потреба тржишта од стране производно-пословног предузећа, тада се дефинише **ефективност пословања** као његова перформанса пословања. Срачунавање ефикасности пословања предузећа је отежано због хетерогености јединица мера величина које дефинишу улагања и резултате пословања, као и тешкоћа у збирном рачунању. Зато је исправније да се дефинише функционална зависност за ефективност пословања предузећа [4]. Постављени проблем може да се превазиђе јединственом базом података/знања и интелигентним пословањем са *on-line* праћењем вредности одговарајућих варијабли и индикатора квалитета.

2.3. Продуктивност предузећа

Продуктивност предузећа је још један економски принцип пословања производно-пословног предузећа који одређује важну перформансу пословања, подразумевајући минимални утрошак рада запослених за производњу финалних производа или за пружање услуга. Већа продуктивност доприноси успешнијем задовољавању потреба тржишта, чиме се повећава и друштвено богатство,

национални доходак, а тиме и животни стандард. Фактори који утичу на продуктивност предузећа односе се на предмете рада, средстава за рад, запослене извршиоце свих профила стручности и организацију пословних јединица. Материјали који се набављају и компоненте које се производе или набављају треба да буду високог квалитета и да не утичу на застоје у производњи (закашњења у набавци и производњи, лош квалитет и слично).

Инсталирана производна, информациона и комуникациона опрема треба да буде поуздана и да ослободи инжењере и друге извршиоце непотребних активности. Производна опрема треба да има равномерни степен искоришћења правилним терминирањем производње. Извршиоци пословних функција треба да имају квалификације према европским и националним оквирима квалификација за дипломе Болоњског процеса. Предности радног искуства треба да се ускладе са перманентном потребом за иновацијом знања. Мотивисаност извршилаца пословних функција је важан фактор продуктивности, при чему су флукуација запослених и лоши међуљудски односи негативни утицајни фактори. Организација предузећа треба да повезује матрично организационе јединице и експерте у креативним и флексибилним пословима и задацима. Услови домаћег, европског и светског тржишта, као и постављена економска и пословна стратегија предузећа такође утичу на продуктивност предузећа. Модели за израчунавање вредности за продуктивност предузећа ради одређивања нумеричких вредности степена успешности производно-пословног предузећа дати су у [4]. За дигитално предузеће је важно да се прати промена продуктивности током времена пословања, чиме се дефинише и његова ефикасност пословања са прилагођавањима захтевима тржишта.

2.4. Економичност пословања предузећа

Економичност је перформанса пословања предузећа која максималну вредност пословања (продати производи и пружене услуге) остварује минималним укупном трошковима пословања који се односе на предмете рада, средства за рад и запослене извршиоце. Минимални трошкови доприносе смањењу цене коштања производа чиме се стварају могућности да и цена продаје буде мања ради конкурентности на тржишту. За производно-пословно предузеће то значи смањену потрошњу уз повећање производње и стварање услова за даљи развој и учешће у међународној подели рада.

Фактори који утичу на економичност пословања предузећа се односе на трошкове средстава за производњу, набавку тих средстава и пласман финалних производа. Уштеде материјала се постижу још у фази пројектовања производа правилним димензионисањем и избором материјала који обезбеђују функционалност и квалитет производа. Технолошки поступци израде такође доносе уштеде правилним избором метода обраде, машина, алата и прибора и других елемената производње, као и добром организацијом производње. Производња треба да буде са малим шкартом и дорадом делова и уз оптималне трошкове одржавања који обезбеђују расположивост опреме. Набавне цене материјала, стандардних делова и других средстава за рад, као и трошкови транспорта и складиштења се уграђују у цене коштања финалних производа. Зато су важни услови пословања као што су царински прописи, пореске обавезе и разне врсте олакшица на тржишту Европске уније, Русије, Кине, Индије и других региона и земаља. Друштвени фактори се односе на инфлаторна кретања, каматне стопе инвестиционих кредита, евентуална ограничења увоза или извоза, царинске баријере и слично. На економичност пословања утичу и продајна цена, количина пласираних производа и услуга, као и у роковима наплаћених потраживања. Израчунавање вредности за економичност пословања је, као и код претходних перформанси пословања, отежано због различитих јединица мера за обим производње, као и због отежаног праћења трошкова средстава за рад [4].

2.5. Рентабилност пословања предузећа

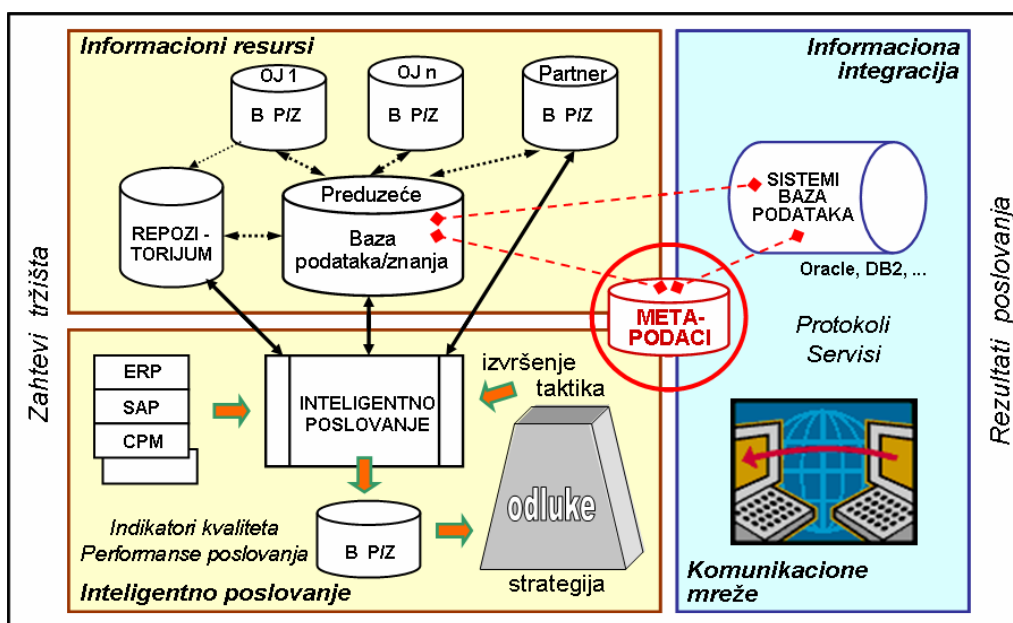
Рентабилност је перформанса пословања којом се изражава ефикасност ангажовања средстава за производњу у остваривању добити предузећа. Предузеће послује рентабилно ако оствари већу добит са мањим ангажовањем инсталисане производне опреме. Већа вредност рентабилитета даје могућности за проширену репродукцију предузећа и задовољава потребе друштва за производима и услугама предузећа. Фактори који утичу на рентабилност се односе на ангажовану опрему и начин

стицања добити. Сектор развоја треба да зна колико тренутно инсталисана опрема доноси добит предузећу, да ли је технолошки превазиђена и да ли треба да се инвестира у нову опрему. Фактори који утичу на начин стицања добити су исти као и за претходне перформансе пословања, а најважнији су остварени обим производње, цена продаје производа и трошкови елемената пословања. Прекомерно ангажовање инсталисаних производних капацитета смањује вредност рентабилности због случајних кварова и трошкова одржавања. Непотребно продужавање времена ангажовања производне опреме због слабе организације и спорог протока послова кроз производне погоне такође негативно утиче на рентабилност пословања предузећа.

2.6. Ликвидност предузећа

Производно-пословно предузеће послује на основу располагања новчаним средствима у која спадају и ангажована средства из других извора и под одређеним финансијским условима за враћање. **Ликвидност предузећа** је пословна перформанса која дефинише успешност и сигурност финансијског пословања у поштовању обавеза према пословним партнерима и друштву. Ликвидност је пословни статус предузећа у коме постоји или не постоји усклађеност између прилива средстава и актуелних обавеза плаћања. Статус неликвидности производног предузећа може да буде привремен или трајан, а главни узрок је укупно пословање са пословним окружењем на које неликвидност може да се пренесе, нарочито у активностима ланца снабдевања.

Спољни фактори који утичу на ликвидност предузећа су девалвација, промене девизног режима, промене на тржиштима производа и услуга, царинска политика, политика кредитирања, статус у европским интеграцијама, глобална економска криза и друго. Унутрашњи фактори који утичу на ликвидност предузећа су претеране залихе делова и готових производа, нетранспарентни трансфер информација у информационо-комуникационом систему, организациони недостаци и друго. Интелигентно електронско пословање дигиталног предузећа са сталним праћењем перформанси пословања треба да обезбеди релевантне информације на основу интегрисане базе података/знања како би се избегао статус неликвидности предузећа [4].



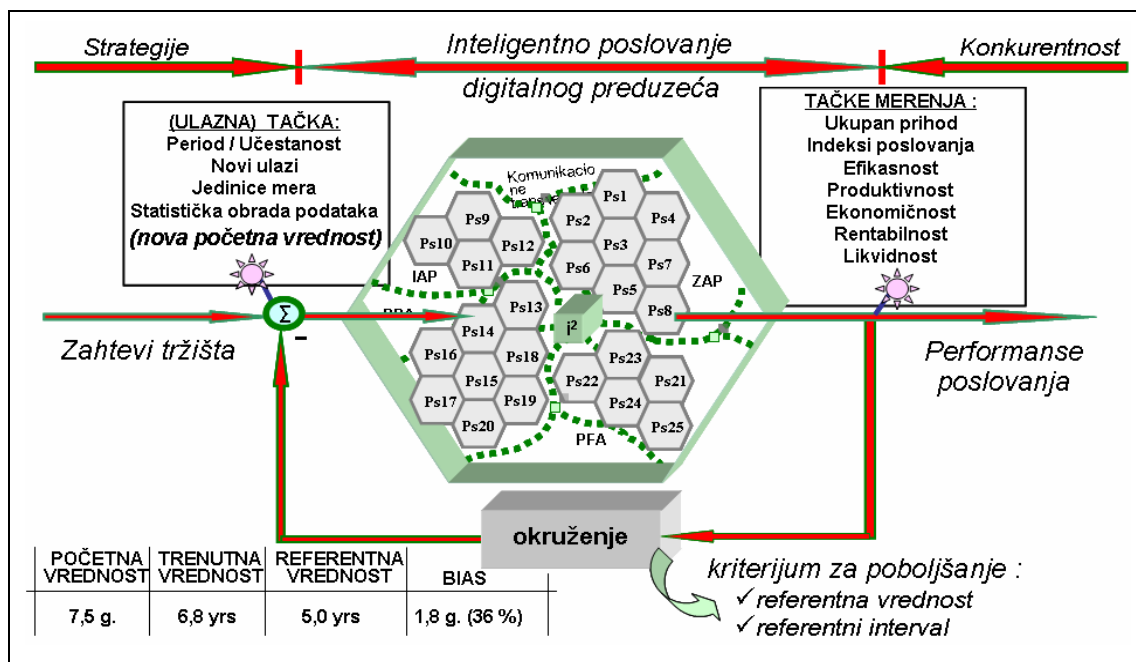
Слика 1. Интелигентно пословање дигиталног предузећа

3. ИНТЕЛИГЕНТНО ПОСЛОВАЊЕ ДИГИТАЛНОГ ПРЕДУЗЕЋА

Интелигентно пословање предузећа подразумева *on-line* праћење свих компјутеризованих активности интегрисаног информационог система са јединственом базом података/знања и репозиторијумом информација [4]. Комплексан скуп интегрисаних активности чине предвиђање,

планирање, моделирање, пројектовање, праћење, менаџмент трошковима и извештавање. Тиме се постиже боље управљање пословним операцијама и процесима, међусобно приближавање резултата планирања и извршења, вредновање планираних стратегија, флексибилност циклуса праћења трошкова са праћењем парцијалних трошкова и укупног буџета у реалном времену и у условима честих промена прописа. Поред тога, интегрисани догађаји у реалном времену у интелигентном пословању су погодни за оптимизацију према разним критеријумима успешности пословања.

На слици 1 је приказан модел интелигентног пословања дигиталног предузећа у амбијенту заједничког образовно-истраживачког простора Европе. Модел интегрише све активности предузећа са менаџментом перформанса пословања кроз три блока. То су база података/знања и репозиторијум као јединствени информациони ресурс, информациона интеграција и комуникационе мреже и интегрисано интелигентно пословање.



Слика 2. Модел менаџмента перформанса пословања дигиталног предузећа

Јединствени информациони ресурс дигиталног предузећа треба да интегрише све парцијалне информационе ресурсе пословних активности. Независна организација података и информација је највеће ограничење за размену података у електронском пословању, као и за неопходну интеграцију пословних функција планирања, управљања и информисања [4]. Некомплементарне и парцијалне базе података појединих програмских апликација морају да се модификују у парцијалне базе података/знања које ће бити комплементарне са централном базом података/знања предузећа. Репозиторијум информација дигиталног предузећа садржи историјске податке о пословању.

Информациона интеграција подразумева јединствени интерфејс који обезбеђује интеракцију различитих система програмских апликација и база података/знања. Виртуелна база података је скуп више хетерогених релационих база података. Мета-подаци представљају дигиталне описе елемената пословања као системске информације за функционисање информационо-комуникационог система предузећа. Комуникациона инфраструктура предузећа повезује интерно и екстерно све пословне организационе јединице и целине, као и све партнере пословног окружења дигиталног предузећа.

Интелигентно пословање је скуп комплексних процеса дигиталног предузећа који користе јединствени информациони ресурс и комуникационе мреже да би се, на основу актуелних вредности перформанси пословања, континуално управљало пословним процесима и доносиле стратешке, тактичке и извршне пословне одлуке (слика 2). Модел менаџмента перформанса пословања дигиталног предузећа подразумева *on-line* мерење вредности главних и помоћних перформанси, као и мерење вредности параметара управљања и индикатора квалитета производно пословних процеса. Измерене вредности се упоређују са референтним и почетним вредностима ради праћења укупног

пословања предузећа. Пословно окружење чине пословни партнери и *Алумни* асоцијација Машинског факултета [1, 4, 5]. Функције интелигентног пословања обезбеђују комерцијални програмски системи као што су SAP, ERP, CRM и други. Интелигентно управљање пословним перформансама предузећа остварује се на три нивоа. То су ниво информационо интегрисане компаније, ниво интегрисаних предузећа и ниво централизованих и децентрализованих пословних функција.

5. ЗАКЉУЧАК

Електронско интелигентно пословање производно-пословног предузећа је основни предуслов за опстанак на строгом светском тржишту производа, услуга, капитала и знања. За домаћу индустрију је од значаја да се на време прилагоди европским стандардима и интеграционим трендовима за заједнички образовни и истраживачки простор будућег друштва заснованог на знању. Пословне перформансе дигиталног предузећа треба да се прате у реалном времену како би се добили оптимални резултати пословања уз минимална улагања и трошкове. То се пре свега односи на главне перформансе пословања које чине укупан приход са индексом повећања пословања, ефикасност, продуктивност, економичност, рентабилност и ликвидност предузећа. Захваљујући високим информационо-комуникационим технологијама могуће је *on-line* одређивање вредности перформанси пословања на основу интегрисане базе података/знања дигиталног предузећа. Интелигентно пословање дигиталног предузећа интегрише све активности предузећа са менаџментом перформансама пословања посредством базе података/знања и репозиторијума информација као јединственог информационог ресурса, као и на основу функционалне, економске и информационе интеграције.

Софтверско инжењерство треба да обезбеди развој програмске подршке или софтвера за интегрисани информационо-комуникациони систем предузећа и захтева системски, холистички или инжењерски приступ организационог, техничког и пословног контекста који је у литератури и академским институцијама познат као нова дисциплина. Као и друге инжењерске дисциплине и ова има три основне карактеристике. То су принципи архитектуре који треба да смање комплексност система, прецизна методологија за опис софтвера који се посматра као производ и као процес и моделирање интерактивних корака у технологији израде софтвера са мерењем ефеката примене. Развој софтвера је креативан и комплексан задатак који интегрише академска истраживања и индустријску праксу. Софтвер је у исто време и производ и процес. Инжењерски производ је зато што се пројектује, моделира, изводи, тестира, примењује и одржава по фазама свог животног циклуса. Као процес софтвер представља оквир који обједињује извршавање производних и других технологија за које су одговорни инжењери дигиталног предузећа.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Спасић, Ж., *Интегрисани систем квалитета дигиталног универзитета*, Монографија, Машински факултет, Београд, 2007.
- [2] Станић, Ј., *Управљање квалитетом производа*, Методи 1, ИРО "Грађевинска књига", Београд, 1985.
- [3] Мићић Д., Спасић Ж., *Пословне перформансе и управљање трошковима предузећа интегрисаних технологија*, 34. Јупитер конференција, Машински факултет, Београд, 2008.
- [4] Спасић Ж., *Информациона интеграција пословних функција*, Уџбеник, Машински факултет, Београд, 2009.
- [5] Spasić Ž., Pejak, P., *Feedback Information of ALUMNI Association in Quality Assurance System for Higher Education*, FME Transactions (2005) 33, 103-109.
- [6] Ballard, Ch., White, C., McDonald, S., Myllymaki, J., McDowell S., Goerlich; O., Neroda, A., *Business Performance Management ... Meets Business Intelligence*, IBM Redbooks, New York, 2005.

PERFORMANCES OF INTELLIGENT BUSINESS WITH INFORMATIONAL INTEGRATION OF DIGITAL ENTERPRISE

Abstract

Management of business performances of intelligent business demands functional, economy and information integration of digital enterprise. The analysis of all expenses categories is necessary for definition of variables and parameters which define business performances. This paper is a part of doctoral thesis which implies theoretical background of the problem with all necessary experimental verifications for practical implementation in domestic industry.

Key Words: Business performances, business integration, information technologies

35. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

35th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



22. simpozijum

CAD/CAM

Beograd, jun 2009.

CAD/CAM

Slavković, R., RADIŠA, R., Milićević, I., Popović, M. SIMULACIJA PROCESA LIVENJA KAO POMOĆ U CAD/CAE/CAM PROJEKTOVANJU REZNIH ELEMENATA BAGERA KONTINUALNOG TRANSPORTA.....	2.1
Petrović, Z., Simonović, A., STUPAR, S., Zorić, N. PROJEKTOVANJE MOTORA BESPILOTNE LETELICE PRIMENOM SAVREMENIH SOFTVERSKIH ALATA	2.7
Peković, O., Simonović, A., Stupar, S., Stanojević, M. REVERZNO INŽENJERSTVO VELIKOGABARITNIH STRUKTURA	2.11
Stupar, S., Petrović, Z., Simonović, A., Komarov, D., RAZVOJ KOMPOZITNE KABINE HELIKOPTERA I IZRADA KALUPA	2.15
Simonović, A., Živković, R., Obradović, A., Trivković, S., ANALIZA NAPONSKO-DEFORMACIONIH STANJA VILIČNOG ZGLOBA	2.20
Rosić, B., Ristivojević, M., Janković, N., Skoko, D. STRUKTURALNA OPTIMIZACIJA CILINDRIČNIH ZUPČANIKA	2.26
Mitrović, A., Radonjić, S., Nikšić, P., UPOTREBA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE URAĐENE U PROGRAMU CATIA U PROCESU SEČENJA NA LASERU ILI WATER JET-U	2.32
Davidović, N., Miloš, P. ANALIZA POTENCIJALNIH MLAZNIH POGONSKIH GRUPA ZA POGON ROTORA LETELICE	2.37

← NAZAD

Slavković R., Radiša R., Milićević I., Popović M.¹

SIMULACIJA PROCESA LIVENJA KAO POMOĆ U CAD/CAE/CAM PROJEKTOVANJU REZNIH ELEMENATA BAGERA KONTINUALNOG TRANSPORTA

Rezime

Simulacija tehnološkog procesa izrade proizvoda tokom njegovog projektovanja primenom savremenih softverskih sistema umesto tradicionalnog "testiranja" izradom industrijskog prototipa znatno smanjuje troškove u osvajanju proizvoda, skraćuje vreme pojave proizvoda na tržištu i eliminiše eventualne greške u proizvodnom procesu. U okviru ovog rada dat je primer CAD/CAE/CAM tehnologije projektovanja dvodelnog zuba bagera kontinualnog transporta uz primenu softverskog sistema MAGMASoft za simulaciju tehnološkog procesa livenja. Ovakvim načinom projektovanja udovoljava se strogim zahtevima modernog vođenja sistema kvaliteta uz minimum rizika za nastanak grečke u odlivku.

1. UVOD

Rezni elementi bagera su značajne komponente mašinskog sistema koji imaju bitan uticaj kako na proizvodnost procesa tako i na eksploatacioni vek bagera. Takođe, dinamička stabilnost mašinskog sistema i funkcionalna sigurnost upravljačkog sistema bagera kao veoma složenog mehatroničkog sistema u velikoj meri zavise od reznih elemenata. Uglavnom rezni elementi se dobijaju tehnološkim procesom kovanja ili livenja. Složeni uslovi radne sredine reznih elemenata usloveli su prilično komplikovanu njihovu radnu geometriju, a sa time i složen zapreminski oblik. Za proizvodnju reznih elemenata tehnološki proces livenja dosta je jeftiniji i praktičniji od tehnološkog procesa kovanja, daje dosta dobar kvalitet istih, pa u takvim okolnostima livenje se može smatrati neprevaziđenim tehnološkim procesom u tehnologiji izrade reznih elemenata bagera. Projektovanje gotovih proizvoda u čijoj tehnologiji izrade osnovu čini tehnološki proces livenja, zahteva dosta dobro poznavanje tehnologije livenja, savremenih metodologija livenja i softverskih sistema za procesiranje livenja, uslova eksploatacije odlivaka kao proizvoda i drugo. Jedan od najpoznatijih softverskih sistema za procesiranje livenja je **MAGMASoft**.

2. TEHNOLOŠKE OSNOVE PRIMENE MAGMASOFT-a

2.1. Osnove projektovanja tehnologije livenja

Prilikom projektovanja tehnologije livenja reznih elemenata bagera, treba obratiti pažnju na tri ključna zahteva sl.2.1, [1] kako bi se dobio odlivak potrebnih tehničko-tehnoloških karakteristika, a eventualne vidljive i/ili nevidljive greške u odlivku svele na što je moguće manju meru jer iste mogu biti glavni uzročnik loma reznih elemenata u procesu eksploatacije. Ti zahtevi dati su na sl.2.1.



Slika 2.1 Osnovni zahtevi pri projektovanja tehnologije livenja reznih elemenata bagera

¹ Prof. dr Radomir V. Slavković, dipl. maš. ing., mr. Ivan Milićević, dipl. maš. ing., mr. Marko Popović, dipl. maš. ing., Tehnički fakultet Čačak, email: marko@tfc.kg.ac.rs, mr. Radomir Radiša, dipl.maš.ing., Lola institut, Beograd

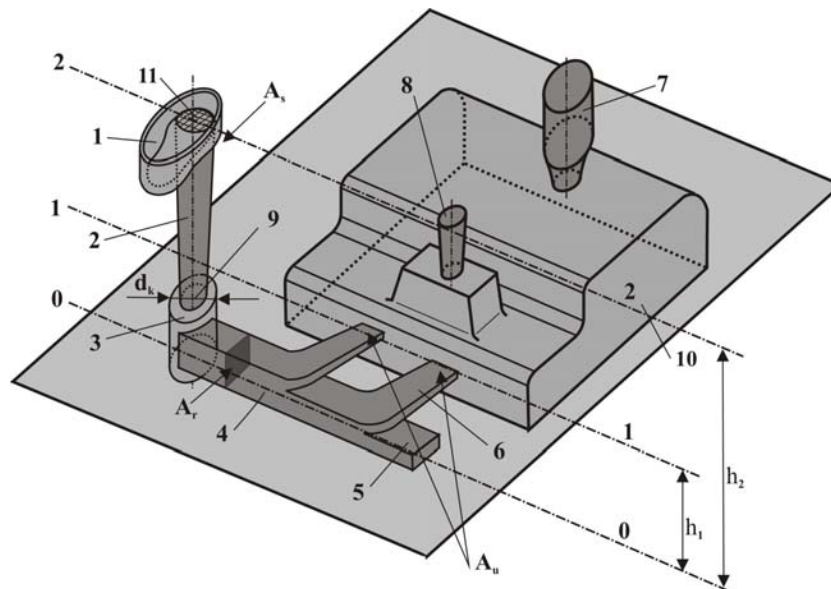
2.2 Ulivni sistem

Ulivni sistem čine niz kanala povezanih u jednu celinu sa zadatkom sprovođenja tečnog metala u kalupnu šupljinu. Osnovni elementi ulivnog sistema za odlivak- 10 dati su na sl.2.2: 1- ulivna čaša, 2- sprovednik, 3- kolektor, 4- razvodnik, 5- slepi kraj razvodnika, 6- ulivnik, 7- hranitelj, 8- odvodnik gasova, 9- prigušnik, 11- rešetka (sprečava ulazak šljake). Ispravno konstruisan ulivni sistem treba da osigura mirno punjenje kalupne šupljine bez zahvatanja gasova, onemogućiti unošenje nemetalnih uključaka u kalup, omogućiti istiskivanje gasova iz kalupne šupljine i osigura dovoljno brzo punjenje kalupne šupljine. Proračun ulivnog sistema svodi se na iznalaženje poprečnog preseka elemenata ulivnog sistema i bazira se na osnovnim zakonima hidraulike i primeni Bernulijeve jednačine date jednakošću (2.1).

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + h + \psi = Const \quad (2.1)$$

gde je: v [m/s]- brzina tečnog metala, p [N/m²]- pritisak tečnog metala, γ [N/m³]- gustina tečnog metala, h [m]- visinska razlika posmatranih preseka, ψ [m]- gubici usled trenja.

Treba napomenuti da ova jednačina primenjena za proračun ulivnog sistema pri livenju čelika ima dosta modifikovaniji oblik i data je u radovima [2], [3].



Slika 2.2 Osnovni elementi ulivnog sistema

Ulivna čaša: treba da ima dovoljnu dubinu (3-4) d_s sl.2.3a da bi se eliminisao vrtlog iznad sprovednika koji bi uvlačio vazduh i šljaku sa površine rastopa. Ako dubina nije dovoljna, struja rastopa će zahvatiti vazdušne mehuriće i šljaku i unositi ih sa sobom u kalupnu šupljinu.

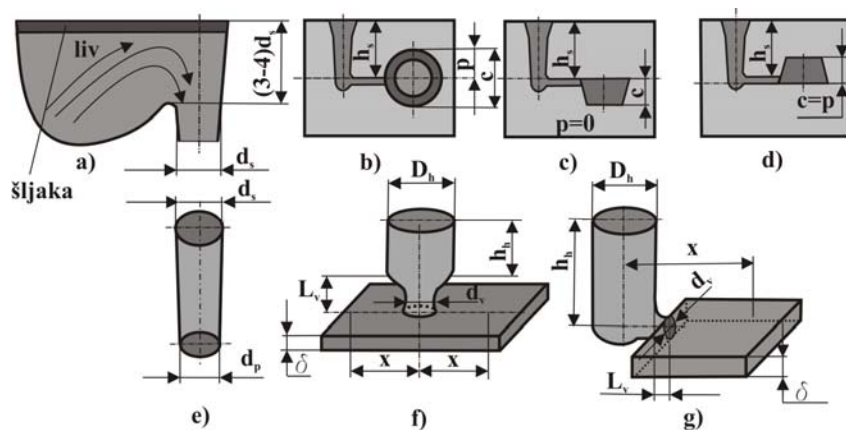
Zapremina čaše računa se prema zavisnosti (2.2),

$$V_{\xi} = \frac{m}{\tau} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \eta \quad [dm^3] \quad (2.2)$$

gde je: m [kg]- masa metala u kalupu, τ [s]- vreme livenja, ρ [kg/dm³]- gustina metala, η - koeficijent rezerve koji zavisi od mase metala u kalupu ($m = do 100$, $\eta = 3$), ($m = 100 do 500$, $\eta = 4$) [4]. Vreme livenja prema [4] za livenje čelika sa masom odlivka do 500 kg definiše se jednakošću (2.3)

$$\tau = K \left(1.319 + \frac{\delta}{12.824} \right) \sqrt{m_o} \quad (2.3)$$

gde je: δ [cm]- prosečna debljina zida odlivka, m_o [kg]- masa odlivka, K [s/cm \sqrt{kg}]- faktor tečljivosti metala i prema [4] određuje se iz odgovarajućih dijagrama u zavisnosti od hemijskog sastava i temperature liva.



Slika 2.3 Geometrijske veličine osnovnih elemenata ulivnog sistema: a) ulivna čaša, b,c,d) ulivanje u kalup sa strane, odozgo, odozdo, e) sprovodnik, f) hranitelj odozgo, g) hranitelj sa strane

Sprovodnik: Je uglavnom kružnog (prečnik d_s) ili kvadratnog (stranica a_s) poprečnog preseka. Gornji poprečni presek odgovara izlaznom preseku ulivne čaše i veći je od prečnika prigušnika koliko zahteva konusnost sprovodnika. Poprečni presek prigušnika sl.2.3e (dimenzija d_p) dat je jednačom (2.4),

$$A_{\min} = \frac{m}{\rho \cdot \tau \cdot \mu \cdot v_{sr}}, [cm^2] \quad (2.4)$$

gde su: m [kg]- masa tečnog metala u kalupu, ρ [kg/m³]- gustina tečnog metala, v_{sr} [cm/s]- srednja brzina livenja, μ - koeficijent otpora koji se javlja u ulivnom sistemu, odnosno koeficijent brzine isticanja tečnog metala, τ [s]- vreme livenja. Srednja brzina livenja zavisi od metalostatičkog pritiska koji deluje na određenu površinu i dat je jednačom (2.5).

$$v_{sr} = \sqrt{2gh_r} \quad (2.5)$$

gde su: h_r [cm]- metalostatički pritisak, odnosno stvarna visina stuba metala iznad mesta ulivanja, g [cm/sec²]- ubrzanje zemljine težnje. Prema [4], h_r dato je zavisnošću (2.6), a na sl. 2.3 (b,c,d) za pojedine načine livenja označene su proračunske veličine.

$$h_r = h_s - \frac{P^2}{2 \cdot c}, [cm] \quad (2.6)$$

Koeficijent brzine isticanja μ prema [4] dat je dijagramski u zavisnosti od temperature ulivanja i položaja ulivnika (ulivnik: odozgo, odozdo i sa strane). Pri livenju čelika u suve kalupe vrednost koeficijenta μ je: $\mu=0.3$ veliki otpor tečenja liva kroz kalup, $\mu=0.38$ srednji otpor i $\mu=0.5$ mali otpor. U navedenoj literaturi data su detaljnija objašnjenja i uputstva za određivanje ovog koeficijenta.

Kolektor: Dimenzije kolektora su uglavnom konstrukcione, ali se prema navedenoj literaturi preporučuje da poprečni presek kolektora (prečnik d_k) bude (20-25)% veći od poprečnog preseka sprovodnika (prečnik d_s). Visina kolektora treba da bude nešto veća od odgovarajuće visinske dimenzije razvodnika.

Razvodnik i ulivnici: Izvode se poprečnim presecima različitih oblika (trougaoi, trapezasti, pravougaoni, kružni i drugi slični preseci), pri čemu u sistemu sa prigušenjem treba da bude zadovoljen odnos $A_s:A_r:A_u = 2:1.5:1$ za livenje čelika i $A_s:A_r:A_u = 1.4:1.2:1$ za livenje sivog liva. U sistemima bez prigušenja za livenje čelika važi odnos $A_s:A_r:A_u = 1:2:2$ a za livenje sivog liva $A_s:A_r:A_u = 1:3:3$.

2.3 Hranitelji i odvodnici gasova

Usled zapreminskog skupljanja tečnog metala koje nastaje pri hlađenju odlivka, dolazi do smanjenja njegove zapremine. Ovaj efekat uzrokuje stvaranje usahlina (lunkera) na mestima koja zadnja očvršćavaju. U takvim slučajevima projektuju se hranitelji sa osnovnom funkcijom da tokom očvršćavanja nadoknade odlivku manjak tečnog metala koji omogućuje očvršćavanje bez usahlina. Pri projektovanju hranitelja osnovni zadatak je određivanje njegovog mesta, broja i dimenzija. Mesto hranitelja određuje se iskustveno i uglavnom je limitirano oblikom odlivka (njegov najmasivniji deo). Određivanje broja hranitelja svodi se na izračunavanje područja uticaja hranitelja. Najveća dužina koju prekriva jedan hranitelj data je jednakostima (2.7) za odlivak u obliku ploče i jednačom (2.8) za odlivak u obliku grede.

$$X = 4.5 \cdot \delta + D_h / 2 \quad (2.7)$$

$$X = 6\sqrt{\delta} + \delta \quad (2.8)$$

gde su: δ - debljina ploče, D_h - prečnik hranitelja [$D_h \approx (2-3)\delta$].

Kod površinskog položaja hranitelja njegovo dejstvo se uvećava dva puta (2x) sl. 2.3f, a kod bočnog položaja ostaje samo (x) sl.2.3g. Za sve ostale oblike odlivaka, broj hranitelja određuje se preko geometrijske sličnosti, odnosno svodenjem odlivaka na ploče ili grede. Proračun dimenzija hranitelja zasniva se na ispunjavanju osnovnog uslova da vreme očvršćavanja hranitelja mora biti malo duže od vremena očvršćavanja odlivka ili dela odlivka koji hranitelj hrani tečnim metalom. Na osnovu toga razvijeno je niz eksperimentalnih formula za proračun hranitelja pri različitim oblicima i veličini odlivaka, ali razvijeno je i nekoliko metoda za određivanje dimenzija hranitelja sl. 2.3 (f,g) od kojih su danas u praktičnoj upotrebi: metoda faktora oblika, i metoda modula odlivka.

Metoda faktora oblika podrazumeva da se odlivak ili deo odlivka modelira pomoću ploča ili greda pa preko izračunate oblasti uticaja hranitelja određuje broj i dimenzije hranitelja. Međutim danas je mnogo aktuelnija metoda modula odlivka zbog svoje pouzdanosti i tačnosti pa je zbog toga i detaljnije data. Modul odlivka, [4], [5] predstavlja odnos između zapremine i površine odlivka i dat je zavisnošću (2.9),

$$M_o = \frac{V}{P} \quad (2.9)$$

gde je: V [cm^3]- zapremina odlivka, P [cm^2]- površina odlivka (primer za odlivak oblika kocke

$$M_o = \frac{a^3}{6a^2} = \frac{a}{6}$$

Pošto odlivak treba da očvrstne pre hranitelja modul hranitelja se dobija uvećanjem modula odlivka za 20%, odnosno,

$$M_h = 1.2M_o \quad (2.10)$$

Odlivak i hranitelj spojeni su suženjem (vrat hranitelja), gde vrat hranitelja takođe treba kasnije da očvrstne od odlivka, pa se dimenzije vrata hranitelja definišu modulom vrata (M_v) koji je dat zavisnošću (2.11),

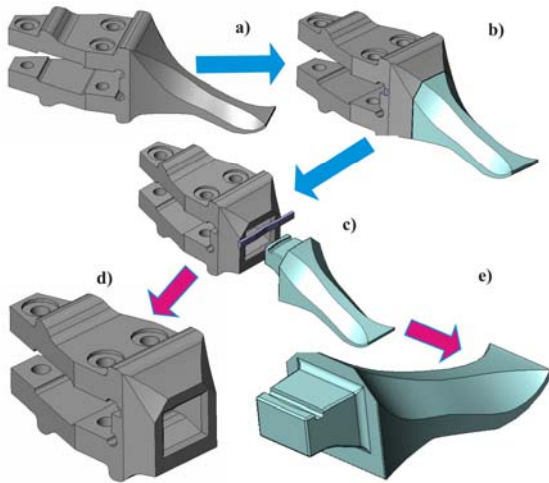
$$M_o : M_h : M_v = 1 : 1.1 : 1.2 \quad (2.11)$$

Najčešće su svi geometrijski elementi hranitelja kružnog preseka ($D_h=h_h$, $D_h=1.5h_h$) sa vratom kružnog preseka (d_v), ili pravougaonog preseka (a_v , b_v) u zavisnosti od modula hranitelja M_h dati tabelarno, [4] ili u organizovanim datotekama.

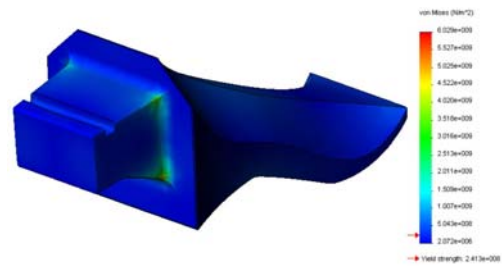
Odvodnici gasova sprečavaju stvaranje vazдушnih džepova u kalupnoj šupljini i postavljaju se na odgovarajućim mestima radi odzračavanja istih. Obavezno se postavljaju na najvišim mestima odlivka. Mesta pojave vazдушnih džepova definišu se na osnovu analize strujanja tečnog metala kroz kalupnu šupljinu.

3. CAD/CAE/CAM PROJEKTOVANJE REZNIH ELEMENATA

Tehnologija CAD/CAE/CAM projektovanja, data je na primeru zuba sl.3.1a rotornog bagera "Vedričar". Analizom uslova eksploatacije i slike habanja navedenog zuba, uočena je maksimalna pohabanost reznog dela do 30% ukupne mase zuba. Kako je ekonomičnost u proizvodnji energije stalna funkcija svih istraživanja (u ovom slučaju u proizvodnji uglja), to imajući u vidu geometriju predmetnog zuba, cilj CAD/CAE/CAM projektovanja je da se razvije dvodelni zub sl. 3.1(b,c) čiji rezni deo sl. 3.1e se menja nakon pohabanosti, a vezni deo sl. 3.1d ima višekratnu upotrebu. Takođe, tehničko-tehnološkim parametrima reznog dela zuba može se uticati na njegove radne karakteristike (otpornost na habanje, žilavost, tvrdoća, dinamička čvrstoća i dr.) koje se mogu prilagođavati uslovima radne sredine, čime se utiče na značajno smanjenje troškova kopanja. Pošto je u tehnologiju izrade ovog proizvoda (zub bagera) uključena posebna tehnološka disciplina, odnosno livenje, to je za izradu livačkih kalupa potrebno izraditi alate primenom CAM tehnologije (izrada na CNC mašinama). U ovakvim uslovima proizvodnje, pre pristupa neposrednoj izradi alata potrebno je izvršiti simulaciju tehnološkog procesa livenja. Nakon simulacije procesa (brzina livenja, vreme očvršćavanja, pojava lunkera i dr.), a u slučaju pojave greške u odlivku potrebno je definisati uzroke greške. Ako su greške u tehnologiji livenja neophodno je popraviti tehnologiju livenja, a ako su greške posledica konstrukcionog oblika alata za izradu kalupa isti treba konstrukciono izmeniti. Nakon ove aktivnosti alat izraditi na CNC mašinama. U ovom slučaju za konstruisanje upotrebljen je **Solid Works** kao 3D CAD softver, a za procesiranje livenja softverski sistem **MAGMASoft**, [6].



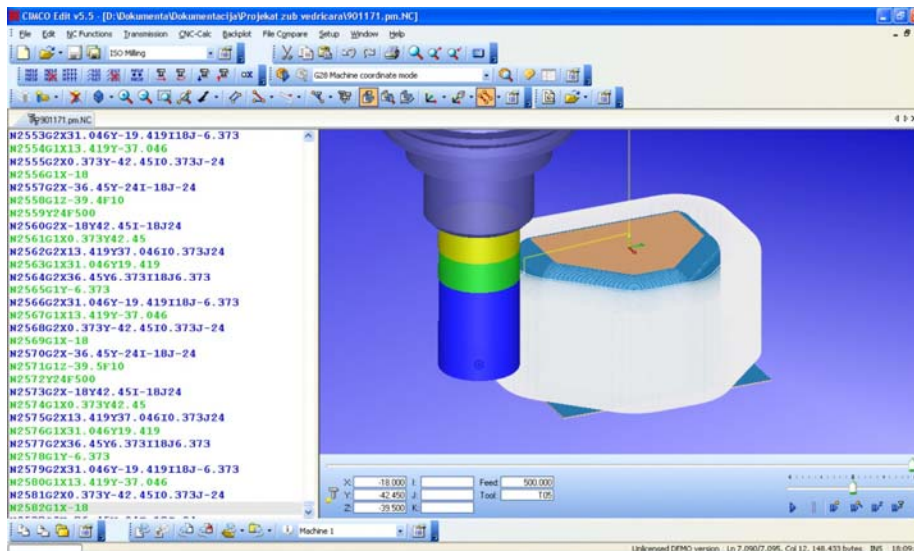
Slika 3.1 Konstrukcija zuba bagera "Vedričar": a) jednostelni zub, b,c) dvodelni zub, d) vezni deo zuba, e) rezni deo zuba



Slika 3.2 Identifikacija čvrstoće reznog dela dvodelnog zuba metodom konačnih elemenata (FME) softverskim sistemom COSMOSWorks

Konstrukcija jednostelnog i dvodelnog zuba kao i reznog i veznog dela dvodelnog zuba sl.3.1 urađena je u SolidWorks-u koji podrazumeva 3D CAD softver sa integrisanim paketom programa kojima su ponuđena rešenja za niz industrijskih grana. SolidWorks ima napredne alate za definisanje složene geometrije i površina, kreiranje varijantnih rešenja familije proizvoda, simulacije kretanja mehanizama i radnih uslova čime je omogućena realizacija proizvoda visoke složenosti. SolidWorks ima integrisan softverski paket COSMOS za proračune metodom konačnih elemenata (FME- Metod). Na sl.3.2 dat je primer identifikacije čvrstoće reznog dela dvodelnog zuba modeliranog konačnim elementima oblika triedra primenom **COSMOSWorksa**.

Primer generisanja G-koda pri obradi modela za izradu kalupa za livenje reznog dela dvodelnog zuba kao i provera putanje alata dat je na sl.3.3. U ovom primeru CAM tehnologija data je u softverskom sistemu **CinkoEdit** koji nije sastavni deo SolidCam-a.

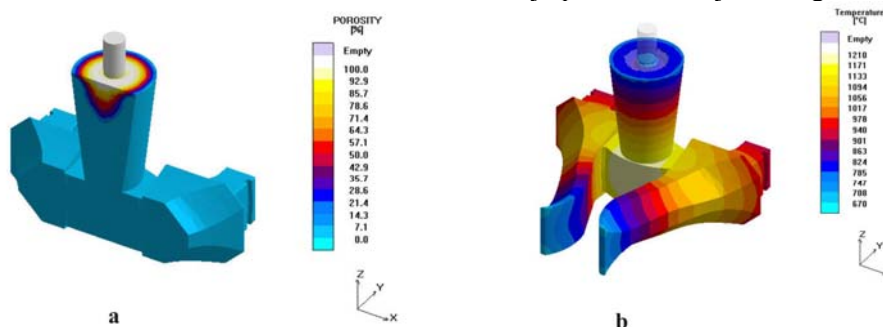


Slika 3.3 Procesiranje obrade drške modela za izradu kalupa pri livenju reznog dela dvodelnog zuba uz generisanje G-koda

4. SIMULACIJA PROCESA LIVENJA

Softverski sistem **MAGMASoft** je kompjuterski alat koji omogućuje simuliranje procesa livenja i očvršćavanja odlivka. To je vrlo moćan i pouzdan simulacijski softver koji se koristi pri istraživanju parametara poboljšanja i optimizacije procesa livenja. Onima koji se bave tehnologijom livenja omogućuje da brzo i efikasno testiraju širok izbor mogućnosti i varijanti unutar granica procesa livenja i izaberu optimalnu kombinaciju tehnoloških parametara. Potencijalni problemi se lako otkrivaju i odstranjuju već u fazi projektovanja oblika odlivka, što projektantu/tehnologu omogućava optimizaciju procesa livenja.

Rezultati simulacije prikazuju se u 3D grafičkom obliku, gde se rentgenskim pogledom u kalup vidi tok punjenja livne šupljine, brzina punjenja kalupa kao i temperaturne oblasti. Presecima kroz odlivak dobija se front očvršćavanja i moguća mesta poroznosti usled očvršćavanja metala. Za izvođenje simulacije potrebno je obezbediti: 3D geometrijski model odlivka i ostalih komponenata (ulivnog sistema, hranitelja, filtera, klupa i td.), parametre tehnologije livenja (početna temperatura liva, materijal kalupa, vrsta premaza, materijal odlivka, vrsta livačkog lonca-nagibni/sa čepom, materijal odlivka) i dr. Modul MAGMApre najbolje prihvata uvoz geometrije u STL ili STEP formatu zapisa 3D geometrijskog modela. Nakon procesiranja livenja daju se preporuke i zaključci. Na osnovu njih, po potrebi izvode se nove simulacije sa promenjenim parametrima. Na sl. 4.1 dati su neki rezultati simulacije procesa livenja reznog dela zuba.



Slika 4.1 Poroznost (a) i temperaturno polje solidifikacije (b) pri livenju reznog dela dvodelnog zuba

5. ZAKLJUČAK

Upotrebom programskog sistema MAGMASoft skraćuje se vreme razvoja proizvoda. To je uz današnje oštre zahteve kupaca, uz nedostatak iskusnih kadrova u livnicama vrlo bitan segment, ili pri osvajanju novih pozicija ili pri optimizaciji postojećih. U paketu MAGMASoft skupljena su mnoga iskustva stručnjaka širom sveta koja uključujući ogromnu bazu podataka se koriste pri proveravanju tehnologija u livnicama. Sa sl.4.1 se vidi da rezni deo nema poroznosti, a temperaturna polja su pravilno raspoređena što daje kvalitetan odlivak.

6. LITERATURA

- [1] Ljevački priručnik, SLJH, Zagreb, 1984.
- [2] Bishop, H., Tazlor, H., Powell, R., Risering of Steel Castings with Exothermic Sleeves, Foundry, p. 50-54, June 1958.
- [3] Wallace, J., Risering of Castings, Foundry, p.78-83, January 1960.
- [4] Marković, S., Matijašević, S., Josipović, Ž., Ookoljić, S., Zbirka rešenih zadataka iz livarstva, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1994.
- [5] Tomović, M., Livenje lakih i obojenih metala, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1990.
- [6] Achim Enger-Walter, Götz Hartmann, Marc Kothen, Integration of manufacturing process simulation in to the process chain, 20th CAD/FEM Users' Meeting 2002, International Congress on FEM Technology, Achen (Germany), 2002.

SIMULATION PROCESS OF MOULDING AS A ASSISTANCE IN CAD/CAE/CAM DESIGNING BAGER'S CUTTING ELEMENTS OF CONTINUITY TRANSPORT

Summary

Simulation technologically process of creating the product in the course of its projecting applying modern software system instead of traditional testing creating industrial prototype significantly reduce the cost of the wining products, reduce time occurring the products on market and eliminate possible errors in production process. In this paper is given example of CAD/CAE/CAM technology projecting the splitting bager's tooth in continuity transport using MAGMASoft software system for simulation technologically process of moulding . This way of design meets the strict requirements of modern quality system with the minimum risk for the development of error in mould part.

Петровић З., Симоновић А., Ступар С., Зорић Н.¹

ПРОЈЕКТОВАЊЕ МОТОРА БЕСПИЛОТНЕ ЛЕТЕЛИЦЕ ПРИМЕНОМ САВРЕМЕНИХ СОФТВЕРСКИХ АЛАТА

Резиме

У раду је приказан детаљан опис пројектовања клипног мотора за беспилотне летелице применом софтверског пакета CATIA V5. Интегрисани CAD и CAM модули омогућили су развој тродимензионалног модела мотора и израду прототипа. Оваквим приступом пројектовању повећан је квалитет производа, постигнута уштеда у времену и ресурсима и олакшана производња делова и склопа мотора.

1. УВОД

Технолошка достигнућа у области микроелектронике, погонских система, композитних материјала и система управљања омогућила су реализацију конструкција беспилотних летелица које су способне да изводе управљиви лет у великом опсегу висина, брзина и даљина те да извршавају сложене задатке и мисије. Предности беспилотних летелица у односу на оне са посадом јесу њихова ниска производна цена, једноставнија конструкција и способност да дејствују у условима где се не препоручује примена летелица са посадом.

У зависности од карактеристика и намене саме летелице, за њен погон се користе клипни или турбо-млазни мотори.



Слика 1

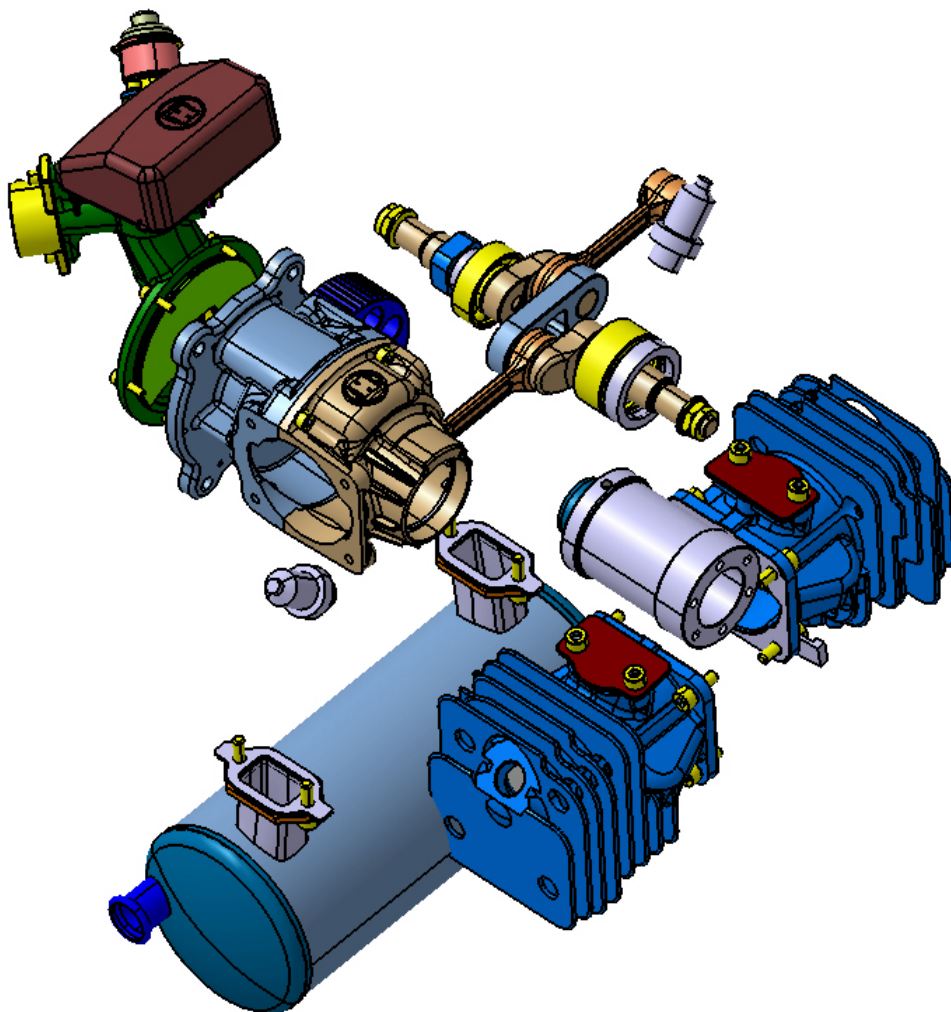
¹ проф. др Златко Петровић, дипл. инж., Машински факултет Београд, email: zpetrovic@mas.bg.ac.rs
др Александар Симоновић, дипл. инж., Машински факултет Београд, email: asimonovic@mas.bg.ac.rs
проф. др Слободан Ступар, дипл. инж., Машински факултет Београд, email: sstupar@mas.bg.ac.rs
Немања Зорић, дипл. инж., Машински факултет Београд, email: nzoric@mas.bg.ac.rs

Употреба клипних мотора за погон малих беспилотних летелица је оправдана са техничко-економског аспекта услед релативно мале оперативне брзине ових летелица. Процедура која је изложена у овом раду је примењена при развоју прототипа двоцилиндричног двотактног мотора са електронским убризгавањем горива масе $2500g$, снаге $6kW$ при $6000o/min$ и запремине $100cm^3$. Прототип мотора је уграђен у малу извиђачку беспилотну летелицу „Luna“ (Слика 1) максималне масе при полетању $37kg$, размах крила $4.17m$ и дужине $2.28m$ немачког произвођача „ЕМТ“ коју користи Bundeswehr.

2. МОДЕЛИРАЊЕ

Моделирање сложеног склопа као што је мотор и његових подсклопова захтева детаљно планирање пре почетка пројектовања. Код мотора беспилотне летелице неопходно је остварити малу масу, велику специфичну снагу као и малу потрошњу горива. У данашње време је незамисливо ефикасно пројектовање једног оваквог мотора без примене напредних софтверских алата, јер је поред горе наведених захтева такође неопходно скратити временски период између почетка пројектовања и добијања готовог прототипа.

Главне подсклопове са свим деловима и њихове позиције у стаблу спецификације модела потребно је дефинисати тако да касније измене и дораде буду једноставне и уз минимално интервенисање. Моделирања свих склопова, подсклопова и делова извршена су у CATIA V5 програмском пакету. Модули који су употребљени у моделирању делова су Sketcher, Part Design и Wireframe and Surface Design. Ови делови, затим, су састављани у подсклопове у модулу Assembly Design. На слици 2 је приказан склоп мотора растављен на подсклопове.



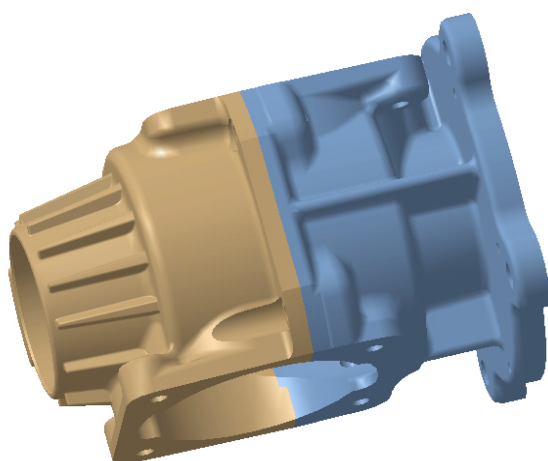
Слика 2

3. ИЗРАДА

Глава цилиндра, клипњача и лежајевни преузети су као готове компоненте-резервни делови појединих великосеријских производа, док је коленасто вратило добијено прерадом постојећег коленастог вратила чиме је постигнуто смањење трошкова производње као и скраћење временског периода између почетка пројектовања и добијања готовог прототипа. Магнетни сензор, дизна за убризгавање и актуатор за убризгавање су у току пројектовања усвојене као готове компоненте одговарајућих произвођача усаглашавајући њихове номиналне карактеристике са потребама одговарајућих режима рада мотора. Делови који су пројектовани и накнадно израђени су кућиште мотора и кућиште ротирајућег вентила. Оптимизација рада прототипа мотора је извршена помоћу рачунара за контролу рада мотора.



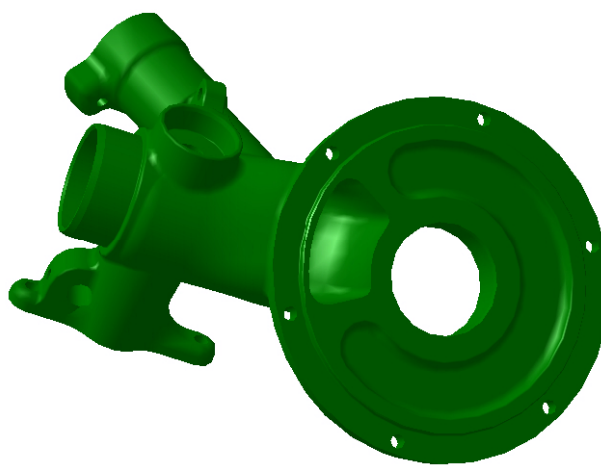
Слика 3: Кућиште мотора



Слика 4: 3D модел кућишта мотора



Слика 5: Кућиште ротирајућег вентила



Слика 6: 3D модел кућишта ротирајућег вентила

4. ЗАКЉУЧАК

У раду су представљени основни кораци у поступку пројектовања мотора (слика 7) за малу беспилотну летелицу. Употреба CAD/CAM технологија и интегрисаних софтвера доводе до значајног повећања ефикасности у пројектовању, репројектовању делова и њиховој производњи. Предности употребе ових софтвера у пројектовању су бројне: уштеда људских и техничких ресурса, знатно олакшане накнадне промене елемената конструкције и могућност детаљних анализа склопова и подсклопова. Уз усвајање готових компонената које се могу набавити на тржишту као елемената

склопа мотора и уз интеграцију са савременим софтверским алатима примењеним у процесу пројектовања постигнуто је смањење цене, скраћење временског периода између почетка пројектовања и добијања готовог прототипа побољшаних перформанси.



Слика 7

ЛИТЕРАТУРА

- [1] CATIA V5 User's Documentation, Dassault Systems 2003.
- [2] Boeing Design Manual, Boeing Company, 1973.
- [3] Слободан Тирнанић, Беспилотне летелице, Војно-издавачки завод, Београд, 2003.
- [4] Немања Зорић, Концепт мале беспилотне летелице, дипломски рад 2007.
- [5] Томић В., Петровић В. Ц., Мотори са унутрашњим сагоревањем, Машински факултет, Београд, 2004.

Abstract

Detailed description of design of stroke engine for small unmanned aerial vehicle with using of software CATIA V5 is presented in this paper. Integrated CAD and CAM modules have enabled development of 3D model of engine and prototyping. With this approach to the design, quality of product has been increased, the saving of time has been achieved and production of parts and assembly of the engine has been relieved.



Peković O., Simonović A., Stupar S., Stanojević M.¹¹

REVERZNO INŽENJERSTVO VELIKOGABARITNIH STRUKTURA

Rezime

U ovom radu je prikazan postupak generisanja trodimenzionalnog modela i tehničke dokumentacije velikogabaritne strukture – dimnjaka TO Kruševac čija je tehnička dokumentacija uništena u bombardovanju 1999. godine. Modeliranje geometrije je izvršeno u programskom paketu CATIA V5, na osnovu merenja debljina delova spoljašnjeg i unutrašnjeg plašta dimnjaka, plan projekcija i merenja odstupanja ose dimnjaka od vertikalnosti.

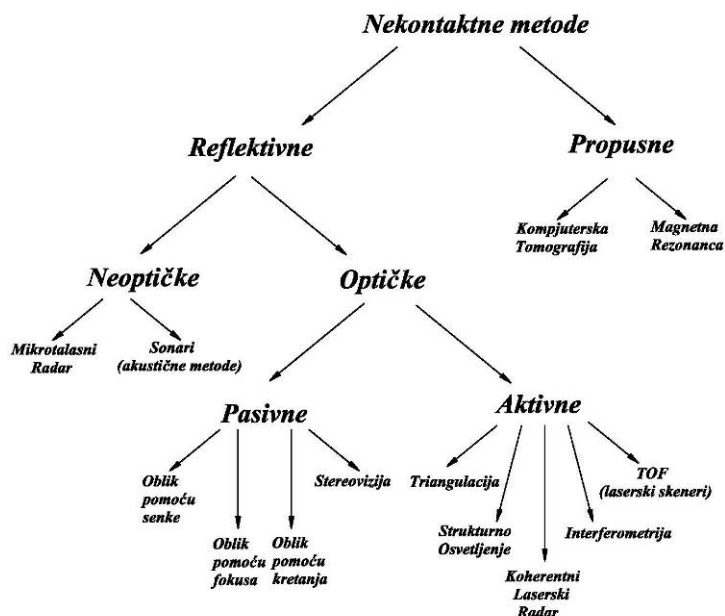
1.UVOD

Uobičajeni tok projektovanja mašinskih konstrukcija sastoji se od sagledavanja zahteva (cilj projekta, ograničenja, pravila poslovanja...), konstruisanja potrebnih delova i sklopova i implementacije istih. Često je potrebno obrnuti tok projektovanja i na osnovu već postojećeg objekta otkriti njegov način funkcionisanja i konstruktivne karakteristike. Ovakav pristup procesu projektovanja naziva se reverzno inženjerstvo. Rezultat reverznog projektovanja može biti novi deo izrađen na osnovu postojećeg dela (umnožavanje), poboljšanje postojećeg dela ali i izrada projektne dokumentacije koja je netačna, nepotpuna ili nepostojeća.

Reverzni inženjering u modernom smislu podrazumeva korišćenje specijalne tehničke opreme za dobijanje geometrijskih podataka koji se koriste za stvaranje virtuelnog trodimenzionalnog modela koji odgovara originalu. Grubo postoje tri načina dobijanja potrebnih podataka: kontaktni, nekontaktni i destruktivni. Dobijeni podaci, najčešće u obliku dvodimenzionalnih slika poprečnih preseka ili oblaka tačaka, definišu geometriju modela i pomoću posebnih softverskih paketa pretvaraju se u trodimenzione geometrijske modele.

Velike dimenzije objekta i relativno velika zahtevana tačnost predstavljaju izazov za opremu koja se koristi za akviziciju geometrijskih podataka. Kontaktne metode (koriste mehaničke ruke, mašine za merenje koordinata i/ili CNC mašine za dobijanje podataka) imaju veliku tačnost ali su u mogućnosti da mere delove čiji je red veličine nekoliko metara. Nekonтактne metode rade na principu projektovanja energetskih izvora (svetlosti, zvuka, magnetnih polja...) na objekte, a potom se merenjem sprovedene ili reflektovane energije dobijaju dvodimenzionalne slike preseka ili oblaci tačaka koji predstavljaju geometriju objekta. Različite tehnike koje se koriste za akviziciju podataka nekontaktnim metodama date su na slici 1. Nekoliko nekontaktnih metoda moguće je koristiti za akviziciju podataka velikogabaritnih mašinskih objekata (npr. koherentni laserski radari, 3D laserski skeneri velikog dometa idr.). Prednosti nekontaktnih metoda su odsustvo fizičkog kontakta između objekta i mernog aparata, dobra tačnost i brzina kao i mogućnost skeniranja velikogabaritnih objekata. Destruktivne metode za akviziciju podataka koriste se za merenje malih i kompleksnih objekata. Pomoću CNC glodalice pokazuju se sukcesivno poprečni preseki dela koji se snimaju CCD kamerama i potom pomoću odgovarajućeg softvera pretvaraju u virtuelni geometrijski model. Destruktivne metode omogućavaju snimanje unutrašnjih delova strukture koji su skriveni unutar konture, ali se pri skeniranju objekat uništava.

¹¹ Ognjen Peković dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: opekovic@mas.bg.ac.rs
dr Aleksandar Simonović, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.rs
prof. dr Slobodan Stupar dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: sstupar@mas.bg.ac.rs
Marija Stanojević, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: mzstanojevic@mas.bg.ac.rs



Slika 1.

Prilikom izrade 3D modela dimnjaka toplane Kruševac korišćeni su podaci dobijeni pomoću pulsno laserskog skenera Nikon NPL-302 (slika 2.) na ograničenom broju tačaka, merenjem debljina ultrazvučnim elektronskim uređajem DM-2 LCDM proizvođača Krauthramer-Branson (slika 3.), ručnim merenjem kao i vizuelnom inspekcijom dimnjaka. Dobijeni podaci morali su se ručno unositi u računar nakon čega je pomoću programskog paketa CATIA V5 generisan trodimenzionalni model dimnjaka a na osnovu njega i tehnička dokumentacija dimnjaka.



Slika 2.



Slika 3.

2. OPIS DIMNJAKA

Dimnjak toplane Kruševac (slika 4.) visok je 80 metara i koristi se za odvođenje produkata sagorevanja iz kotlova toplane u atmosferu. U bombardovanju 1999. godine izgorela je tehnička dokumentacija dimnjaka. Za potrebe kontrole stanja dimnjaka bilo je neophodno izraditi trodimenzionalni model dimnjaka na osnovu kojeg bi bila izvršena konačnoelementna analiza naponsko-deformacionog stanja. Izrađeni model poslužio je i za generisanje tehničke dokumentacije dimnjaka.

Dimnjak je ankerisan na betonskoj osnovi sa šesnaest čeličnih ankera prečnika 72mm. Korišćenjem laserskog skenera ustanovljeno je da se spoljašnji plašt dimnjaka sa prečnika 7.5m sužava konusno do prečnika od 2.5m na visini od 30m nakon čega ima cilindričan oblik. Na dimnjaku postoje 3 platforme na visini od 37, 57 i 78 metara koje su povezane penjalicama koje idu celom dužinom dimnjaka. Poprečna ojačanja dimnjaka izvedena su u vidu čeličnih prstenova izrađenih od L profila dimenzija 100x100x10mm

koji su zavareni za spoljašnju stranu spoljašnjeg plašta dimnjaka. Dimenzije i položaj platformi i ojačanja takođe je određen pomoću laserskog skenera.



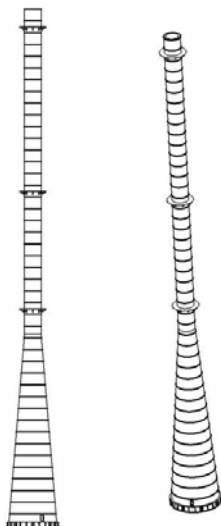
Slika 4.

Unutrašnji plašt dimnjaka kroz koji se produkti sagorevanja sprovode u atmosferu oblika je cilindra prečnika 2m i visine 80 metara. Za osnovu je vezan sa 16 ankerskih vijaka a za spoljašnji plašt poprečnim vezama duž dela spoljašnjeg plašta koji je cilindričnog oblika. Unutrašnji plašt ojačan je u korenom delu. Na oba plašta nalaze se revizioni otvori kao i otvor za dimovodni kanal.

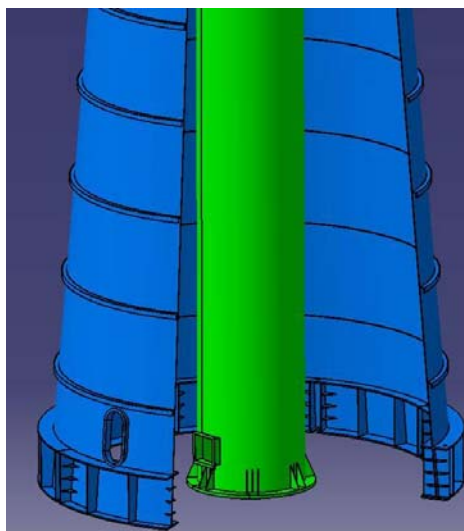
Merenje debljine unutrašnjeg plašta vršeno je na 79 relativnih visina i to sa četiri merne tačke na jednoj relativnoj visini. Debljina spoljašnjeg plašta merena je na 45 relativnih visina i to sa po dve merne tačke na relativnoj visini.

3. IZRADA TRODIMENZIONALNOG MODELA DIMNJAKA

Na osnovu izmerenih vrednosti i vizuelnog pregleda dimnjaka izrađen je CAD model dimnjaka. Model je izrađen u programskom paketu CATIA V5 korišćenjem "Part Design" i "Assembly Design" modula (slike 5-6).

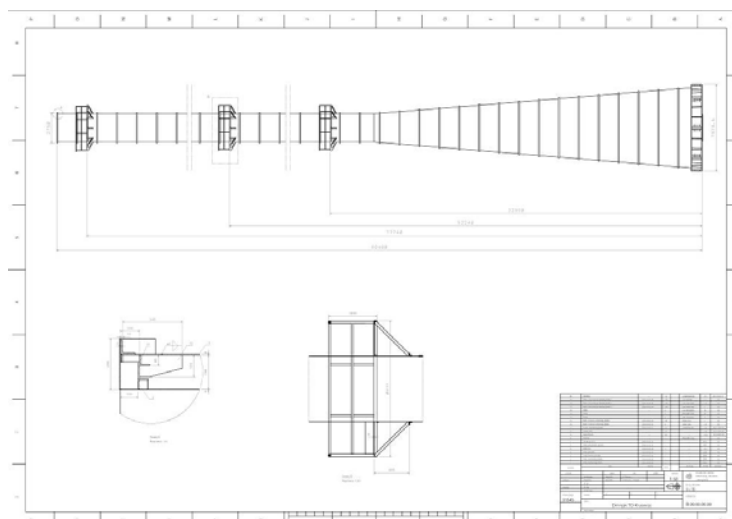


Slika 5.



Slika 6.

Izrađeni trodimenzionalni model poslužio je za generisanje tehničke dokumentacije dimnjaka (slika 7.) Takođe, pomoću CAD solid modela izrađen je konačnoelementni model strukture dimnjaka i izvršen kontrolni proračun. Celokupno generisanje tehničke dokumentacije izvršeno je u programskom paketu CATIA V5 korišćenjem modula "Drafting".



Slika 7.

4. ZAKLJUČAK

Laserski trodimenzionalni skeneri koji funkcionišu po principu pulsnog emitovanja laserskih zraka i merenja vremena koje je potrebno reflektovanom zraku da se vrati pogodni su za skeniranje velikogabaritnih struktura kada se zahteva relativno mala količina geometrijskih podataka. Ovaj sistem omogućava da se instrument sa transponderom i senzorom pri merenju postavi na udaljenju i do 500m od skeniranog objekta pri čemu se mora voditi računa o atmosferskim uslovima u kojima se vrši merenje jer temperatura i vlažnost vazduha mogu bitno uticati na kvalitet merenja. Alternativu za merenje konstrukcija velikih dimenzija mogu predstavljati fazni laserski skeneri i koherentni laserski radari. Merenje debljine zida dimnjaka izvršeno je akustičnim metodom korišćenjem ultrazvučnog merača debljine lima. Ovakav način merenja debljine pokazao se kao najpraktičniji ali i ekonomski najisplativiji. Rezultati merenja su reda tačnosti stotog dela milimetra što je dovoljno dobro za primenu na konstrukcijama ovog tipa. Dobijeni rezultati merenja zajedno sa vizuelnim pregledom i ručnim merenjem pojedinih delova konstrukcije omogućili su izradu tehničke dokumentacije postojećeg stanja objekta. Izrada tehničke dokumentacije postojećih konstrukcija koja je iz različitih razloga nepotpuna težak je posao koji zahteva mnogo truda i vremena. Upotrebom savremenih mernih instrumenata i računarskih sistema ovaj posao je delimično olakšan ali i dalje vremenski zahtevan.

LITERATURA

1. Analiza naponsko-deformacionog stanja strukture dimnjaka, S.Stupar i dr. MF, 2004
2. Reverse Engineering, Raja V., Fernandes K., Springer-Verlag, London, 2008.
3. Metalne konstrukcije u mašingradnji 1, Petković Z., Ostrić D., MF, 1996
4. The Strength of materials and Structures, Case J. et al., John Wiley & Sons, London, 1999

Abstract

This paper presents the process of generating threedimensional model and technical documentation of large structure – Kruševac heating plant chimney whose technical documentation was destroyed in the 1999. bombing. Modeling of geometry is done in the software package CATIA V5, on the basis of measurements of thickness of chimney's external and internal wall, the plan projection of chimney and measurement of the chimney's axis deviation from vertical axis.

Slobodan Stupar, Zlatko Petrović, Aleksandar Simonović, Dragan Komarov¹

RAZVOJ KOMPOZITNE KABINE HELIKOPTERA I IZRADA KALUPA

Rezime

U radu je prikazan proces razvoja kabine helikoptera klase vrlo laki od faze konceptualnog dizajna do izrade kalupa namenjenog za serijsku proizvodnju. S obzirom na specifična ograničenja standarda VLR kabina helikoptera je u potpunosti izvedena kao kompozitna struktura u okviru projekta TR-18029 finansiranog od strane Ministarstva nauke Republike Srbije. Primenom softverskog paketa CATIA V5 ovaj proces je unapređen vodeći računa o ergonomiji. Razvijeni trodimenzionalni model poslužio je kao osnova za generisanje potrebne tehničke dokumentacije za izradu kalupa. Korišćenjem odgovarajućih modula CATIA V5 vreme potrebno za razvoj koncepta i proizvodnju prototipa je znatno skraćeno.

1. UVOD

Kompozitni materijali su veoma zastupljeni u vazduhoplovnoj industriji zbog dobrih karakteristika u pogledu specifične čvrstoće i krutosti. Pored uštede u masi, izrada velikogabaritnih konstrukcija složenih geometrijskih oblika je znatno olakšana primenom kompozita. Kompozitni sklopovi imaju manji broj elemenata u odnosu na iste sklopove izrađene od metala, što utiče kako na jednostavnost izrade tako i na krutost i čvrstoću čitave konstrukcije [1]. Kompozitne strukture pružaju mogućnost konstruisanja materijala prema osobinama dominantnih opterećenja, čime se može povećati otpornost konstrukcija kako na statička tako i na dinamička opterećenja i poboljšati karakteristike delova u odnosu na pojavu otkaza usled zamora materijala.



Slika 1. Unutrašnjost kabine helikoptera Aerokopter AK1-3 (a) i Robinson R22 (b)

¹ prof. dr Slobodan Stupar dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3302-242, email: sstupar@mas.bg.ac.yu
prof. dr Zlatko Petrović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3302-345, email: zpetrovic@mas.bg.ac.yu
ass. dr Aleksandar Simonović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3302-345, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
mr Dragan Komarov dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3302-345, email: dkomarov@mas.bg.ac.yu

Većina kabina modernih konstrukcija helikoptera su izrađene kombinacijom lakih kompozitnih materijala i aluminijuma. Podovi nekih helikoptera su izrađeni delimično od drveta. Kod većine konstrukcija, konstruktivno rešenje vezivanja kabine za strukturu podrazumeva oslanjanje na prednji nosač stajnog trapa, dok se kod Aerooptera (slika 1a) kabina nalazi ispred stajnog trapa i vezana je za ostatak konstrukcije u četiri vezne tačke preko nosećeg rama poda i veznih tačaka u predelu glavnog reduktora.



Slika 2. Izgled kabine helikoptera Exec 162 F (a) i Schweizer 300 CBI (b)

Prednje vetrobransko staklo se sastoji iz više delova, koji mogu biti uzdužno (Robinson R22 slika 1b) ili poprečno spojeni (Schweizer 300 CBI – slika 2b). Raspored ojačanja vetrobrana znatno utiče na preglednost iz kabine, a neophodno je ostvariti konstrukciju visoke krutosti sa što većom prozirnom površinom.

U cilju efikasnog projektovanja i sprovođenja celokupnog projekta, uključujući izradu delova, neophodno je upotrebiti savremene CAD/CAM softverske pakete još u konceptualnoj fazi razvoja kabine. Pri tome je potrebno pravilno definisati i odabrati konstruktivne parametre čijim promenama je moguće uticati na krajnju konstrukciju u cilju postizanja funkcionalnosti i tehnologičnosti. Na ovaj način se omogućava fleksibilnost modela koja je značajna u daljim fazama projekta za realizovanje kasnijih modifikacija. Promenom parametara vezanih za obli i unutrašnjost kabine obezbeđuje se zahtevana ergonomija konstrukcije.

2. KONSTRUKTIVNI ZAHTEVI

Geometrija, odnosno, dimenzije pilotske kabine vrlo lakog helikoptera moraju biti definisane i usaglašene sa ostalim sklopovima, kao i sa važećim vazduhoplovnim propisima za ovu klasu letelica. Ovakve kabine se najčešće izrađuju od kompozitnih materijala, duralnih profila, duralnih limova, drveta i pleksi stakla (za vetrobran i vrata). Veza između ovih komponenti je izvedena pomoću zavrtneva i zakivaka, a sa staklom obično preko gumiranih elemenata radi postizanja elastičnije veze. Pod je obično sačaste strukture koja je velike čvrstoće a male mase, što je značajno pri projektovanju letelica ove klase.

Prilikom projektovanja kabine i odgovarajuće opreme i delova, pored određenih geometrijskih karakteristika moraju biti ispunjeni zahtevi propisani standardima JAR – VLR [2]:

- Pilotska kabina i oprema u njoj moraju biti takvi da omogućuju pilotu izvođenje aktivnosti bez zamora i preterane koncentracije.
- Ukoliko postoji mogućnost za još jednog pilota, letelicom se mora komandovati sa oba sedišta.
- Vibracije i buka u kabini ne smeju dodatno uticati na bezbednost.
- Pilotska kabina mora biti zaštićena od bljeska i reflektovanja svetlosti koje mogu imati negativan efekat na pilota, što znači da vetrobran kabine mora biti dovoljne širine, dobre vidljivosti i pravilno postavljen da bi letelica bila u bezbednom i operativnom režimu rada.
- Svaki pilot mora biti opremljen zaštitnim elementima da umereniji kišni uslovi ne mogu prekomerno pogoršati njegovu preglednost putanje leta pri normalnom letenju ili prilikom sletanja.
- Vetrobrani i prozori moraju biti izrađeni od materijala koji se ne može razbiti na delove.

3. IZRADA 3D MODELA KABINE

Nakon usvajanja idejnog rešenja, detaljno modeliranje kabine helikoptera je realizovano primenom modula za modeliranje zakrivljenih površina i mašinskih delova programskog paketa CATIA V5 [3] tako da su omogućene jednostavne izmene i modifikacije. Prvobitno konceptualno rešenje kabine koje je parametarski projektovano prema postavljenim zahtevima i ograničenjima, koja su nametnuta konstrukcijom ostatka helikoptera i propisima. Parametrizacijom je omogućeno lako modifikovanje konstrukcije u cilju postizanja jednostavnije izrade i smanjenja broja potrebnih delova. Na pomenuti način je izvršeno povećanje površine prednjeg vetrobrana čime je povećana preglednost iz kabine uz očuvanje željene krutosti. Za razmatranje korisnog prostora kabine i smeštaj pilota korišćen je modul za analizu ergonomije.

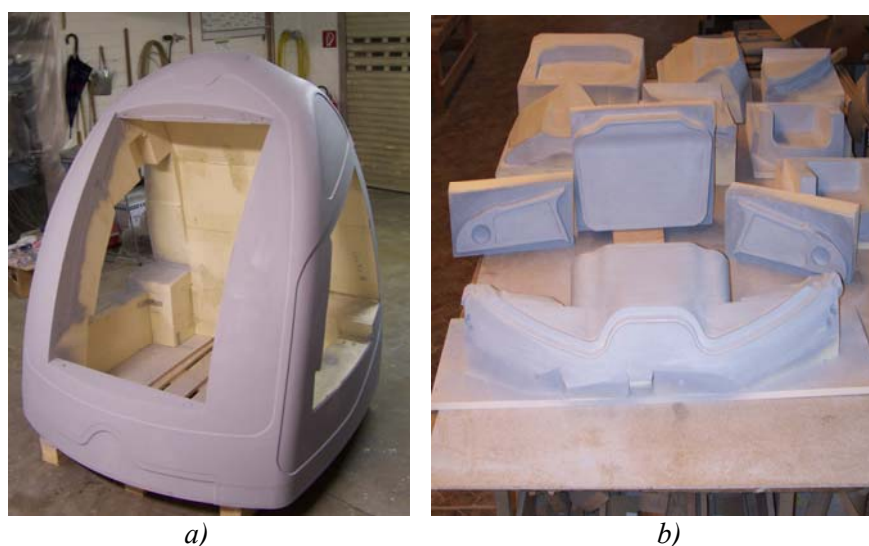


Slika 3. Trodimenzionalni model kabine

4. IZRADA KALUPA ZA PROIZVODNJU KABINE

Trodimenzionalni model kabine helikoptera u odgovarajućem formatu je korišćen kao osnova za automatsko generisanje koda za izradu pozitivna kalupa na numeričkoj mašini. Pozitiv kalupa, prikazan na slici 4a. izrađen je od drveta i drugih lako obradivih materijala iz više segmenata koji su zatim spajani u celinu. Na isti način su izvedeni i ostali elementi koji se nalaze unutar kabine – slika 4b.

Površina pozitivna kabine je fino obrađena i pripremljena za izradu negativna, odnosno kompozitnog kalupa. Na slici 5. je prikazan pozitiv kabine pripremljen za formiranje negativna.



Slika 4. Pozitiv kalupa kabine helikoptera (a) i elemenata unutar kabine (b)



Slika 5. Pozitiv kabine pripremljen za izradu kompozitnog kalupa

Zbog specifičnosti proizvodnog procesa tehnologija izrade kompozitnog kalupa kabine [4], kao i same kabine, je ručna. Na prethodno pripremljeni pozitiv se nanose smola sa očvršćivačem i potreban broj slojeva platana u cilju formiranja kompozitne konstrukcije. Kalup je ojačan dodatnim elementima kako bi se postigla potrebna krutost konstrukcije. Konačna konstrukcija kalupa je prikazana na slici 6.



a) b)
Slika 6. Kompozitni kalup za izradu kabine

Kabina će biti u potpunosti izrađena od kompozitnih materijala sa staklenim i grafitnim vlaknima. Orijentacija vlakana u kompozitu je određena vrstom opterećenja konstrukcije [5]. Kao primer mogu se navesti noseći delovi kabine koji istovremeno predstavljaju ivice prednjeg vetrobrana. Dominantno aksijalno opterećenje ovih delova [6] uticalo je da su vlakna postavljena tako da elementi imaju najbolju otpornost u tom pravcu. Izbor materijala vlakana je određen potrebnom čvrstoćom i krutošću delova. Za razliku od sličnih helikoptera koji imaju pod izrađen od drveta i donji zid kabine ojačan rebrima, pod prikazane kabine će biti formiran od lakog materijala prilagodljivog oblika prema odgovarajućim površinama. Kao i pri izradi kalupa, tehnologija izrade kompozitne kabine je ručna uz primenu vakuumskih folija.

5. ZAKLJUČAK

Razvoj kompozitne kabine od faze konceptualnog dizajna do faze izrade je iterativan, vremenski zahtevan proces. Primenom CAD/CAM tehnologija vreme potrebno od formiranja idejnog rešenja do izrade prototipa je značajno smanjeno, pri čemu je omogućeno jednostavno modifikovanje delova, rekonstrukcija i prilagođavanje novim zahtevima korisnika. Korišćenjem numeričkih mašina uz automatsko generisanje koda iz trodimenzionalnog modela izrada prototipa je ubrzana i olakšana. Međutim, specifičnosti kompozitnih

materijala zahtevaju manuelnu radnu snagu u većem delu procesa izrade kompozitnih kalupa i delova, što zahteva kvalitetno obučene ljudske resurse i utiče na povećanje cene konačnog proizvoda. Automatizacija proizvodnje kompozitnih delova gde za to postoje mogućnosti, je isplativa samo za velike serije, te je u fazi izrade prototipa neprihvatljiva. Prikazane metode razvoja i izrade kompozitne kabine su u potpunosti prihvatljive za proizvodnju helikoptera u relativno malim serijama. Izradom potpuno kompozitne konstrukcije kabine ostvarena je ušteda u masi između 5 % i 10 %. Pored smanjenja mase, primenom kompozita u proizvodnji omogućena je izrada kompletne kabine kao jednog elementa.

6. LITERATURA

1. Michael C. Y. Niu „Composite Airframe Structures”, Technical Book Company, 1992.
2. Standard JAR – VLR, Joint Aviation Authorities, 2003.
3. CATIA V5 User’s Documentation, Dassault Systemes, 2003.
4. Cindy Foreman „Advanced Composites”, Jeppesen Sanderson, 1990.
5. Valery Vasiliev, Evgeny Morozov “Mechanics and Analysis of Composite Materials”, Elsevier Science Ltd, 2001
6. M. Nenadović, Osnovi projektovanja i konstruisanja helikoptera, Soko – RO Vazduhoplovstvo Mostar. Beograd, 2003

Abstract

Cabin development process for very light helicopter from conceptual design to mold production is described in this paper. According to specific restrictions of JAR – VLR standard, cabin is produced completely as composite structure during project no. TR – 18029 financed by Ministry of science of Republic Serbia. Cabin conceptual design in accordance with ergonomics requirements is improved in software CATIA V5. Developed 3D model is used as basis for generation of technical documentation for cabin mold production. By use of appropriate CATIA V5 modules time required from concept development to production has been reduced significantly.

Simonović A., Živković R., Obradović A., Trivković S.¹

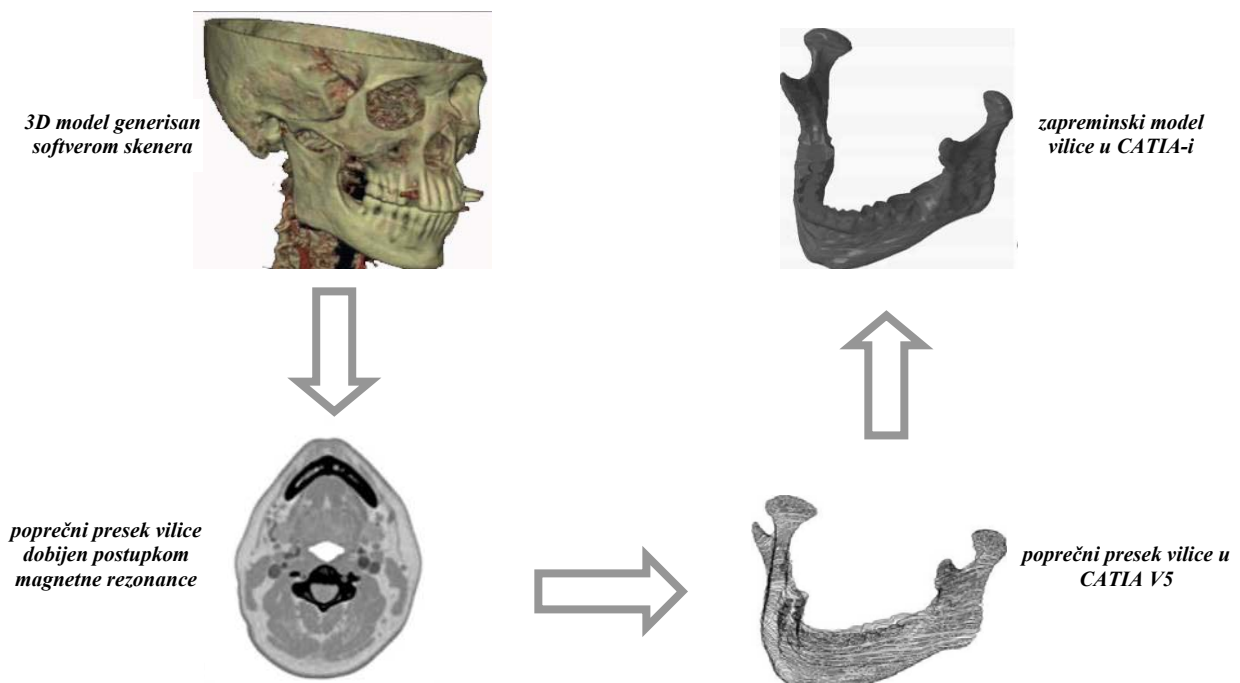
ANALIZA NAPONSKO-DEFORMACIONIH STANJA VILIČNOG ZGLOBA

Rezime

U radu je opisan postupak analize naponsko-deformacionih stanja spoja ljudske vilične i slepoočne kosti. Nemogućnost empirijske akvizicije nameće potrebu sprovođenja numeričke simulacije u cilju identifikacije pomeranja i naponskog stanja. Trodimenzionalni model razvijen na osnovu snimka magnetno-rezonantnog skenera predstavlja osnovu za generisanje konačnoelementnog modela viličnog spoja sa artikulacionim diskom kao najopterećenijim segmentom. Nelinearnom konačnoelementnom analizom, identifikovane su zone najvećeg opterećenja artikulacionog diska u toku kretanja vilične kosti.

1. UVOD

Mogućnosti određivanja naponsko - deformacionog stanja, koji se javljaju na hrskavičavim i koštanim strukturama kao i njihovim vezivnim tkivima, prilikom kretanja su ograničene. Ponašanje viličnog zgloba tj. spoj donje vilične i slepoočne kosti, kao jednog od najopterećenijih elemenata ljudskog tela, još uvek nije u dovoljnoj meri ispitano usled nemogućnosti empirijske akvizicije. Stoga je potrebno, kao doprinos malobrojnim i nepotpunim eksperimentalnim podacima, izvršiti analizu naponsko-deformacionih stanja ovog spoja, upotrebom savremenih informacionih tehnologija.



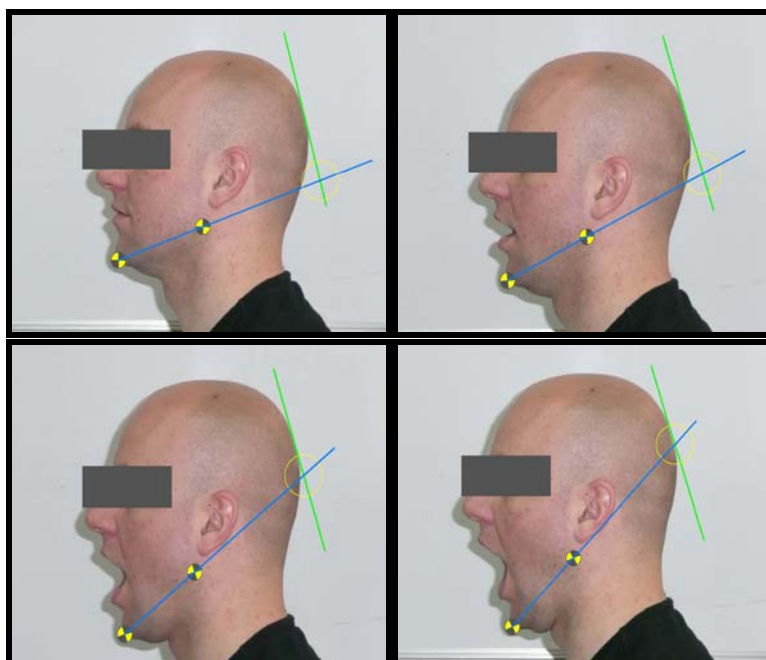
Slika 1. Proces dobijanja 3D modela vilične kosti

¹ dr Aleksandar Simonović, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.rs
mr sci dr Rade Živković, Stomatološki fakultet Beograd, email: rade_z@mas.bg.ac.rs
prof. dr Aleksandar Obradović, Mašinski fakultet Beograd, email: aobradovic@mas.bg.ac.rs
Srdjan Trivković, dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: strivkovic@mas.bg.ac.rs

U radu je prikazan postupak analize naponsko-deformacionih stanja viličnog zgloba koji predstavlja osnovu za detaljnija ispitivanja opterećenja složenih struktura kao što je spoj viličnih kostiju gornje i donje vilice. Izradi proračunske mreže koja predstavlja osnov za strukturalnu analizu, tj proračun napona i deformacija konačnoelementnom metodom, prethodila je izrada geometriskog modela vilice [1]. Modeliranje ljudske kosti mandibule je izvršeno na osnovu podataka dobijenih magnetnom rezonancom, segmentnim postupkom. Kako bi se postigla potrebna tačnost softverskom obradom eliminisane su anomalije sa snimaka. Usled složenosti geometrije vilice, izrada geometrije i obrada poprečnih preseka viličnog zgloba izvršene su u AutoCad-u. Dvodimenzionalne krive dobijene ovi putem integrisane su u programski paket CATIA V5 radi izrade 3D modela i generisanja osnove konačnoelementnog modela.

2. ANALIZA

Simulacijom procesa otvaranja vilice izvršena je analiza naponsko-deformacionih stanja viličnog spoja metodom konačnih elemenata. Relativne promene položaja donje vilične kosti i gornje vilične kosti kao dela lobanje utiču na raspodelu polja napona unutar viličnog spoja. Određivanje relativnog kretanja kostiju gornje i donje vilice je izvršena empirijski, na bazi digitalnog snimanja (slika 2.) i obrade dobijenih rezultata.



Slika 2. Digitalna obrada slike relativnog kretanja vilice modela

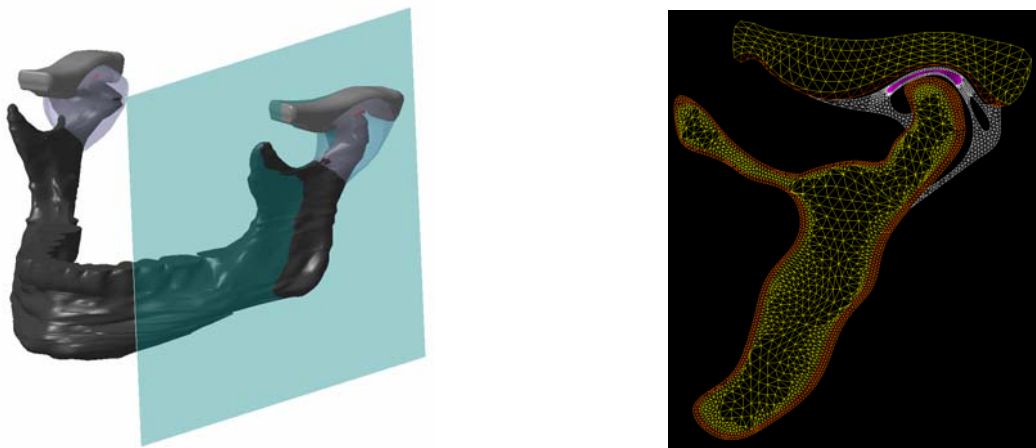
Formiran trodimenzionalni model – CAD model vilične i slepoočne kosti predstavlja osnovu za formiranje konačnoelementnog modela.

Kontaktna nelinearna analiza naponsko-deformacionih stanja elemenata viličnog spoja, izvršena je u ravni koja je paralelna sagitalno medijalnoj ravni (slika 3.), ne uzimajući u obzir bočno kretanje vilične kosti kao netipičnog pokreta.

Konačnoelementni model je formiran diskretizacijom geometrijskog preseka ravni sa donjom viličnom kosti, bilaminarnom zonom, artikulacionim diskom i delom gornje vilične kosti.

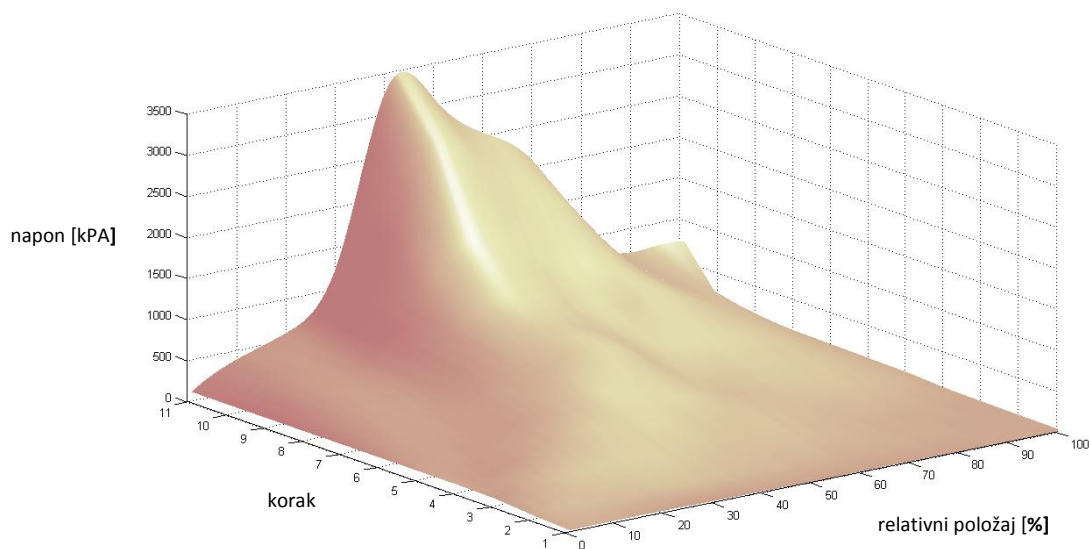
Kontinuum je diskretizovan konačnim elementima tipa trougao. Zone konačnoelementnog modela su posebno diskretizovane: spongiozni delovi gornje i donje vilice ($E=13700$ MPa, $\nu=0.3$), konrtikularni delovi gornje i donje vilice ($E=7930$ MPa, $\nu=0.3$), artikulacionog diska ($E=44.1$, $\nu=0.4$), bilaminarne zone ($E=0.49$ MPa, $\nu=0.49$) [4].

Analiza naponsko-deformacionog stanja spoja vilice izvršena je u 11 koraka koji odgovaraju empirijski dobijenim relativnim položajima (slika 2.)



Slika 3. Ravan i njen geometriski presek sa vilicom

Analiza rezultata proračuna ukazuje na zonu koncentracije napona na artikulacionom disku kao najopterećenijem delu viličnog zgloba. Dobijeni rezultati za najopterećeniji deo viličnog spoja – artikulacioni disk prikazani su na slici 4 i to tako da je po jednoj osi zadata, vrednost ekvivalentnog napona, po drugoj relativni položaj duž artikulacionog diska i po trećoj osi je zadato 11 relativnih položaja-koraka.



Slika 4. Rezultati analize naponsko-deformacionih stanja duž artikulacionog disk

3. ZAKLJUČAK

Ovaj rad demonstrira na mogućnosti integrisanja savremenih informacionih tehnologija i prednosti upotrebe savremenih kompjuterski orjentisanih metoda u složenoj problematici indentifikacije naponsko-deformacionih stanja hrskavičavih i koštanih struktura. Kompleksna geometrija vilične kosti kao i kompleksnost postupka nelinearne konačnoelementne analize zahteva generisanje fleksibilnog konačnoelementnog modela koji omogućava sprovođenje efikasne i kvalitetne nelinearne kontaktne analize uzimajući u obzir namene i cilj analize. Primenom računarski orjentisanih metoda moguće je steći uvid u naponsko-deformaciono stanje kompleksnih skeletnih struktura i u sprezi sa eksperimentalnim podacima doći do novih značajnih saznanja.

4. LITERATURA

1. Simonović A., Živković R., Stanojević M., Komarov D. - Geometrisko modeliranje i izrada 3D modela donje vilice, 33. Jupiter konferencija 2007.
2. CATIA V5 User's Documentation, Dassault Systemes, 2003.
3. Zachowa S., Lamecker H., Elsholtz B., Stiller M. - Reconstruction of mandibular dysplasia using a statistical 3D shape model, Elsevier Science, 2005.
4. E. Tanaka, R del Pozo, M. Tanaka, D. Asai, M. Hirose, T. Iwabe, K. Tanne, Three dimensional finite element analysis of human temporomandibular joint with and without disc displacement during jaw opening, Medical Engineering & Physics 26,2004, 503-511
5. M. Beek, J.H. Koolstra, L.J. van Ruijven, and T.M.G.J van Eijden, Three dimensional Finite Element Analysis of the Cartilaginous Structures in the Human Temporomandibular Joint, Journal of Dental Research, 2001, 80,10

STRESS-STRAIN ANALYSIS OF HUMAN JAW JOINT

Abstract

The paper describes process of stress-strain analyses of human upper and lower jaw joint. The inability of empirical acquisition imposes the need for the implementation of numerical simulation in order to identify displacements and stress state. Three-dimensional model developed on the basis of magnetic-resonance scanner is the basis for generating final-element jaw joint model with articulatory disc as most loaded segment. Nonlinear finite-element analysis, identify most loaded areas of articulatory disc during jaw bone movement.



Prof. dr Božidar Rosić, docent dr Mileta Ristivojević, Novica Janković, dipl. inž. maš., Mr Dragiša Skoko, dipl. inž. maš.¹

STRUKTURALNA OPTIMIZACIJA CILINDRIČNIH ZUPČANIKA

U radu su predstavljene aspekte primene karakterističnih modula softverskog paketa CATIA na primeni: modeliranja, sklapanja, analize naponsko-deformacionog stanja cilindričnih zupčanika velikih gabarita. Primenom metode konačnih elemenata, razmatran je i uticaj presovanog spoja vratila i glavčine na naponsko-deformaciono stanje zupčanika. U okviru modula za optimizaciju definisani su funkcija cilja i funkcionalna ograničenja i određen optimalni konstrukcioni oblik cilindričnih zupčanika.

1. UVOD

Zupčasti prenosnici primenjuju se u širokom dijapazonu ugaonih brzina i opterećenja, tako da se mogu primeniti u mnogim područjima tehnike, u odnosu na ostale tipove prenosnika. Zato posebnu pažnju treba posvetiti konstruisanju zupčastih prenosnika i u pojedine faze procesa konstruisanja uvesti visokosofisticirane pakete programa i savremene eksperimentalne metode, da bi obezbedili pouzdane konstrukcije zupčastih prenosnika u svim uslovima eksploatacije. Pri tome, na razvijenom virtuelnom geometrijskom modelu prenosnika mogu se proveriti postavljeni zahtevi u pogledu željenih performansi, pre nego što se fizički izradi prototip zupčastog prenosnika.

Prema klasičnim postupcima određivanja naponskog stanja zubac se aproksimira mehaničkim modelom u obliku konzole, koji je uklješten u telu zupčanika. Usvojeni mehanički model predstavlja grubu aproksimaciju zupčanika tankog venca, pošto nije uzet uticaj radijalne visine venca na napone u podnožju zupca. Problem određivanja naponsko-deformacionog stanja zupčanika sa vencem relativno male radijalne visine je kompleksan i zahteva primenu metode konačnih elemenata [1], [2].

Visokosofisticirani paket programa CATIA omogućava simulaciju naponsko-deformacionog stanja presovanog spoja vratila i glavčine zupčanika u zavisnosti od izabranog naleganja. Na taj način, s aspekta radne sposobnosti mogu se definisati funkcionalna ograničenja za zupčanik, odrediti domeni primene svih relevantnih veličina i postaviti odgovarajući optimizacioni model, u cilju određivanja optimalnog konstrukcionog oblika zupčanika.

Minimalna masa zupčastih parova u konstrukciji zupčastog prenosnika je izuzetno bitna performansa prenosnika s aspekta dinamičkog ponašanja, tehnološkičnosti i ekonomičnosti izrade zupčastih parova. Pri tome, između relevantnih geometrijskih veličina zupčanika i lokalnih ekstremnih vrednosti napona može se uspostaviti odgovarajuća korelacija.

U ovom radu, razmatra se model najčešće korišćenog kovanog konstrukcionog oblika cilindričnog zupčanika velikih gabarita, odnosno dimenzija.

U skladu sa napred izloženim proizlazi da je problemu modeliranja i optimizacije zupčanika neophodno pristupiti sistemski kako bi se uspešno mogli rešiti i drugi konstrukcioni oblici zupčanika.

¹ Prof. dr Božidar Rosić, docent dr Mileta Ristivojević, Novica Janković, dipl. inž. maš., Mr Dragiša Skoko, dipl. inž. maš., Mašinski fakultet u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11000 Beograd.

2. MODELIRANJE I SIMULACIJA

Modeliranje je izvršna operacija procesa formiranja 3D solid modela cilindričnog zupčanika na osnovu 2D skice. To znači da bi se kreirao određeni konstrukcioni oblik zupčanika neophodno je prvo definisati poprečni presek – ravanski prikaz u "sketcher" okruženju. Formiranje 3D modela cilindričnog zupčanika bazira se na kreiranju formi - "features" u PART modulu CATIA programa.

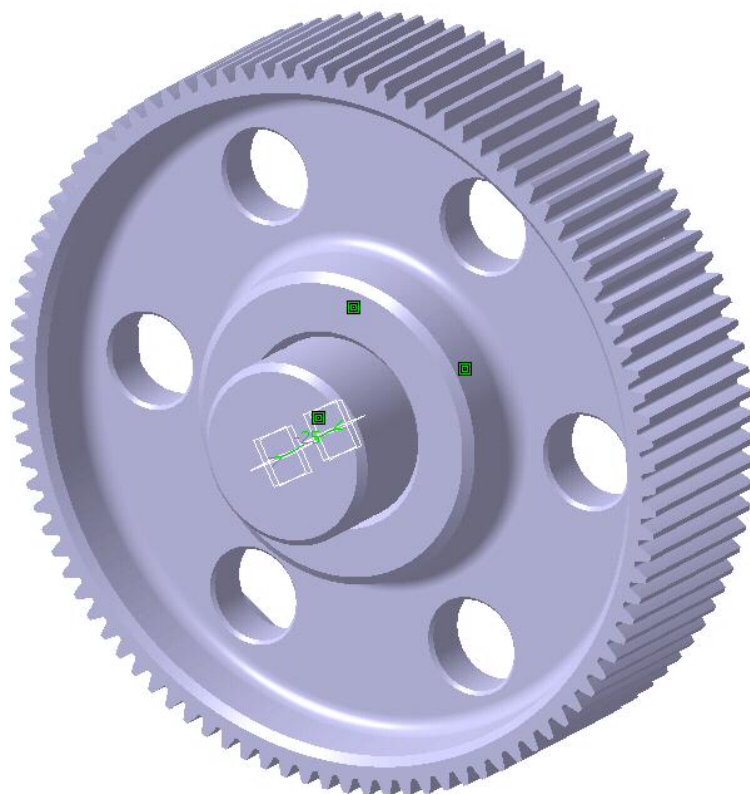
U opštem slučaju, zupčanik sastoji se od ozubljenog venca na kome su izvedeni zupci, tela i glavine. Oblik tela zupčanika zavisi, pre svega od njegovih gabarita - dimenzija, mogućnosti i ekonomičnosti izrade i potrebne krutosti zupčanika.

Tela većih zupčanika imaju pločast oblik sa različitim konstrukcionim formama i takav oblik je ekonomičan, jer se lako ostvaruje livenjem, kovanjem ili zavarivanjem. U pločama se obično prave otvori, radi manje mase zupčanika ili lakše montaže u konstrukciji prenosnika.

Geometrijski oblika profila zubaca cilindričnih zupčanika definisan je na bazi razvijenog analitičko-kinematskog modela [3] i sačinjenog je kompjuterskog programa *GEOMS*. Program je koncipiran tako da na osnovu ulaznih parametara za zadati zupčasti par konstruktoru u interaktivnom postupku omogući određivanje koordinata profila zubaca zupčanika i odgovarajućeg crteža, na osnovu primene odgovarajućeg programa za grafičku podršku.

"Assembly" je jedan od modula paketa programa CATIA, koji omogućava simulaciju sklapanja formiranih delova (partova) u sklop, uz mogućnost interaktivne dorade i u okviru sklopa. Pri sklapanju se može proveriti i vrsta naleganja između komponenti. Postupak sklapanja komponenti odvija se postavljanjem odgovarajućih ograničenja (Constraints), kojim komponente zauzimaju željeni položaj u sklopu.

Na slici 1. prikazan je sklop cilindričnog zupčastig para koji je definisan odgovarajućim ograničenjima u "Assembly" modulu.



Slika 1. 3D solid model, kovanog konstrukcionog oblika zupčanika.

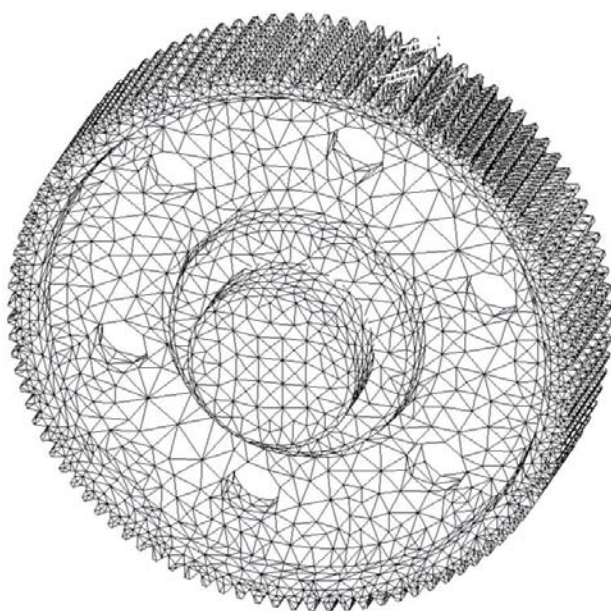
3. ANALIZA NAPONSKO – DEFORMACIONOG STANJA

Primena MKE odvija se načelno u tri glavne faze i to:

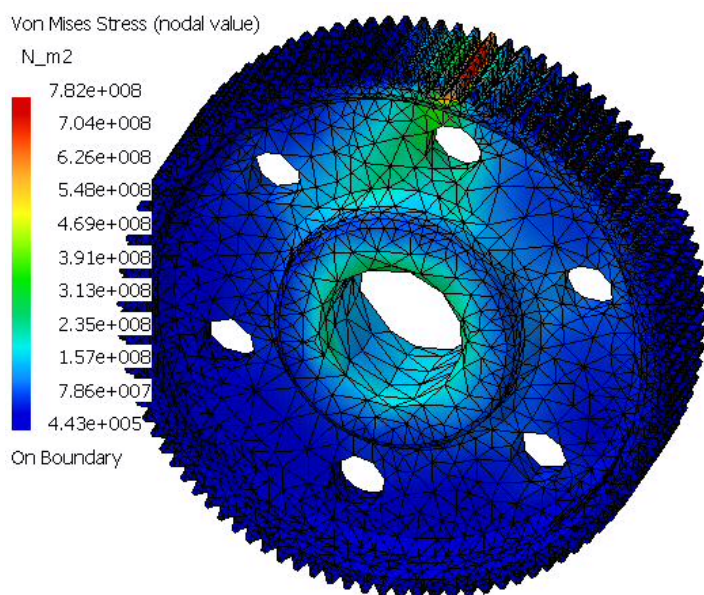
- predprocesna faza u kojoj se vrši formiranje mreže konačnih elemenata kao i definisanje graničnih uslova i opterećenja.
- faza procesiranja, odnosno faza neposrednog izračunavanja vrednosti napona numeričkim putem u svakom od čvorova.
- postprocesing, faza koja se sastoji u analizi dobijenih rezultata stanja napona i deformacija.

U prvoj fazi se formira mreža konačnih elemenata solid modela – cilindričnog zupčanika, koja je prilagođena očekivanoj raspodeli napona. U zoni koncentracije napona formirana je gušća mreža konačnih elemenata, dok se na mestima gde se ne očekuju singulariteti uzeti konačni elementi većih dimenzija. Model kovanog zupčanika podeljen je na 77633 tetraedara, sa ukupno 18965 čvorova, kao što je prikazano na slici 2.

Izračunavanje vrednosti napona i deformacija MKE u programskom paketu CATIA, zasniva se na specifičnom deformacionom radu po jedinici zapremine, odnosno hipotezi Hubera (Huber) i Mizesa (Mises) o slomu materijala. Na slici 3 prikazano je naponsko stanje, tj. vrednosti napona izračunatih po pomenutoj hipotezi Mizesa.



Slika 2. Mreža konačnih elemenata kovanog zupčanika



Slika 3. Naponsko stanje kovanog zupčanika

Na slici 3 se jasno uočavaju zone povećane vrednosti napona usled delovanja opterećenja na bok zupca, kao i uticaja presovanog spoja glavčine zupčanika sa vratilom.

4. Optimizacija parametara

Strukturalna optimizacija cilindričnog zupčanika izvedena je unutar programskog paketa programa CATIA primenom modula "Product Engineering Optimizer" nad parametiziranim modelom zupčanika.

Na osnovu modula "Design of Experiments" uspostavljena je korelacija između svih relevantnih geometrijskih veličina zupčanika i lokalnih ekstremnih vrednosti napona.

U skladu sa napred izloženim može se formulisati optimizacioni zadatak, presovanog spoja vratila i zupčanika, u obliku sledeće relacije:

$$\min_{\bar{x} \in D} m(\bar{x})$$

(4.1)

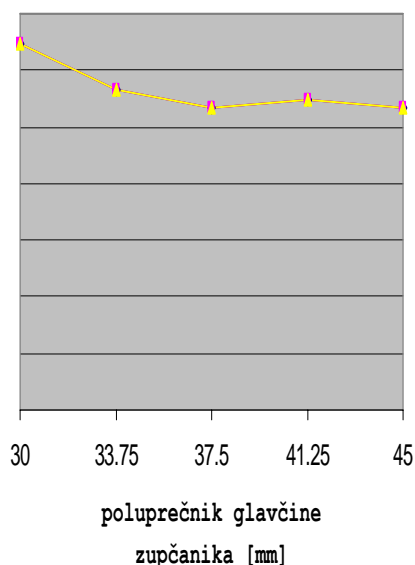
pri čemu je:

$m(\bar{x})$ - masa zupčanika,

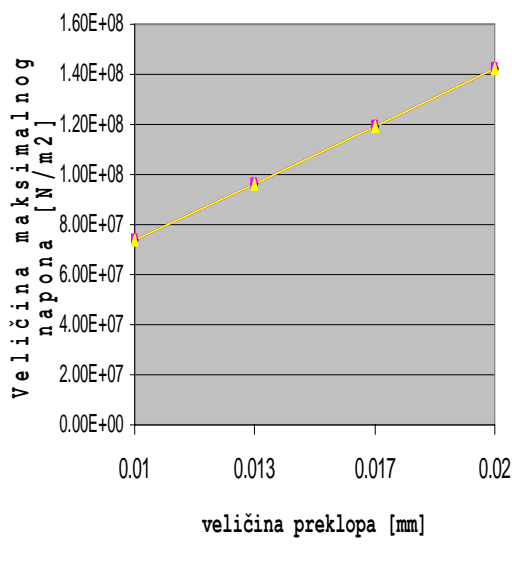
$\bar{x} = \bar{x}(x_1, \dots, x_n)$ - vektor promenljivih veličina,

$$D = \left\{ \bar{x} \in R^n \mid \frac{[\sigma_F]}{\sigma_F} - S_F > 0 \wedge \frac{[\sigma_T]}{\sigma_i} - S > 0 \right\} - \text{dopustivi prostor}$$

Slike 5 i 6 su grafička interpretacija dobijenih rezultata programa, odnosno funkcionalna zavisnost maksimalnog lokalnog napona presovanog spoja od prečnika glavčine i od veličine preklopa.

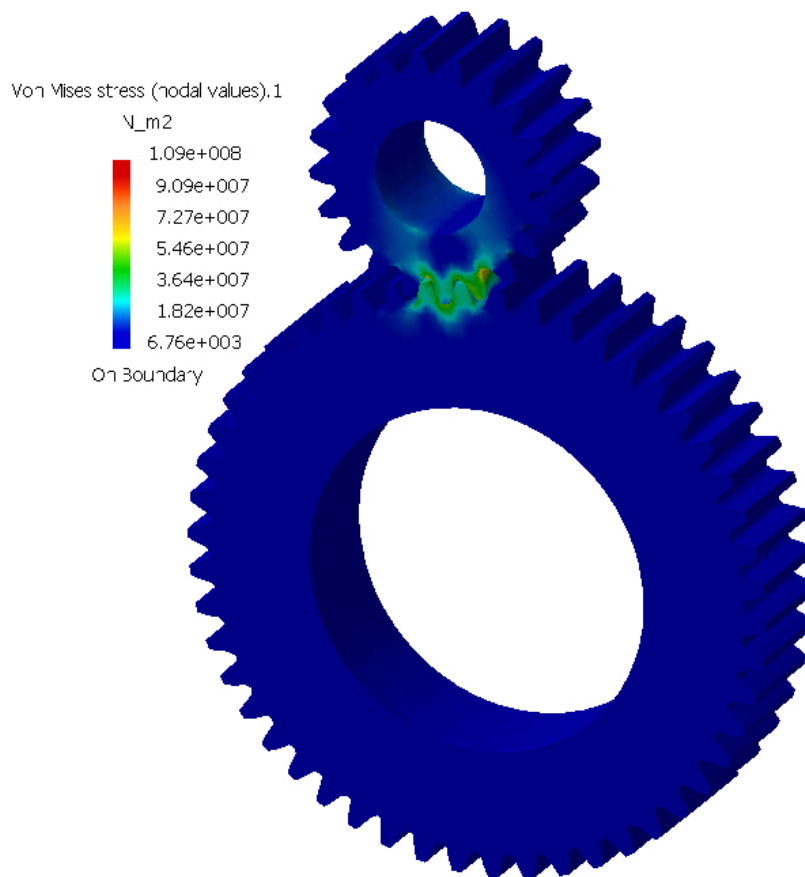


Slika 5. Zavisnost maksimalnog napona od prečnika glavčine



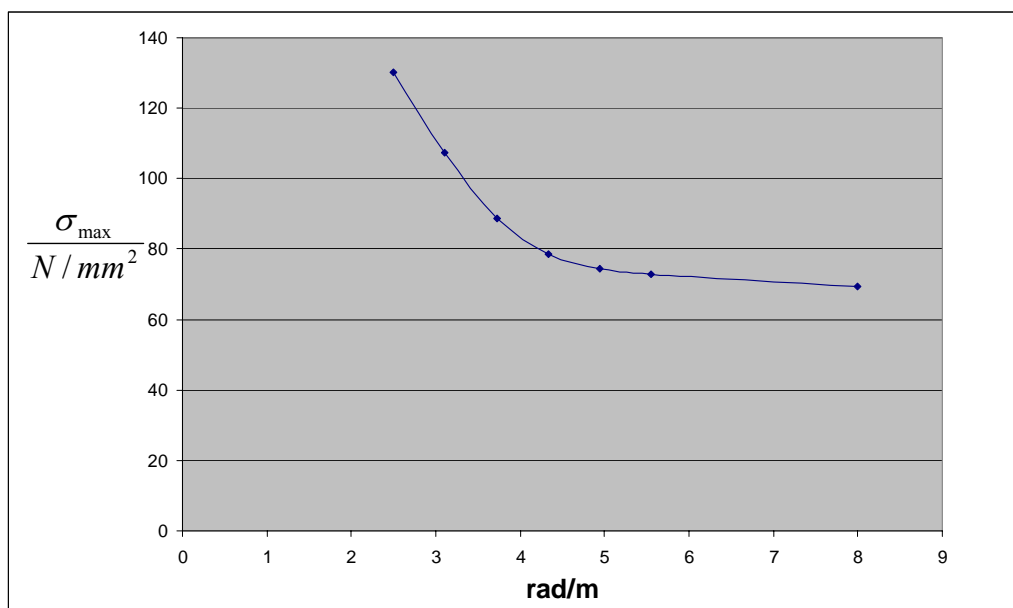
Slika 6. Zavisnost maksimalnog napona od veličine preklopa

Na slici 7 prikazana je raspodela napona za zupčasti par koji se spreže u proizvoljnom trenutku vremena.



Slika. 7. Raspodela napona za zupčasti par

Na dijagramu je prikazan uticaj radialne visine oboda zupčanika na napone u podnožju zuba. Na osnovu dobijenih rezultata proizilazi da je uticaj dominantan za vrednosti od 2.5m do 3.5m. Za vrednosti veće od 6m na napone u podnožju nema uticaja radialne visine venca u zupčaniku, tj. oni konvergiraju nominalnim naponima zupčanika sa punim telom.



Slika. 8. Uticaj radialne visine oboda zupčanika na napone u podnožju zuba

5. ZAKLJUČAK

Savremena, tržišno orijentisana proizvodnja, zahteva donošenje odluka u pogledu izbora "najboljeg" konstrukcionog rešenja još u fazi projekta. Uspešno rešavanje ovog zahteva postiže se primenom visokosofisticiranog paketa programa CATIA u procesu konstruisanja, radi definisanja optimalnog konstrukcionog oblika zupčanika. Na osnovu modula za optimizaciju "Design of Experiments" uspostavljena je korelacija između svih relevantnih geometrijskih veličina zupčanika i lokalnih ekstremnih vrednosti napona, tako da donosilac odluke – konstruktor može uspostaviti sve uzročno – posledične veze između ulaznih i izlaznih veličina programa CATIA.

Literatura

1. Gladwell G.M.L., Elements of structural optimization, Kluwer Academic Publishers, 1992.
2. Papalambros P.Y., Wilde D.J. Principles of optimal design, Cambridge University Press, 2000.
3. Colbourne J.R., The geometry of involute gears, Springer-Verlag, New York, 1987. god.

STRUCTURAL OPTIMIZATION OF CYLINDRICAL GEARS

Some of the application aspects, for CATIA software characteristic modules, on modeling, assembling and stress-strain analysis of the large cylindrical gears are described in this paper. Using fine element method, influence of the shaft and hub pressure joint on the stress-strain condition is discussed. Into the optimization module: target function, functionally limits and optimal constructional profile of the cylindrical gears are defined.

A. Mitrović ¹, S. Radonjić ², P. Nikšić ³

UPOTREBA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE URAĐENE U PROGRAMU CATIA U PROCESU SEČENJA NA LASERU ILI WATER JET-U

Rezime: U radu je, kroz primer, opisana upotreba tehničke dokumentacije urađene u CATIA-i u softverskom paketu Bysoft za izradu delova na laseru ili water jet-u firme Bystronic koja se koristi u preduzeću „SLOVAS” u Čačku.

Ključne reči: Bystronic, Bysoft, CATIA, laser, water jet

1. UVOD

Jedna od vodećih firmi u svetu za izradu lasera, water jet-a i CNC presa je švajcarska firma *Bystronic*. Preduzeće Slovas u svojoj proizvodnji ima implementirane veoma napredne CNC mašine ove firme. Navedene mašine povezane su jedinstvenim rešenjem firme *Bystronic* koja se zove *Bysoft*. To je softverski paket koji u sebi objedinjuje kompletnu mrežu koja se nalazi između lasera, water jet-a i prese. Na taj način sa jedne centralne lokacije se izrađuju programi koji se mogu direktno sa mašina pozivati i automatski određenim tehnološkim postupcima dobiti gotovi programi. Drugim rečima, delovi koji su urađeni u CATIA-i, zatim snimljeni u *.dwg ili *.dxf formatu, sa lakoćom se importuju u *Bysoft*, gde se prvo zadaje kontura izrade a samim tim i tehnologija. Nakon toga, u zavisnosti od karakteristika materijala, odlučuje se da li će se delovi seći na water jet-u ili laseru. Ukoliko je u pitanju komad koji zahteva naknadnu obradu savijanjem, programi koji su napravljeni za laser ili water jet automatski se kasnije obrađuju u dodatnom delu *Bysofta* gde se izrađuju gotovi programi za savijanje.

2. TEHNIČKE MOGUĆNOSTI LASERA, WATER JET-a, I PRESE

Da bi se stekla kompletna slika mogućnosti proizvodnog sistema koji je zastupljen u preduzeću Slovas treba se osvrnuti na tehničke mogućnosti mašina.



Slika 1. Laser Byspeed 4020

¹ Anđelija Mitrović, dipl.maš.ing i prof.teh.i inf., Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Svetog Save 65, Čačak, e-mail: mitrovic.andjelija@gmail.com

² Prof. dr Snežana Radonjić, Tehnički fakultet, Svetog Save 65, Čačak, e-mail: snezar@tfc.kg.ac.rs

³ dr Petar Nikšić, profesor, Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Svetog Save 65, Čačak, e-mail: niksap1@ptt.rs

Lasera tipa *Byspeed 4020* [1] je laser najnovije generacije. To je mašina koja brzinom sečenja tankih limova daleko nadmašuje sve prethodne modele lasera koje su *Bystronic* i njegova konkurencija proizvodili. Poređenja radi, neke poslove kao što je sečenje čeličnih limova debljine 10 mm koje bi klasičan laser obavljao za 330 do 360 minuta, ovaj laser može da uradi za 160 minuta. Samim tim, ovaj tip lasera pokazuje drastičnu razliku u brzini izrade komada, što je danas veoma bitno, jer se često dešava da su kratki rokovi za izradu odgovarajućih poslova. Pri tome, treba naglasiti i veliku preciznost ove mašine što ranije nije bio slučaj sa laserima. Kod limova do 6 mm debljine, ova mašina ima tačnost izrade do jedne desete, na limovima debljine do 10 mm tačnost varira do tri desete, što su izuzetni rezultati jer često izrada takvih komada ne zahteva dodatnu obradu što i jeste cilj zbog pojeftinjenja same proizvodnje.

Laser se koristi isključivo za sečenje metala i to ne svih vrsta. On može da seče nerđajuće čelike i kiselo otporne čelike do debljine 10 mm čije sečenje vrši laserski zrak. U procesu sečenja potrebno je dodavati odgovarajući gas kako bi se moglo izvršiti sečenje. Kod navedenog lasera koristi se kiseonik i azot. Kada se seku nerđajući čelici, kiselo otporni, vatrootporni čelici, koristi se azot a u slučaju sečenja ugljeničnih čelika koristi se kiseonik, s tim što ugljenične čelike laser može da seče do debljine 25 mm. Laser može da seče i aluminijum, s tim što je rez nešto lošijeg kvaliteta jer su veliki problem provodnici. Aluminijum je dobar provodnik tako da njegova maksimalna debljina iznosi 15 mm i pri većim brzinama kvalitet reza može da bude još lošiji. Isto tako laser može da seče mesing i bakar do debljine 3 mm a oni su još veći provodnici i rez zna da drastično izgubi na kvalitetu.

Water jet tipa *Byjet 6030* [2] firme *Bystronic* je CNC mašina velikih mogućnosti za sečenje najrazličitijih vrsta materijala u širokom opsegu debljina. Sečenje se ostvaruje sa vodom pod pritiskom od 3600 bar-a, pri čemu se kao abrazivno sredstvo dodaje kvarcni pesak. Mašina ima dve glave, tako da ima veliku produktivnost i predstavlja jednu od najsavremenijih mašina tog tipa, pošto je tek ovih godina *Bystronic* počeo da proizvodi modele koji imaju četiri glave.



Slika 2. Water jet Byjet 6030

Neke od vrsta materijala koje se mogu seći na water jet-u su: metali (aluminijum, čelici, nerđajući čelici, bakar, ...), staklo, keramika, mermer, guma, plastika, koža, sunder itd. Problemi pri sečenju se javljaju samo kod ekstremno tvrdih materijala npr. neki tipovi keramika namenjenih za izradu noževa za mlevenje prohroma, ili kod krutih materijala kao što je: kaljeno staklo, neke vrste veštačkih mermera itd.

Presma *Bystronic* tipa *Byeler Xpert 150* [3] savija komade do tačnosti od dve desete, što je izuzetna tačnost za mašine ovog tipa i ako se uzme u obzir tačnost izrade delova od tankih limova na laseru čija je preciznost jedna deseta dobija se ekstra precizna mašina tačnosti izrade savijenih delova. Mašina može da savija komade dužine do 3 m i limove debljine do 6 mm.

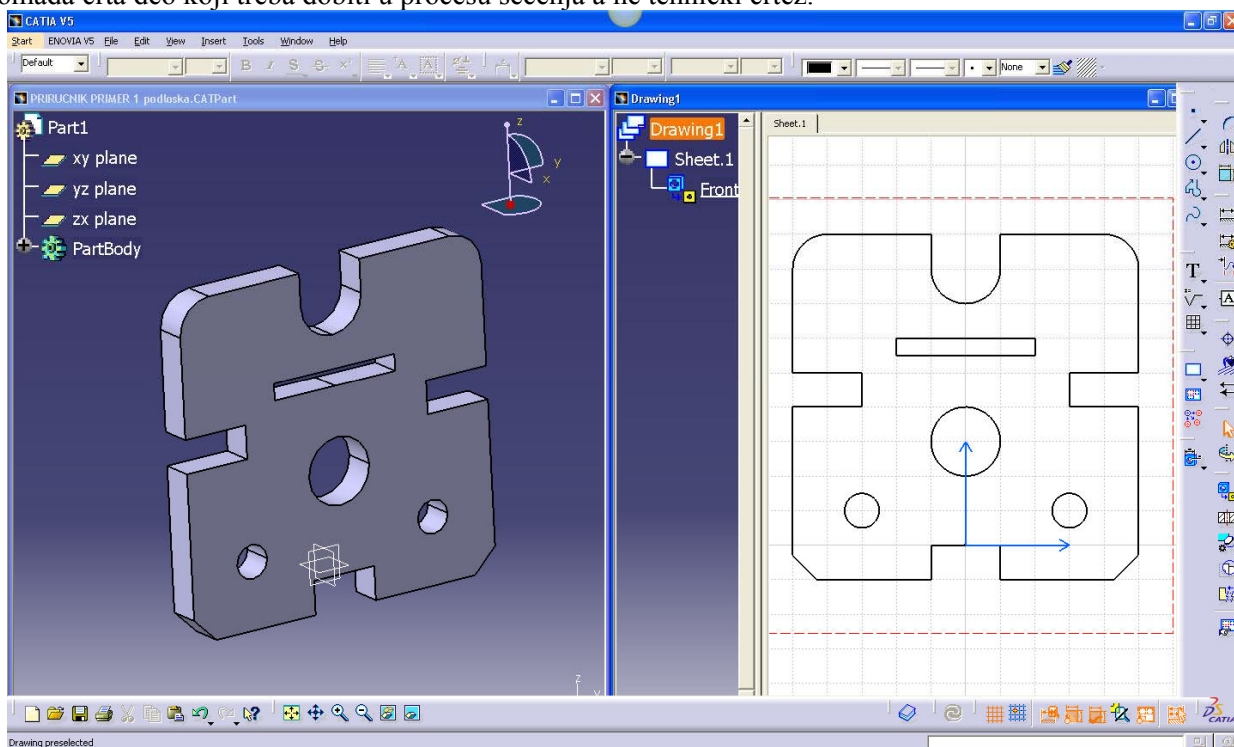


Slika 3. Presa Byeler Xpert 150

Ako se sagleda celokupna slika ovog proizvodnog sistema firme Bystronic koji je zastupljen u preduzeću Slovas dobija se jedna ozbiljna proizvodna celina koja može da izade u susret gotovo svim zahtevima današnje industrijske proizvodnje.

3. UBACIVANJE CRTEŽA IZRAĐENOG U CATIA-i U PROGRAM BYSOFT

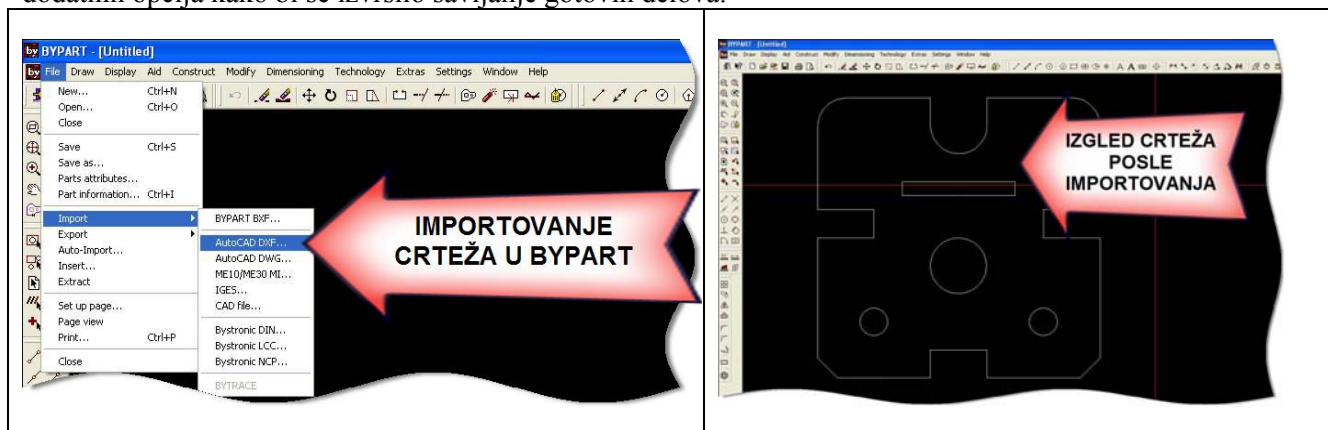
U radu sa laserom i water jet-om najpogodniji oblika crteža je crtež izrađen u CATIA-i. Crtež izrađen u ovom softverskom paketu ne zahteva pripremu, odnosno dodatnu obradu kako bi bio upotrebljiv. Na taj način, zahvaljujući jednostavanom radu postiže se ušteda vremena, što je u današnje vreme veoma značajno. Na primeru podloške, kroz nekoliko koraka, opisan je postupak upotrebe crteža izrađenog u CATIA-i. Na slici 4 prikazan je CATIA ekran [4] pri čemu je u meniju *Window* selektovana opcija *Tile Vertically*, čime je ekran podeljen na dva dela od kojih jedan sadrži *Part* a drugi *Drawing*. Treba napomenuti da se za izradu gotovog komada crta deo koji treba dobiti u procesu sečenja a ne tehnički crtež.



Slika 4. Prikaz CATIA ekrana podeljenog na dva dela

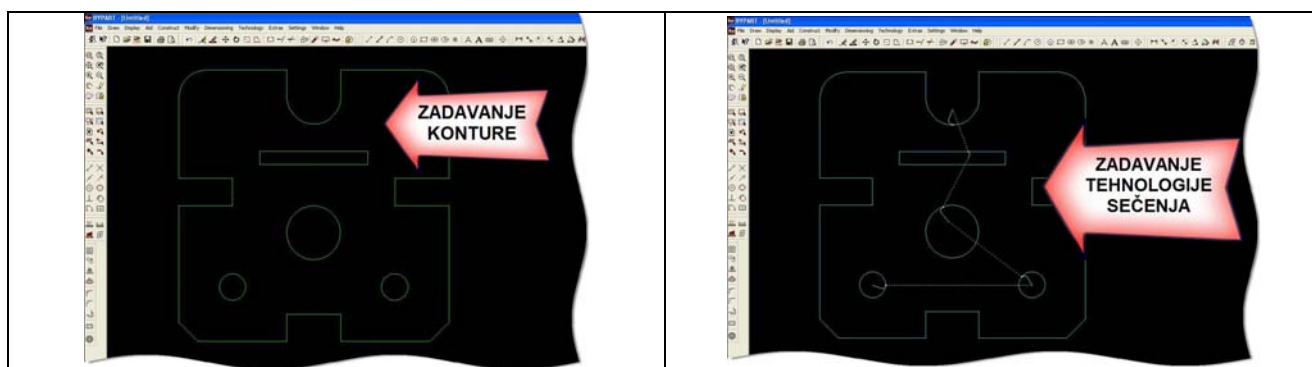
Crtež koji je urađen u CATIA-i, snima se u *.dwg ili *.dxf formatu (jer je to jedini način da *Bysoft* prepozna crtež), a zatim importuje u *Bypart* (slika 5) i otvori crtež. *Bypart* je jedan od modula *Bysoft-a* koji služi za izradu delova sečenjem na laseru ili water jet-u. Ako se delovi savijaju ulazi se u dodatni modul programa

Bysoft-a koji se zove *Bybend* i koji omogućava da se već napravljeni delovi u *Bypart-u* iskoriste za zadavanje dodatnih opcija kako bi se izvršilo savijanje gotovih delova.



Slika 5. Importovanje i izgled crteža posle importovanja u *Bypart-u*

U *Bypart-u* se zatim definiše šta se seče tj definiše se kontura koja treba da pozeleni. Kada kontura pozeleni pritisne se dugme automatska tehnologija čime se zadaje kuda laser treba da seče i gde su ulazi i izlazi (slika 6).



Slika 6. Zadavanje konture i tehnologije sečenja u *Bypart-u*

Za razliku od crteža koji su izrađeni u CATIA-i crteži izrađeni u programu AutoCAD zahtevaju dodatnu obradu, odnosno pripremu crteža kako bi bili upotrebljivi [5]. Prilikom pripreme crteža potrebno je proveriti *layere* u kojima je urađen crtež jer se ne sme koristiti nulti i *defpoints layer*, zatim crtež mora biti nacrtan na meru koja se želi dobiti u procesu sečenja, bez kotnih linija i bilo kakvog teksta. Prilikom crtanja radijusa mora se voditi računa i o tome da će program *Bysoft* videti radijuse kao skupove izlomljenih linija ukoliko se problem ne ispravi korišćenjem komande *regen* ili *redraw*.

5. ZAKLJUČAK

Jedan od velikih problema u današnjem svetu jeste kompatibilnost softverskih paketa za izradu tehničke dokumentacije sa softverskim paketima pojedinih proizvođača CNC mašina. Iz tog razloga, smramo da je veoma značajno što se CATIA uspešno implementirala u sistem firme *Bystronic*, jer je to jedan vrhunski proizvođač CNC mašina. Tehnička dokumentacija izrađena u nekim drugim softverskim paketima zahteva dodatnu obradu, pri čemu je inženjerima potrebno dodatno vreme za obradu dobijenih crteža ili za dodatnu komunikaciju sa kupcem, u cilju usaglašavanja nekih neophodnih detalja i tačne izrade zahtevanih delova.

LITERATURA

- [1] http://www.bystronic.com/cutting_and_bending/gb/en/products/laser/byspeed/index.php
- [2] http://www.bystronic.com/cutting_and_bending/gb/en/products/water/byjet/index.php?navid=49&nl=3
- [3] http://www.bystronic.com/cutting_and_bending/gb/en/products/bending/Beyeler_Xpert/index.php

- [4] Nikšić P., Mitrović A., Zemanić I., Ulemek M.:Kompjuterska grafika, Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Čačak (2008)
- [5] Radonjić S., Mitrović A.: “ Korišćenje crteža urađenih u AutoCAD-u za izradu delova na mašini water jet”; XXXIII JUPITER Konferencija, Zlatibor, 2007.

***THE USAGE OF DRAWING DONE IN CATIA FOR THE PRODUCTION OF THE PARTS ON
MACHINE LASER OR WATER JET***

Abstract: *In this work, through example we explained the way CATIA drawing should be prepared for use in program Bysoft for the production of the parts on machine laser or water jet by firm Bystronic. This machine is used in the company „SLOVAS“ in Čačak.*

N.Davidović, P.Miloš¹

ANALIZA POTENCIJALNIH MLAZNIH POGONSKIH GRUPA ZA POGON ROTORA LETELICE

Rezime

Izvršena je analiza potencijalnih mlaznih pogonskih grupa za pogon rotora letelice. Poređene su performanse rotora u slučaju raketnog, nabojnomlaznog i pogona vazduhom sabijenim usled rotacije rotora. Praktičnu primenu su sredinom dvadesetog veka imali raketni i nabojnomlazni motor, dok je treći način pogona ideja koja se zasniva na termodinamičkom ciklusu turbomlaznog motora. Poređenje je izvršeno prema raspoloživoj i potrebnoj snazi, kao i mogućem trajanju leta. Analiza ukazuje na moguće oblasti primene ovakvog pogona, kao što su bespilotni helikopteri i letelice koje koriste rotor za poletanje i sletanje.

Ključne reči: rotor, helikopter, letelica, raketni motor, nabojnomlazni motor, sabijeni vazduh.

1. UVOD

Pogon rotora helikoptera mlaznim pogonom datira iz drugog svetskog rata kada je Doblhoff primenio sistem tzv. pressure jet. Sistem je zasnovan na potisku koji se ostvaruje na krajevima rotora helikoptera praveći potreban moment. Vazduh je do kraja rotora dopreman iz kompresora koji je pogonio klipni motor. Na kraju rotora se nalazila komora sagorevanja i mlaznik. Nema reduktora, a nije potreban ni repni rotor. Posle drugog svetskog rata razvoj turbomlaznih i turbovratilnih motora je usled mnogo manje specifične potrošnje i veće specifične snage je odneo prevagu. Međutim, sa pojavom bespilotnih letelica, pogotovo jednokratne upotrebe, potreba za jeftinim pogonom rotora makar i po cenu velike potrošnje ponovo postaje aktuelna. Takođe, mogućnost vertikalnog poletanja i sletanja bespilotne letelice postaje jedan od dominantnih zahteva.



Slika 1: Doblhoff WNF-342

¹istr.saradnik dr Nikola Davidović, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, edepto@eunet.rs
istr.saradnik dr Predrag Miloš, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, beker@eunet.rs

2. OPIS MODELA

2.1 Pogon raketnim motorom

Raketni motor na kraju rotora generiše potisak

$$F = m_p \cdot V_{iz}$$

Snaga koju proizvode dva raketna motora postavljena na kraju rotora je

$$N = 2 \cdot F \cdot V_t = 2 \cdot m_p \cdot V_{iz} \cdot V_t$$

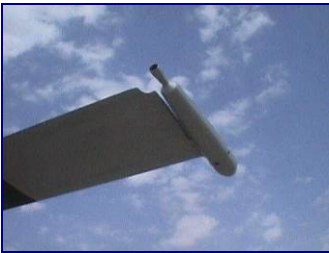
Specifična snaga i specifična potrošnja su

$$N_{sp} = \frac{N}{2 \cdot m_p} = V_{iz} \cdot V_t$$

$$C_{sp} = \frac{2 \cdot m_p}{N} = \frac{1}{N_{sp}} = \frac{1}{V_{iz} \cdot V_t}$$

U navedenim jednačinama m_p je maseni protok produkata sagorevanja, V_{iz} izlazna brzina produkata sagorevanja i V_t -obimna brzina na kraju rotora.

Praktičnu primenu su našli raketni motori sa tečnim gorivom i pojednostavljenim sistemom dopremanja i raspršivanja oksidatora i goriva, kao što je sistem sa vodonik-peroksidom i katalizatorom. Ovakav pogon ima svoje prednosti u nezavisnosti pogona od napadnog ugla i visokom specifičnom impulsu. Osnovna mana je masa pogonske materije koju letelica mora da ponese i direktno je vezana za trajanje leta. Takođe, vodonik-peroksid preko 70% postaje vrlo opasan za rukovanje, tj. ne zadovoljava kriterijume po pitanju bezbednosti pomoćnog osoblja. Na slici 2 je prikazan raketni motor na vodonik-peroksid koji pogoni helikopter Intora Firebird IF-2.



Slika 2: Raketni motor na kraju rotora helikoptera Intora Firebird IF-2

2.2 Pogon nabojsnomlaznim motorom

Nabojsnomlazni motor na kraju rotora generiše potisak

$$F = m_v \cdot (V_{iz} - V_t)$$

a snaga koju proizvode dva nabojsnomlazna motora postavljena na kraju rotora je

$$N = 2 \cdot F \cdot V_t = 2 \cdot m_v \cdot (V_{iz} - V_t) \cdot V_t$$

Specifična snaga i specifična potrošnja su

$$N_{sp} = \frac{N}{2 \cdot m_v} = (V_{iz} - V_t) \cdot V_t$$

$$C_{sp} = \frac{2 \cdot m_g}{N} = \frac{m_g / m_v}{N_{sp}} = \frac{m_g / m_v}{(V_{iz} - V_t) \cdot V_t}$$

Pored već pomenutih oznaka u prethodnim jednačinama su m_v i m_g -maseni protok vazduha i goriva respektivno.

Za razliku od raketnog pogona samo mali deo pogonske materije je potrebno poneti sa letelicom, oko 6% od ukupnog protoka, dok se oksidator uzima iz atmosfere. Drugim rečima, za isti potisak nabojsnomlazni motor će dati mnogo duže trajanje leta. Nedostaci ovakvog pogona su zavisnost od visine leta i napadnog ugla. Takođe, izlazna brzina je manja nego u slučaju raketnog pogona, tj. u slučaju istog potiska nabojsnomlazni motor ima veće gabarite od raketnog, a time i veći spoljašnji

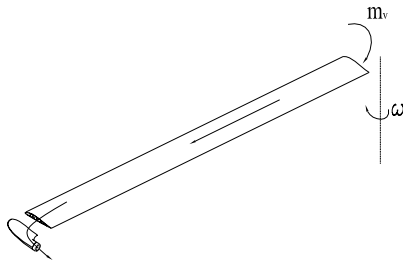
otpor i veće napone u korenu rotora. Na slici 3 je prikazan helikopter sa nabojnomlaznim motorima na kraju rotora. Da bi se smanjio otpor analizirani su i ekvivalentni 2D motori.



Slika 3: Hiller HOE-1

2.3 Pogon vazduhom sabijenim usled rotacije rotora

Prvobitna ideja Doblhoff-a je bila da se sabijeni vazduh samo doprema do kraja rotora, tj. uticaj rotacije rotora na pritisak vazduha je bio zanemarljiv. Ideja je da se rotacija rotora iskoristi za sabijanje vazduha koji na kraju ulazi u komoru sagorevanja gde sagoreva sa gorivom i proizvodi potisak. Termodinamički ciklus je identičan kao kod turbomlaznog motora, čak su i prisutne sve komponente. Ulaz u šuplju lopaticu je uvodnik, lopatica iznutra je funkcionalno radialni kompresor, a spolja, sa stanovišta motora, turbina. Na kraju rotora se nalaze komora sagorevanja i mlaznik. Na slici 4 je prikazana šema ovakvog pogona.



Slika 4: Šema pogona rotora vazduhom sabijenim usled rotacije i slika sa testa u Laboratoriji za mlaznu propulziju Mašinskog fakulteta u Beogradu

Potisak koji proizvodi ovakav sistem iznosi

$$F = m_v \cdot V_{iz}$$

dok je snaga koju generiše jednaka snazi koju generiše potisak umanjenoj sa snagom potrebnu sa sabijanje vazduha, tj.

$$N = 2 \cdot F \cdot V_t - N_{sab} = 2 \cdot m_v \cdot V_{iz} \cdot V_t - 2 \cdot m_v \cdot V_t^2 = 2 \cdot m_v \cdot (V_{iz} - V_t) \cdot V_t$$

Očigledno je da je snaga u ovom slučaju jednaka snazi koju generiše nabojno mlazni motor, pa su time jednake i specifična snaga i potrošnja. Prednosti ovakvog pogona su, pored nabrojanih u slučaju nabojnomlaznog motora, nezavisnost od napadnog ugla i jednostavnost, dok je glavni nedostatak potreba za što većim brojem obrtaja i činjenica da celokupni maseni protok vazduha mora da prođe kroz lopaticu.

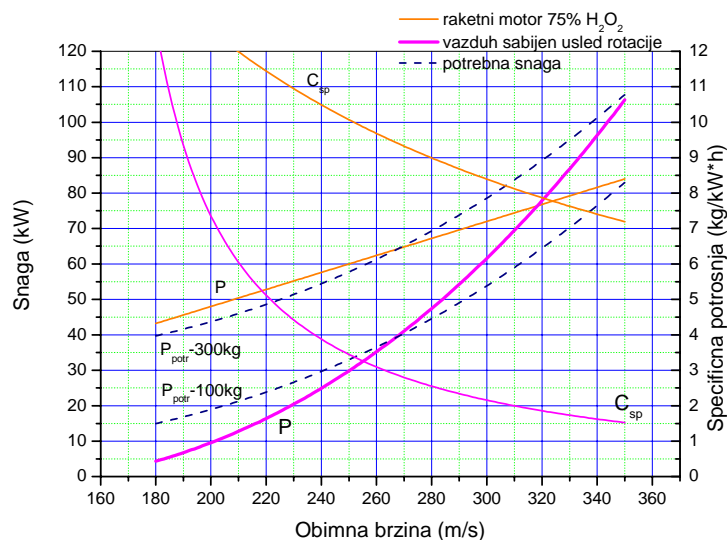
3. REZULTATI ANALIZE

Očigledno je da raketni motor, za istu izlaznu brzinu, ima najveću specifičnu snagu što znači da će za istu realizovanu snagu imati najmanje dimenzije. S druge strane, specifična potrošnja raketnog motora je najveća zato što svu pogonsku materiju nosi sa sobom. Kako je trajanje leta vezano sa potrebnom količinom goriva, specifičnom potrošnjom i potrebnom snagom

$$\tau(M) = - \int_M^{M_{prazan}} \frac{dm}{C_{sp} \cdot P_{potr}(m)}$$

može se zaključiti da će raketni motor imati najmanje trajanje leta, ali da mu je nivo snage uvek veći od nabojnomlaznog pogona i pogona sabijenim vazduhom. Postavlja se pitanje da li ova dva pogona mogu da

realizuju snagu potrebnu za let, tj. da li za realne dimenzije mogu da ostvare potrebnu snagu. U tom smislu su upoređeni raketni pogon sa 75% vodonik-peroksidom i pogon vazduhom sabijenim usled rotacije. Nabojnomlazni motor ima iste vrednosti kao i vazduh sabijen pod pritiskom, ali ne traži veliki broj obrtaja već nedostatak specifične snage nadomešćuje gabaritima.



Grafik 1: Poređenje pogonskih grupa

4. ZAKLJUČAK

Sa grafika 1 se može zaključiti da za male brzine obrtanja raketni motor ima mnogo veću snagu, dok vazdušni sistem ima realnu upotrebu tek na nadzvučnim brzinama. Problem male specifične snage u ovom slučaju nije moguće rešiti povećanjem masenog protoka vazduha zato što sa povećanje kanala unutar lopatice dominantno počinju da rastu otpori. Ukoliko se ukupna masa letelice smanji na 100kg tada ovakav sistem ima realnu upotrebu i mala specifična potrošnja pruža priliku za mnogo duže trajanje leta. I dalje da bi se specifična potrošnja poredila sa turbovratilnim motorim potrebno je da se dostignu nadzvučne obimne brzine. Drugi pravac je u povećanju specifične snage putem predsabijanja vazduha. Tada nije potrebna velika obimna brzina, ali sistem traži dodatnu energiju za sabijanje vazduha. Treći pravac predstavlja odlazak na supersonične brzine obrtanja, kao što su to vremenom postali kompresori radi povećanja stepena sabijanja.

LITERATURA

- [1] W.Stewart, M.F.Burle, The application of jet propulsion to helicopters, A.R.C. Technical report, London 1950.
- [2] J.R.Henry, One dimensional, compressible, viscous flow relations applicable to flow in a ducted helicopter blade, NACA TN-3089, Washington 1953.
- [3] R.P.Krebs, W.S.Miller, Analysis of pressure-jet power plant for a helicopter, NACA RM-E54L23, Washington 1955.

ANALYSIS OF POTENTIAL JET ENGINES FOR TIP-JET PROPULSION

Summary

Analysis of potential jet power plants for rotor propulsion has been performed. Performances were compared in case of rocket, ramjet and pressure-jet engine. Rocket and ramjet engine had practical application in middle of 20th century, while third way of propulsion is based on turbojet thermodynamic cycle. Comparison has been performed according to available and required power, and to flight duration. Analysis shows to possible application of such propulsion as unmanned helicopters or VTOL vehicles.

Key words: rotor, helicopter, flying vehicle, rocket engine, ramjet engine, pressure jet.

35. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

35th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



31. simpozijum

NU * ROBOTI * FTS

Beograd, jun 2009.

NU – ROBOTI –FTS
NC - ROBOTS – FMS

Živanović, S., Glavonjić, M. METODOLOGIJA FUNKCIONALNOG KONFIGURISANJA MAŠINA ALATKI	3.1
Kvrgić, V., Dimić, Z., Trgovčević, S., Cvijanović, V. ODREĐIVANJE POLOŽAJA CLANOVA 5-OSNOG STRUGARSKOG OBRADNOG CENTRA	3.8
Vukelić, Đ., Hodolič, J., Agarski, B. PRIMENA ZAKLJUČIVANJA NA OSNOVU SLUČAJA U PROJEKTOVANJU PRIBORA ZA MAŠINSKU OBRADU	3.15
Živković, A., Zeljković, M., Borojev, Lj., Mijušković, M. MATEMATIČKI MODEL ZA ODREĐIVANJE DEFORMACIJA INTEGRISANOG LEŽAJA	3.21
Antić, A., Petrović, P., Hodolič, J. ZAVISNOST VISOKOFREKVENTNOG DELA SPEKTRA VIBRACIJA OD TIPA SEGMENTACIJE STRUGOTINE I POHABANOSTI ALATA	3.27
Veljić, M., Požidajeva, V., Živković, D. OPERATIVNA GOTOVOST HIDRAULIČNOG PODSISTEMA AGREGATA TRAKTOR- PLUG	3.33
Тановић, Љ., Бојанић, П., Милутиновић, Д., Главоњић, М., Пузовић, Р., Кокотовић, Б., Живановић, С., Поповић, М., Славковић, Н., Младеновић, Г. РАЗВОЈ ТЕХНОЛОГИЈА ВИШЕОСНЕ ОБРАДЕ СЛОЖЕНИХ АЛАТА ЗА ПОТРЕБЕ ДОМАЋЕ ИНДУСТРИЈЕ- РЕКАРИТУЛАЦИЈА РЕЗУЛТАТА НА ПРОЈЕКТУ МА14034	3.39
Vasić, M., Trgovčević, S., Cvijanović, V. JEDAN PRISTUP MODELIRANJU MAŠINA ALATKI SA PARALELNOМ KINEMATIKOM U CAD OKRUŽENJU	3.53

← NAZAD



Саша Живановић, Милош Главоњић¹⁾

МЕТОДОЛОГИЈА ФУНКЦИОНАЛНОГ КОНФИГУРИСАЊА НОВИХ МАШИНА АЛАТКИ²⁾

Резиме

Конфигурисање нових машина алатки је комплексан задатак који укључује коришћење широког спектра концепција, метода, модела, прорачуна, технологија, симулација, техноекономије. У раду се представља методологија функционалног конфигурисања нових машина алатки, са примером примене ове методологије на конкретан пример стоне троосне машине са паралелном кинематиком pn101_st V.1.

Кључне речи: конфигурисање, нова машина алатка

1. УВОД

Машине алатке напуниле су два века свог постојања. Изнеле су терет индустријске револуције у прошлом веку, допринеле нагом развоју и производњи добара у прошлом и текућем веку и обезбедиле системски приступ у изради и коришћењу технолошких система. Сада оне служе и за градње првих прототипова обећавајућих нових машина алатки. Очекивани тренд развоја машина алатки заснован је на такозваној спирали развоја машина алатки слика 1a). По њој се прво појави неки (нови) производ (PR), за њега се развије потребна (нова) технологија (TP), па се за ту технологију прави и (нова) машина алатка (MA). Пример: за тачну израду компликованих делова за ваздухопловну индустрију започета је технологија која алат према обратку треба да води помоћу рачунара, у неком координатном систему у којем је и та геометрија прецизно формулисана. За ту технологију направљене су прве нумерички управљане машине алатке. Та технологија и те машине и данас су актуелне. Опис очекиваних трендова развоја машина алатки показан је по моделу амебе технологија слика 1b). Осе морфолошког простора овде су: флексибилност, управљање, тачност, кинематика, намена, производност и генерације [1]. На бази слике 1, створена је подлога за дефинисање нове машине алатке или машине нове генерације. Овде су наведене две радне верзије:

Def. 1) Машина алатка нове генерације је машина алатка која се са великом вероватноћом може појавити на неком од праваца развоја показаним на слици 1б) по основу димензија морфолошког простора (F,U,T,K,N,P,G) и/или по основу праваца развоја (M,P,T,K) слика 1с), или по неким другим.

Def. 2) Машина алатка нове генерације је машина алатка која је направљена и показана бар у једном примерку за који се може установити по којој је димензији морфолошког простора, или по ком правцу развоја са слике 1, или по неком другом она иновирана [1].

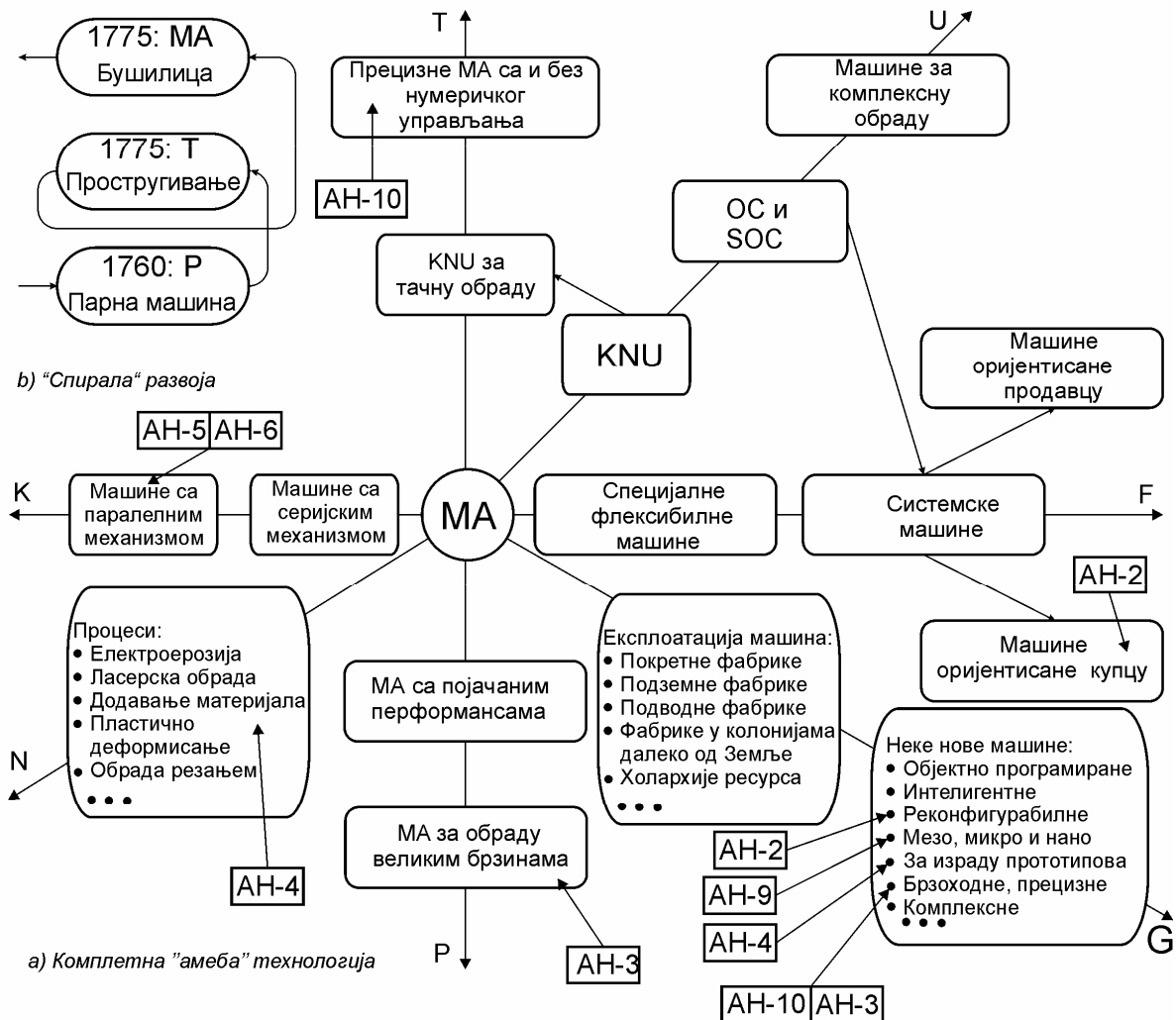
Појам конфигурисања је данас чест посебно у свету рачунарске технике, па тако на пример, конфигурисање рачунара, мреже, сервера, протокола, корисничких налога и др. Конфигурисање рачунара подразумева да се на бази расположивих компонената добије жељена РС конфигурација. Данас је конципирање, пројектовање и конструисање машина алатки незамисливо без рачунара, па је појам конфигурисања упливао и у ову област. Предлог дефиниције: Конфигурисање нове машине алатке је процес функционалног комплетирања на бази концепције машине алатке, помоћу стандардних и специјалних (израчунатих и направљених) компонената, кинематике и управљања отворене архитектуре. За овакве нове машине алатке увек су корисне неке од нових уопштених методологија за њихово конфигурисање.

¹⁾ мр Саша Живановић, асистент (szivanovic@mas.bg.ac.yu), проф др Милош Главоњић, редовни професор (mglavonjic@mas.bg.ac.yu), Машински факултет, Београд

²⁾ Рађено у оквиру пројекта Развој технологија вишеосне обраде сложених алата за потребе домаће индустрије (евиденциони број 14034).



с) Примери очекиваних праваца развоја машина алатки



Легенда: PR (нови) производ, МА: (нова) машина алатка, TP: технологија за (нови) производ, F: флексибилност, U: управљање, T: тачност, K: кинематика, N: намена, или процеси за које је машина направљена, P: производност, или брзоходност, G: генерације машина алатки, KNU: компјутерско нумеричко управљање, ОС: обрадни центри, СОС: супер обрадни центри

Слика 1. Очекивани развој машина алатки [1]

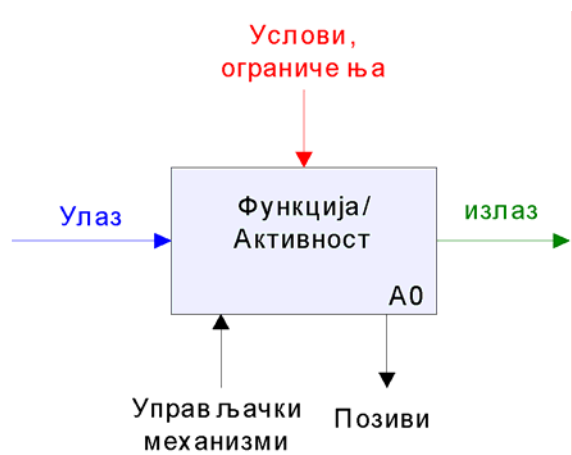
За опис процеса конфигурисања нових машина алатки потребна је методологија, која има довољну општост да за пројектанта није битно о којој машини алатки се ради. Овакав приступ би користио рачунар као својеврстан процесор модела машина алатки, у коме би модели били подвргнути најразличитијим трансформацијама, где би се на излазу добио виртуелни (дигитални) прототип машине алатке, који се може сматрати довољно поузданим, да се одмах крене са производњом.

2. IDEF0 МЕТОДОЛОГИЈА ФУНКЦИОНАЛНОГ МОДЕЛИРАЊА

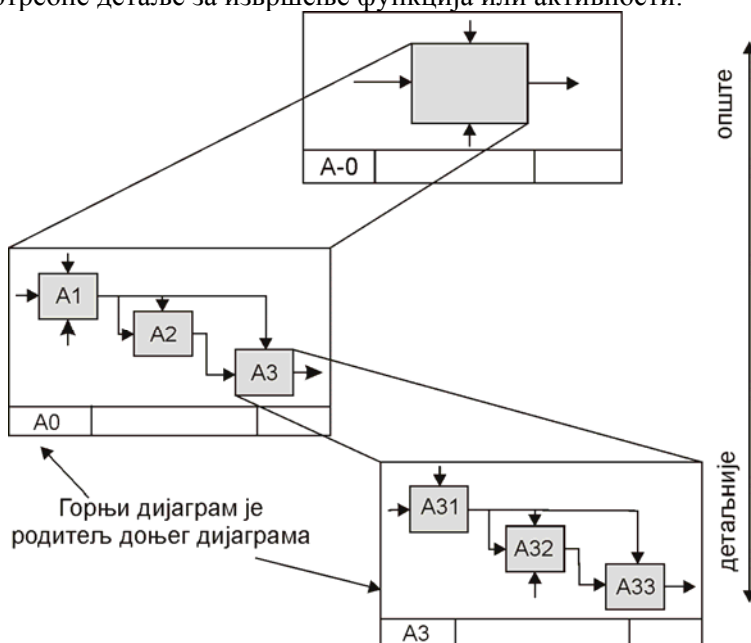
У раду се за потребе функционалног моделирања нових машина алатки користи IDEF (*Integration Definition For Function Modeling*) методологија, која је развијена седамдесетих година прошлог века, у оквиру развојног програма америчких ваздухопловних снага за компјутерски интегрисану производњу (*Integrated Computer Aided Manufacturing - ICAM*). Ова методологија се стално развија и до данас се може издвојити читав спектар ових метода моделирања система. У раду се користи IDEF0 методологија функционланог моделирања система [2,3,4,5].

IDEF0 методологија је изведена из SADT (*Structured Analysis and Design*) графичког језика за моделирање и користи се за дефинисање функционалног модела система [6]. Функционални модел представља структурну презентацију функција, активности или процеса моделираног система. Резултат примене IDEF0 методологије је модел који се састоји од хијерархијског скупа дијаграма са текстуалним описом.

Две соновне компоненте моделирања су функције и активности представљене правоугаоним блоковима и подаци и објекти представљени стрелицама које повезују дефинисане функције и активности. Општи облик једног функционалног блока са одговарајућим везама показан је на слици 2. Стрелица која у блок улази са леве стране представља улаз у систем. Одговарајућим трансформацијама улаза у функционалном блоку добијају се излази представљени стрелицама које из блока излазе са десне стране. Стрелице које у блок улазе са горње стране представљају ограничења или полазне услове који требају бити задовољени ради добијања коректних излаза. Стрелице повезане на доњу страну функционалног блока представљају механизме. Стрелице које са доње стране улазе у функционални блок су управљачки механизми, док стрелице које са доње стране излазе из блока представљају позиве другим блоковима који блоковима који их позивају обезбеђују потребне детаље за извршење функција или активности.



Слика 2. Општи облик функционалног блока са везама према IDEF0 методологији [2]



Слика 3. Декомпозициона структура IDEF0 дијаграма[3]

У хијерархији дијаграма дефинисаних IDEF0 методологијом на првом нивоу се налази такозвани контексни дијаграм у ознаци A-0. Овај дијаграм се састоји само од једног блока који представља моделирани систем са својом основном функцијом. Ова основна функција даље може бити разложена на подфункције (подсистеме) који креирају наредне дијаграме, A0, A1, ... Свака од ових подфункција, може бити даље декомпонована на своје подфункције, креирајући дијаграме нижег нивоа. Пример опште декомпозиционе структуре IDEF0 дијаграма показана је на слици 3.

3. КОНФИГУРИСАЊЕ НОВИХ МАШИНА АЛАТКИ ПРИМЕНОМ IDEF0 МЕТОДОЛОГИЈЕ

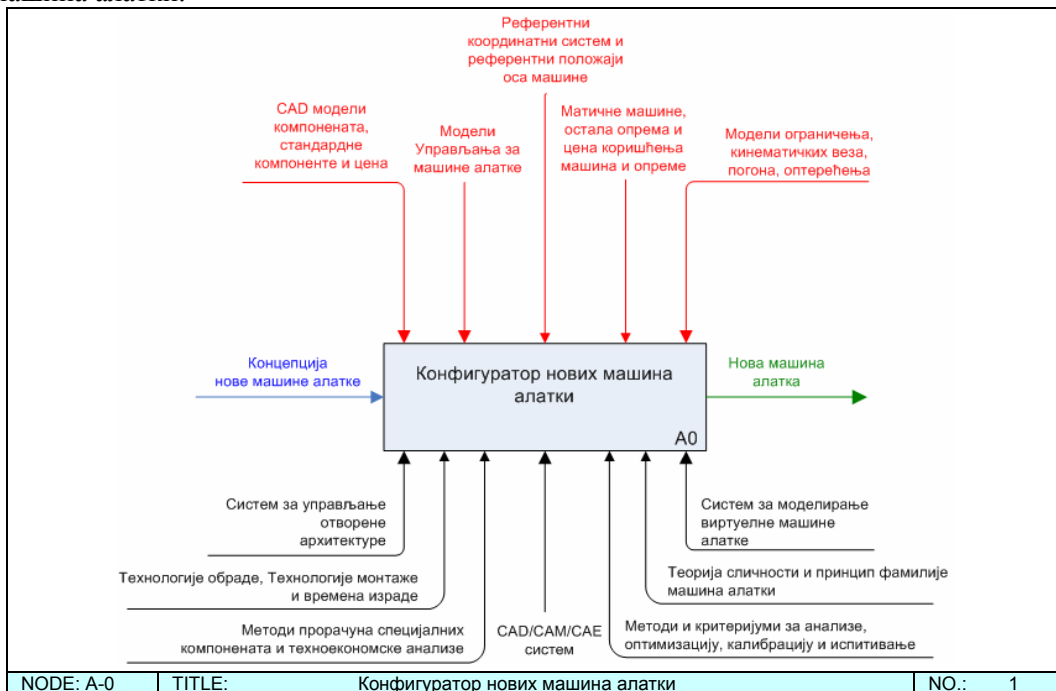
Функционални модел конфигурисања нових машина алатки представља структурну презентацију функција, активности или процеса моделиране нове машине алатке, посматрано у више различитих нивоа детаљисања. Резултат примене IDEF0 методологије на конфигурисање машина алатки је модел који се састоји од хијерархијског скупа дијаграма са текстуалним описом, који представља конфигуратор нових машина алатки, слика 4.

Конфигурисање нових машина алатки је комплексан задатак који укључује коришћење широког спектра различитих концепција машина алатки на улазу у општи функционални блок конфигуратора нових машина алатки. После трансформација које следе у функционалном блоку на излазу се добија нова машина алатка. Стрелице са горње стране су почетни услови и ограничења која се могу описати на следећи начин:

- CAD модели стандардних компонента са набавним ценама,
- модели управљања машинама алаткама,
- референтни координатни системи машина алатки (према стандарду) и положаји референтних положаја сваке осе машине,
- расположиве матичне машине и остала опрема којом се планира израда будуће нове машине алатке, са ценама њиховог коришћења,
- модели ограничења кинематичких веза, погона и оптерећења на машини алатки.

Управљачки механизми који врше одговарајуће трансформације у функционалним блоковима, улазе са доње стране и могу се описати на следећи начин:

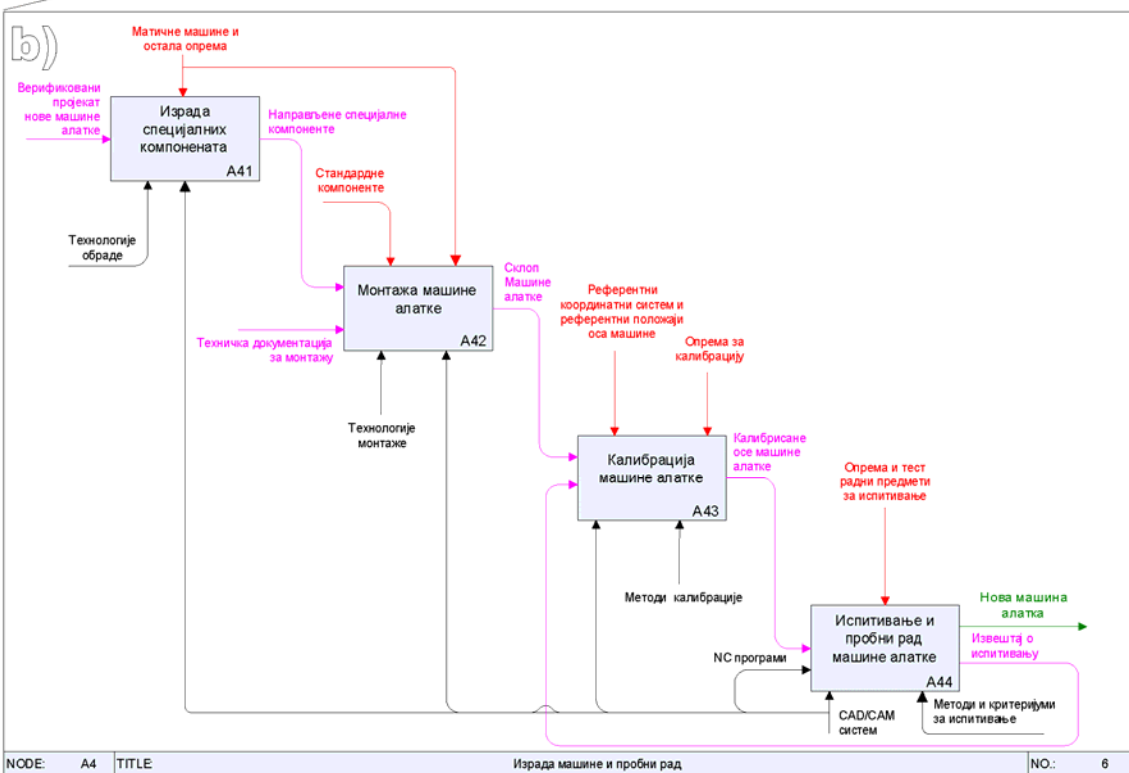
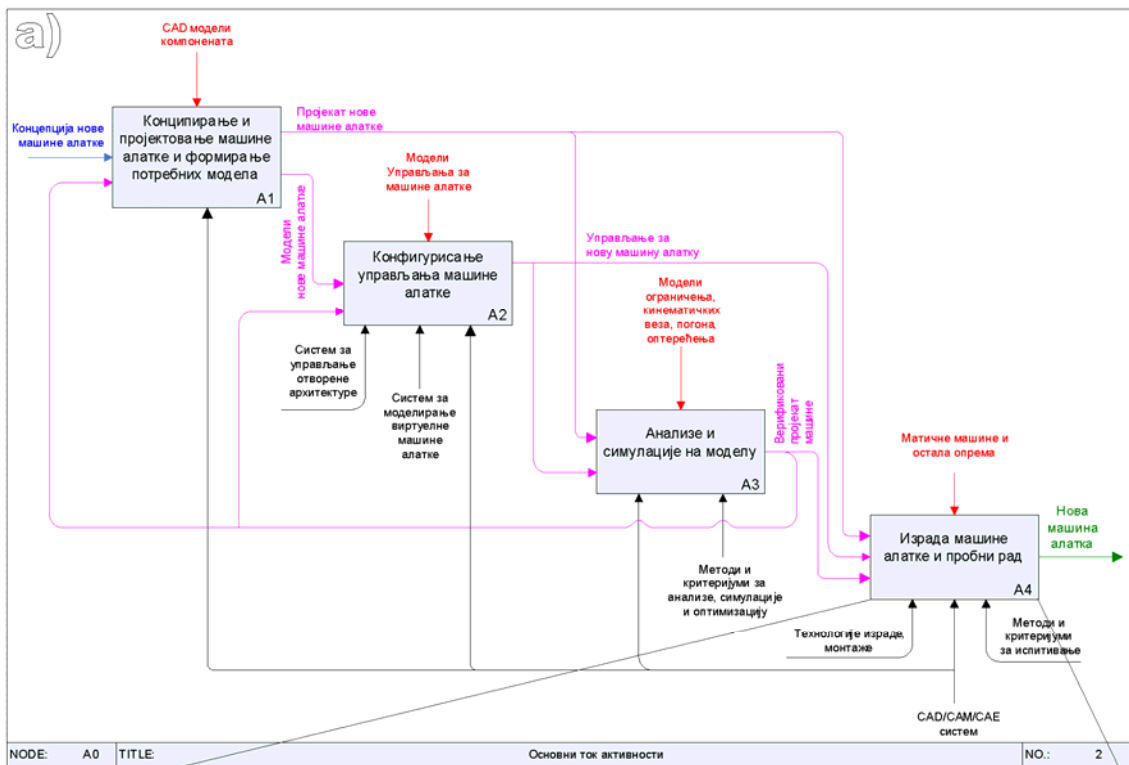
- CAD/CAM/CAE систем, као окружење за конципирање, пројектовање, конструисање, програмирање, симулације нове машине алатке.
- систем за управљање отворене архитектуре у реалном времену,
- методи прорачуна специјалних компонента,
- технологија обраде специјалних компонента и прорачуна времена израде и технологија монтаже компонента са потребним временом монтаже,
- техноекономска анализа,
- систем за моделирање виртуелне машине алатке,
- теорија сличности и принцип фамилије, за планирање производног програма као фамилије машина алатки,
- методи и критеријуми за спровођење анализа, оптимизације, калибрације и испитивања машина алатки.



Слика 4. Конфигуратор нових машина алатки применом IDEF0 методологије

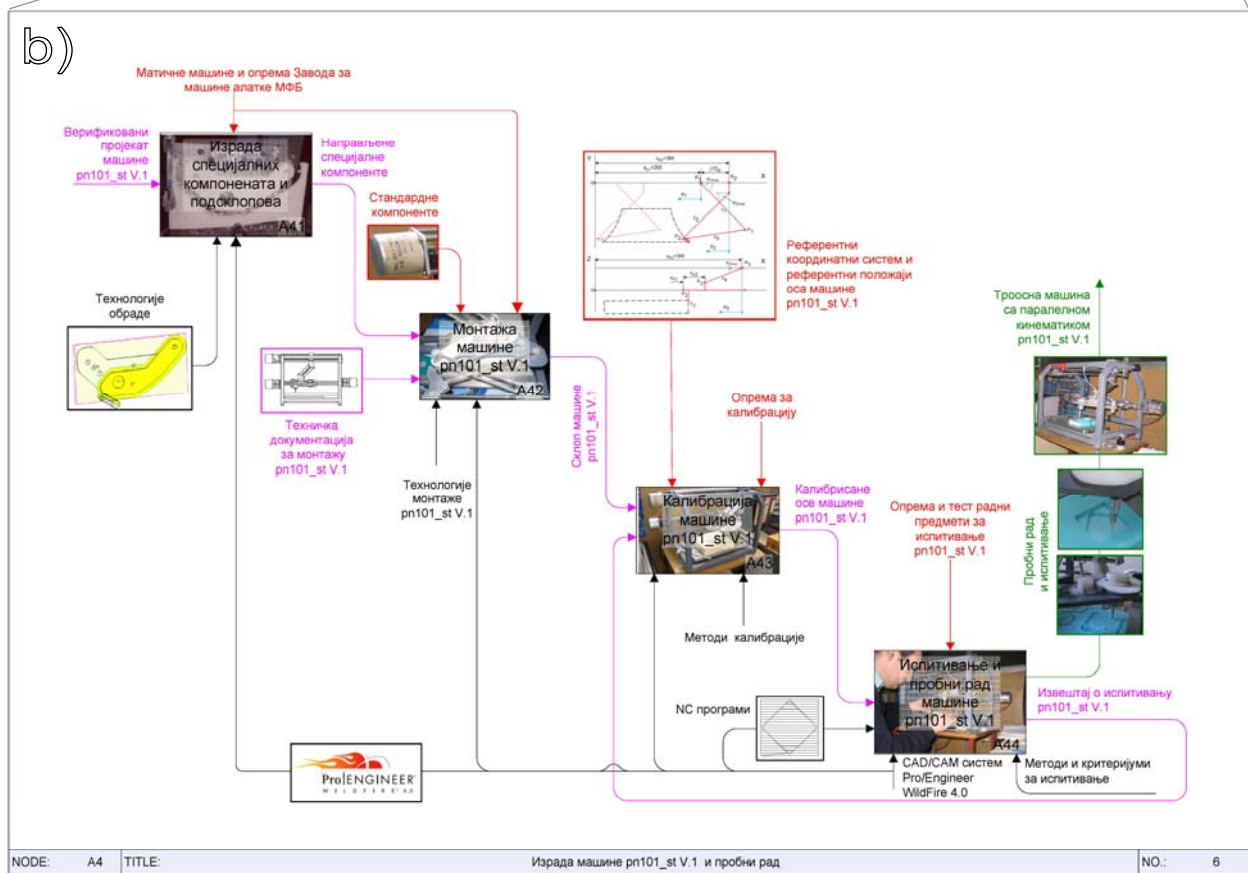
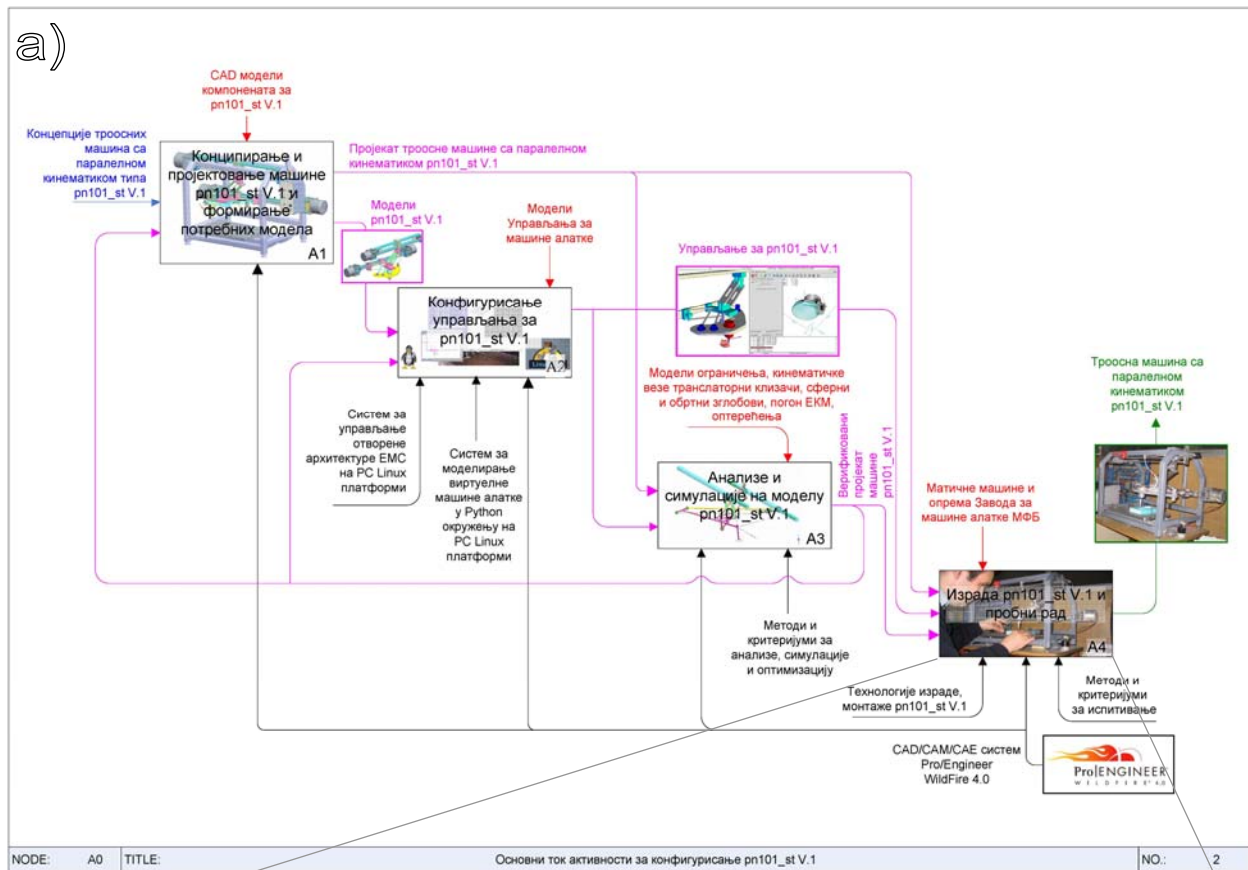
Детаљисањем дијаграма A-0 са слике 4, даје се основни ток активности за конфигурисање нових машина алатки на слици 5a). Блок A0 се може рашчланити на функционалне блокове: A1: Конципирање и пројектовање машине алатке и формирање потребних модела; A2: Конфигурисање

управљања машине алатке; A3: Анализе и симулације на моделу; A4: Израда машине алатке и пробни рад, слика 5b).



Слика 5. Приказ дијаграма A0 основни ток активности и A4 израда машине и пробни рад

Пример основног тока функционалног конфигурисања нових машина алатке показано је на примеру стоне троосне машине са паралелном кинематиком pn101_st V.1, слика 6a). Детаљисањем овог основног тока може се показати свака подфункција. Тако је на слици 6b) показан детаљније функционални блок A4-Израда машине pn101_st V.1 и пробни рад. Стона троосна машина са паралелном кинематиком (pn101_st V.1) [7,8,9] конфигурисана је и направљена применом разматране методологије.



Слика 6. Приказ дијаграма A0 и A4 на примеру машине pn101_st V.1

5. ЗАКЉУЧАК

У раду је показан функционални модел конфигурисања нових машина алатки као резултат примене IDEF0 дијаграма. У недостатку уопштених методологија за конфигурисање машина алатки, примена IDEF0 дијаграма се показала као врло успешна за описивање функција и активности током процеса конфигурисања. Ова методологија је примењена на више различитих објеката, као што су: стона троосна машина са паралелном кинематиком pn101_st V.1 (на нивоу физичког прототипа), и стона петоосна машина са паралелном кинематиком pn101_st 5D (на нивоу виртуелне машине алатке).

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Glavonjic, M., NMA1: Saga o mašinama alatkama i tehnološkim sistemima nove generacije, http://cent.mas.bg.ac.yu/nastava/ma_bsc/indexnma.htm, Mašinski fakultet, Beograd, 2009.
- [2] Announcing the Standard for INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0), Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 21. December 1993.
- [3] Mayer, Richard J., et al., "IDEF Family of Methods for Concurrent Engineering and Business Reengineering Applications", Knowledge-Based Systems, Inc., 1992.
- [4] Soung-Hie Kim, Ki-Jin Jang, Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR, Int. J. Production Economics, Vol. 76, 2002, pp 121-133
- [5] Colquhoun, G.J, Baines, R.W, Crossley, Roger, A State of the Art Review of IDEF0, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 6, No. 4, 1993, pp. 252-264.
- [6] Mayer Richard, The IDEF Suite of Methods for System Development and Evolution, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, Air Force Human Resources Laboratory Logistics and Human Factors Division
- [7] Milutinovic, D., Glavonjic, M., Kvirgic, V., Zivanovic, S., A New 3-DOF Spatial Parallel Mechanism for Milling Machines with Long X Travel, pp. 345-348, Annals of the Vol54/1, CIRP 2005.
- [8] Milutinovic, D., Glavonjic, M., Zivanovic, S., Dimic, Z., Kvirgic, V., Mini educational 3-axis parallel kinematic milling machine, Proceedings of 3rd Interanational Conference on Manufacturing Engineering ICMEN and EUREKA Brokerage Event, pp.463-474, Kallithea of Chalkidiki, Greece, 1-3 october, 2008.
- [9] Glavonjić, M., Živanović, S., Milutinović, D., Dimić, Z., Edukaciona troosna mašina sa paralelnom kinematikom, 34. JUPITER konferencija, 30. simpozijum NU-Roboti-FTS, Zbornik radova, ISBN 978-86-7083-628-0, str.3.27-3.34, Mašinski fakultet, Beograd, jun 2008.
- [10] Živanović, S. Konfigurisanje novih mašina alatki, doktorska disertacija u pripremi, Mašinski fakultet, Beograd, 2009.

S. Živanović, M. Glavonjić

THE METHODOLOGY OF FUNCTIONAL CONFIGURING OF NEW MACHINE TOOLS

Summary

Configuring of new machine tools is complex task which involves the use of huge spectra of conceptions, methods, models, calculations, technologies, simulations, techno-economy. This paper presents methodology of functional configuring of new machine tools with an example of application of this methodology of desktop three-axes machine with parallel kinematics pn101_st V.1.

Key words: configuring, new machine tool



V. Kvirgić, Z. Dimić, S. Trgovčević, V. Cvijanović¹⁾

ODREĐIVANJE POLOŽAJA ČLANOVA 5-OSNOG STRUGARSKOG OBRADNOG CENTRA

Rezime: Radi ostavriavanja kretanja identičnom kretanju po y osi, koja na vertikalnom strugu ne postoji, radni sto struga ima mogućnost razdvajanja od glavnog pogona i povezivanja sa pogonom pomoćnog kretanja. Ovim se dobija C osa mašine, čijim zakretanjem i pomeranjem x ose po odgovarajućem zakonu se dobija kretanje koje odgovara kretanju po y osi. Pinola mašine, koja nosi strugarski alat, se zamenjuje jedinicom struganja, glodanja i bušenja sa sopstvenim pogonom. Time vertikalni strug dobija i mogućnost obrade koju ima vertikalna troosna glodalica. Dodavanjem dvoosne kontinualno upravljane ugaone glave moguće je ostvariti petoosnu obradu komada. Rad se bavi rešavanjem direktnog i indirektnog kinematičkog problema potrebnog za razvoj upravljačkog sistema vertikalnog 5-osnog strugarskog obradnog centra.

1. UVOD

Ostvarivanjem i mogućnosti glodanja, bušenja i rezanja navoja izvan centra stola na vertikalnom strugu znatno se povećavaju njegove mogućnosti obrade. To već duže vreme predstavlja polje interesovanja proizvođača ovih mašina. Dodavanjem C ose, jedinice struganja, bušenja i glodanja i dvoosne ugaone glave, vertikalni strugovi postaju obradni centri na kojima je moguće vršiti različite mašinske obrade kao što su petoosna glodanja, bušenje rupa pod različitim uglovima i druge obrade koje su do sada izvođene na petoosnim glodalicama. To treba da omogući obradu veoma složenih radnih komada kao što su kućišta pumpi i ventila, obrtni stolovi, lopatice turbina u energetici i avio industriji, složeni alati. Time što se sve ove obrade vrše na jednoj mašini, štedi se vreme premeštanja obradaka sa mašine na mašinu.

U radu su rešeni direktni i indirektni matematički problemi mašine. Njima se određuju položaji alata za zadate položaje članova mašina i obrnuto. Rešenja ovih problema će biti integrisana u upravljački sistem mašine. Za petoosno glodanje je korišćena dvoosna ugaona glava viljuškastog tipa. Mašina se posmatra kao sistem kod koga kooperativno rade radni sto, koji se zajedno sa obratkom zakreće oko vertikalne ose, i četiri serijski vezana člana od kojih su prva dva translatorna, a druga dva rotaciona. Tokom obrade se stalno određuje položaj reznog alata, koga nosi četvrti serijski član mašine, u odnosu na zakretni sto. Programiranje se vrši ručno ili se uzastopni položaji alata preuzimaju iz CAM programa urađenog za portalnu glodalicu. Upravljački sistem mašine, zahvaljujući integrisanim rešenjima direktnog i indirektnog kinematičkog problema, upravlja petoosnim strugarskim obradnim centrom koji se programira kao da je reč o petoosnoj portalnoj glodalici.

2. KOORDINATNI SISTEMI ČLANOVA MAŠINE I MATRICE KOJE DEFINIŠU ODNOSI IZMEĐU KOORDINATNIH SISTEMA ČLANOVA MAŠINE

Na slici 1 prikazani su koordinatni sistemi članova 5-osnog strugarskog obradnog centra usvojeni po Denavit-Hartenbergovoj konvenciji. Osnova mašine je označena sa θ , a krajnji serijski član sa 4 , slika 1. Obrtanje stola za ugao c je obeleženo sa C . Prve 2 serijske kinematske veze su translatorne, dok su druge 2 rotacione, pa su odgovarajuća translatorna pomeranja d_1 , d_2 i uglovi θ_3 i θ_4 promenljive. Usvojeno je da je ugao θ_3 pozitivan kada se obrtanje člana 3 vrši u negativnom matematičkom smeru, a da su uglovi θ_4 i c

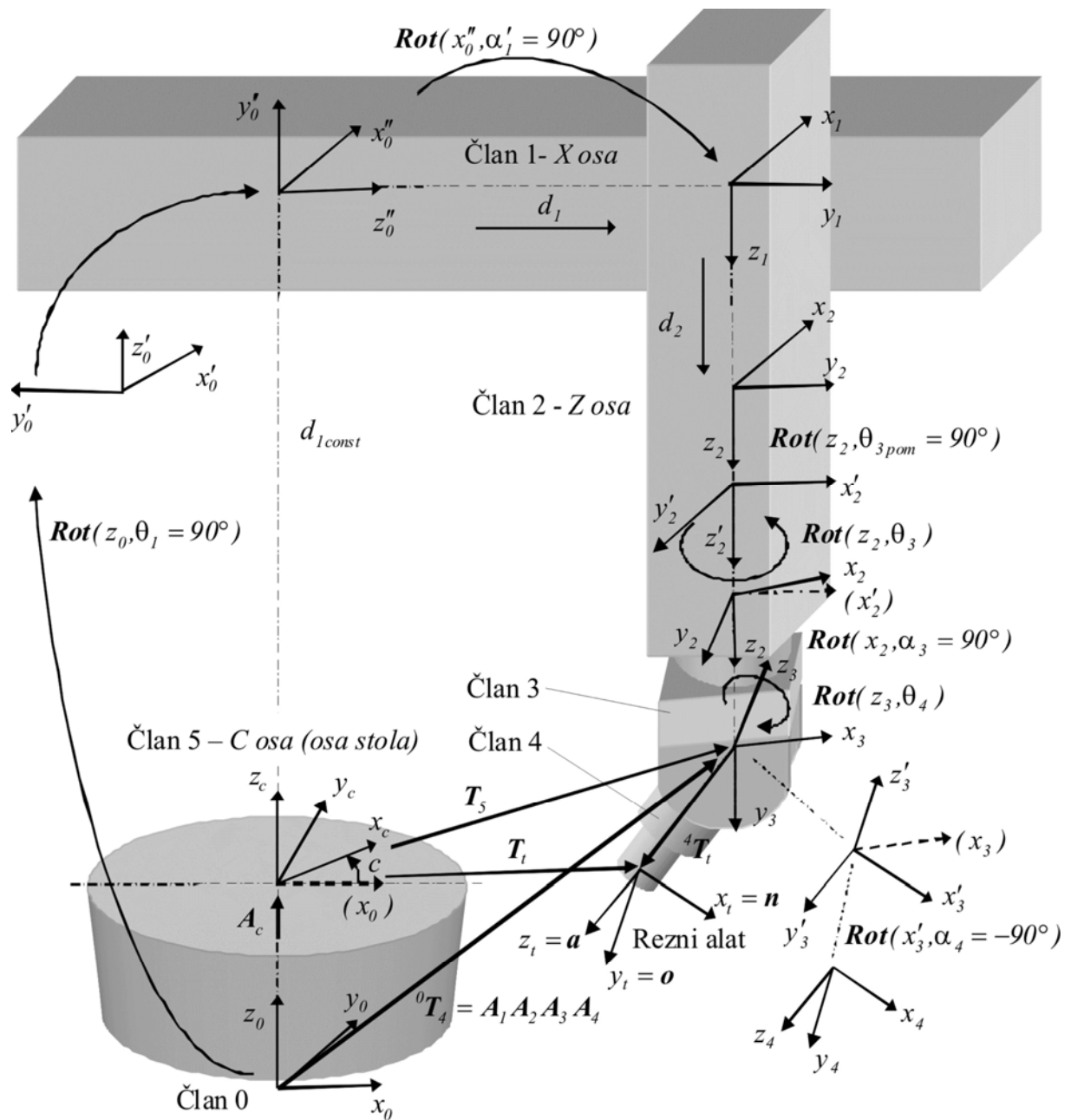
¹⁾ Dr Vladimir Kvirgić, dipl. inž, LOLA Institut, (ykvrgic@lola-ins.co.rs), Zoran Dimić, dipl. inž, LOLA Institut, (dimic@lola-ins.co.rs), Sanja Trgovčević, dipl. inž, LOLA Institut, (sanja@lola-ins.co.rs), Vojkan Cvijanović, dipl. inž, LOLA Institut, (vojkan@lola-ins.co.rs)

pozitivni kada se obrtanje člana 4 i obrtnog stola vrše u pozitivnom matematičkom smeru. Parametri članova vertikalnog 5-osnog strugarskog obradnog centra dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Parametri članova vertikalnog 5-osnog strugarskog obradnog centra

Veza	Promenljiva	d [mm]	α [°]	θ [°]
1	d_1 [mm]	d_{1const}	$\alpha_1 = 90^\circ, \alpha'_1 = 90^\circ$	$\theta_1 = 90^\circ$
2	d_2 [mm]	0	0	0
3	θ_3 [°]	0	$\alpha_3 = 90^\circ$	$\theta_{3pom} = 90^\circ$
4	θ_4 [°]	0	$\alpha_4 = -90^\circ$	0
C	c [°]	0	0	0

Koordinatni sistemi članova vertikalnog 5-osnog strugarskog obradnog centra prikazani su na slici 1.



Slika 1. Koordinatni sistemi članova vertikalnog 5-osnog strugarskog obradnog centra

Sada će biti date matrice homogenih transformacija koje definišu odnose između koordinatnih sistema

uzastopnih članova mašine. One su obeležene sa A_1 , A_2 , A_3 , A_4 i A_c . Matrica koja definiše odnos između koordinatnih sistema osnove i ose X mašine (člana 1) glasi:

$$\mathbf{A}_1 = \mathbf{A}(0,1) = \mathbf{Trans}(z_0, d_{1const}) \mathbf{Rot}(z_0, \theta_1 = 90^\circ) \mathbf{Rot}(x'_0, \alpha_1 = 90^\circ) \mathbf{Trans}(z'_0, d_1) \mathbf{Rot}(x''_0, \alpha'_1 = 90^\circ)$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_{1const} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & d_{1const} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Matrica koja definiše odnos između koordinatnih sistema osa X i Z mašine (članovi 1 i 2) glasi:

$$\mathbf{A}_2 = \mathbf{A}(1,2) = \mathbf{Trans}(z_1, d_2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Matrica koja definiše odnos između koordinatnih sistema Z mašine (član 2) i člana 3 glasi:

$$\mathbf{A}_3 = \mathbf{A}(2,3) = \mathbf{Rot}(z_2, \theta_{3pom} = 90^\circ) \mathbf{Rot}(z_2, \theta_3) \mathbf{Rot}(x'_2, \alpha_3 = 90^\circ) =$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_3 & s_3 & 0 & 0 \\ -s_3 & c_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_3 & 0 & c_3 & 0 \\ c_3 & 0 & -s_3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ovde je ugao θ_3 usvojen u negativnom matematičkom smeru.

Matrica koja definiše odnos između koordinatnih sistema članova 3 i 4 glasi:

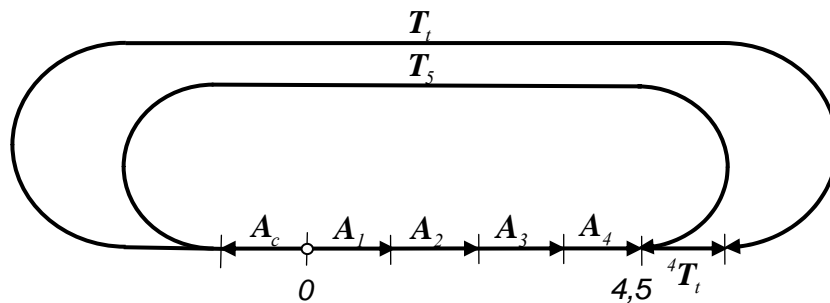
$$\mathbf{A}_4 = \mathbf{A}(3,4) = \mathbf{Rot}(z_3, \theta_4) \mathbf{Rot}(x'_3, \alpha_4 = -90^\circ)$$

$$= \begin{bmatrix} c_4 & -s_4 & 0 & 0 \\ s_4 & c_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_4 & 0 & -s_4 & 0 \\ s_4 & 0 & c_4 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Matrica koja definiše odnos između koordinatnih sistema osnove mašine i obrtnog radnog stola (C osa) glasi:

$$\mathbf{A}_c = \mathbf{A}(0,c) = \mathbf{Rot}(z_0, c) = \begin{bmatrix} c_c & -s_c & 0 & 0 \\ s_c & c_c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Transformacioni graf vertikalnog 5-osnog strugarskog obradnog centra dat je na slici 2.



Slika 2. Transformacioni graf vertikalnog 5-osnog strugarskog obradnog centra

3. ODREĐIVANJE POLOŽAJA ALATA NA OSNOVU POLOŽAJA ČLANOVA MAŠINE - DIREKTI KINEMATIČKI PROBLEM

Pri rešavanju direktnog kinematičkog problema određuju se položaji, brzine i ubrzanja reznog alata i članova mašine na osnovu poznatih pozicija brzina i ubrzanja veza članova mašine. Za ova izračunavanja koriste se matrice homogenih transformacija koje definišu odnose između koordinatnih sistema uzastopnih članova robota, matrice A_1 , A_2 , A_3 , A_4 i A_c . Ove matrice su zadate izrazima 1 do 5. Ovde će biti dat način izračunavanja pozicije i orijentacije reznog alata mašine. Ovo će biti urađeno na osnovu slike koordinatnih sistemi (slika 1) i slike transformacionog grafa vertikalnog 5-osnog strugarskog obradnog centra (slika 2).

Sa slika se vidi da je pozicija i orijentacija člana 4 u odnosu na osnovu mašine data matričnom jednačinom

$${}^0T_4 = A_1 A_2 A_3 A_4 = \begin{bmatrix} c_{34} & s_3 & -c_3 s_4 & d_1 \\ s_3 c_{34} & -c_3 & -s_{34} & 0 \\ -s_4 & 0 & -c_4 & d_{1const} - d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

a da je pozicija i orijentacija člana 4 u odnosu na obrtni sto data matričnom jednačinom

$$T_5 = A_c^{-1} A_1 A_2 A_3 A_4 = \begin{bmatrix} c_c c_{34} + s_c s_3 c_4 & c_c s_3 - s_c c_3 & -c_c c_3 s_4 - s_c s_{34} & c_c d_1 \\ -s_c c_{34} + c_c s_3 c_4 & -s_c s_3 - c_c c_3 & s_c c_3 s_4 - c_c s_{34} & -s_c d_1 \\ -s_4 & 0 & -c_4 & d_{1const} - d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Jasno je da je

$$T_5 = \begin{bmatrix} n_{x5} & o_{x5} & a_{x5} & X_5 \\ n_{y5} & o_{y5} & a_{y5} & Y_5 \\ n_{z5} & o_{z5} & a_{z5} & Z_5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Ako definišemo orijentaciju alata mašine RPY uglovima na način da se sve tri rotacije vrše oko osa nepokretnog koordinatnog sistema tako da se prvo vrši rotacija za ugao $-180^\circ \leq A_t \leq 180^\circ$ oko x -ose referentnog sistema, zatim rotacija za ugao $-90^\circ \leq B_t \leq 90^\circ$ oko y -ose nepokretnog referentnog sistema i na kraju rotacija za ugao $-180^\circ \leq C_t \leq 180^\circ$ oko z -ose nepokretnog referentnog sistema ovu transformaciju ćemo obeležiti sa $A_t B_t C_t$. Povezujući jednačine 7 i 8, uz poznate jednačine za izračunavanje RPY uglova orijentacije, dobićemo da je ugao C_t :

$$C_t = a \tan 2(n_{y5}, n_{x5}) = a \tan 2(-s_c c_{34} + c_c s_3 c_4, c_c c_{34} + s_c s_3 c_4) \quad (9)$$

Drugo rešenje za ugao C_t je:

$$C_t = a \tan 2(-n_{y5}, -n_{x5}) = a \tan 2(s_c c_{34} - c_c s_3 c_4, -c_c c_{34} - s_c s_3 c_4) \quad (10)$$

Razlikuje se od prethodnog rešenja za 180° . Ako su n_x i n_y , jednaki nuli, vrednost ugla C_t je nedefinisana, pa se za ugao C_t usvaja vrednost nula. Uglovi B_t i A_t su:

$$B_t = a \tan 2(-n_{z5}, \cos C_t n_{x5} + \sin C_t n_{y5}) = \quad (11)$$

$$= a \tan 2(-s_4, \cos C_t (c_c c_{34} + s_c s_3 c_4) + \sin C_t (-s_c c_{34} + c_c s_3 c_4))$$

$$A_t = a \tan 2(\sin C_t a_{x5} - \cos C_t a_{y5}, -\sin C_t o_{x5} + \cos C_t o_{y5}) = \quad (12)$$

$$= a \tan 2(\sin C_t (-c_c c_3 s_4 - s_c s_{34}) - \cos C_t (s_c c_3 s_4 - c_c s_{34}),$$

$$-\sin C_t (c_c s_3 - s_c c_3) + \cos C_t (-s_c s_3 - c_c c_3))$$

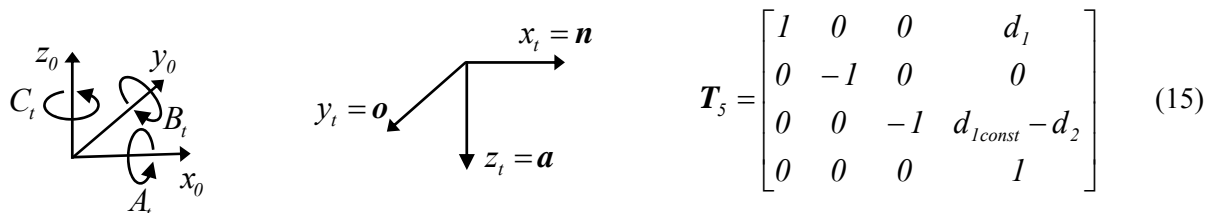
Matricu koja određuje položaj alata u odnosu na član 4 označićemo sa 4T_t . Ova matrica se dobija na osnovu zadatih parametara alata. Sa slika 1 i 2 se vidi da je položaj alata u odnosu na obrtni sto mašine (C osu) definisan izrazom:

$$T_t = T_5 {}^4T_t \quad (13)$$

Matrica T_5 je data jednačinom 7. Sa slike 1 se vidi da matrica 4T_t , koja definiše rezni alat, glasi:

$${}^4T_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -r_t \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

U početnom položaju, kada su uglovi θ_3 , θ_4 i c jednaki nuli, matrica T_5 glasi:



$$T_5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & d_{1const} - d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Slika 3. Koordinatni sistemi osnovne mašine i reznog alata u početnom položaju

Ovo daje: $C_t = a \tan 2(0, 1) = 0^\circ$, $B_t = a \tan 2(0, 1) = 0^\circ$, $A_t = a \tan 2(0, -1) = 180^\circ$. Koordinatni sistemi osnovne mašine i reznog alata u početnom položaju prikazani su na slici 3.

4. ODREĐIVANJE POLOŽAJA ČLANOVA MAŠINE NA OSNOVU POLOŽAJA ALATA - INVERZNI KINEMATIČKI PROBLEM

Rešavanjem inverznog kinematičkog problema određuju se položaji c , d_1 , θ_3 i θ_4 članova mašine na osnovu položaja njegovog alata u odnosu na radni sto (C osa), matrica T_t . Sa slika 1 i 2 se vidi da je položaj člana 4 u odnosu na obrtni sto mašine (C osu) definisan izrazom: $T_5 = T_t {}^4T_t^{-1}$. (16)

Za orijentaciju alata mašine definisanu RPY uglovima, na način da se respektivno vrše rotacije za uglove A_t , B_t i C_t oko x , y i z -ose nepokretnog referentnog sistema, A_t , B_t , C_t , matrica T_t glasi:

$$T_t = A_t B_t C_t = \begin{bmatrix} cC_t c B_t & cC_t s B_t s A_t - sC_t c A_t & cC_t s B_t c A_t + sC_t s A_t & X_t \\ sC_t c B_t & sC_t s B_t s A_t + cC_t c A_t & sC_t s B_t c A_t - cC_t s A_t & Y_t \\ -s B_t & cC_t s A_t & c B_t c A_t & Z_t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

Kada je $A_t = 180^\circ$, matrica T_t glasi:

$$T_t = A_t B_t C_t = \begin{bmatrix} cC_t c B_t & sC_t & -cC_t s B_t & X_t \\ sC_t c B_t & -cC_t & -sC_t s B_t & Y_t \\ -s B_t & 0 & -c B_t & Z_t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

Na osnovu jednačina 14 i 18, jednačina 16 glasi:

$$T_5 = \begin{bmatrix} n_{x5} & o_{x5} & a_{x5} & X_5 \\ n_{y5} & o_{y5} & a_{y5} & Y_5 \\ n_{z5} & o_{z5} & a_{z5} & Z_5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} cC_t c B_t & sC_t & -cC_t s B_t & X_t + cC_t c B_t r_t + cC_t s B_t l_t \\ sC_t c B_t & -cC_t & -sC_t s B_t & Y_t + sC_t c B_t r_t + sC_t s B_t l_t \\ -s B_t & 0 & -c B_t & Z_t - s B_t r_t + c B_t l_t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Jednačine 7 i 8 daju:

$$A_c T_5 = {}^0T_4 = A_1 A_2 A_3 A_4 \quad (20)$$

Na osnovu jednačina 5, 6 i 8, jednačina 9 sada glasi:

$$\begin{bmatrix} c_c n_{x5} - s_c n_{y5} & c_c o_{x5} - s_c o_{y5} & c_c a_{x5} - s_c a_{y5} & c_c X_5 - s_c Y_5 \\ s_c n_{x5} + c_c n_{y5} & s_c o_{x5} + c_c o_{y5} & s_c a_{x5} + c_c a_{y5} & s_c X_5 + c_c Y_5 \\ n_{z5} & o_{z5} & a_{z5} & Z_5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{34} & s_3 & -c_3 s_4 & d_1 \\ s_3 c_4 & -c_3 & -s_3 s_4 & 0 \\ -s_4 & 0 & -c_4 & d_{1const} - d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Član (2,4) jednačine 20 glasi $s_c X_5 + c_c Y_5 = 0$, odakle se za C osu dobija: $c = a \tan 2(Y_5, -X_5)$ (21)

Radi upravljanja X osom korišćićemo član (1,4) jednačine 20 koji daje: $d_1 = c_c X_5 - s_c Y_5$ (22)

Radi upravljanja Z osom korišćićemo član (3,4) jednačine 20 koji daje: $d_2 = d_{const} - Z_5$ (23)

Članovi (1,2) i (2,2) jednačine 20 daju: $\theta_3 = a \tan 2(s_3, c_3) = a \tan 2(c_c o_{x5} - s_c o_{y5}, -s_c o_{x5} - c_c o_{y5})$ (24)

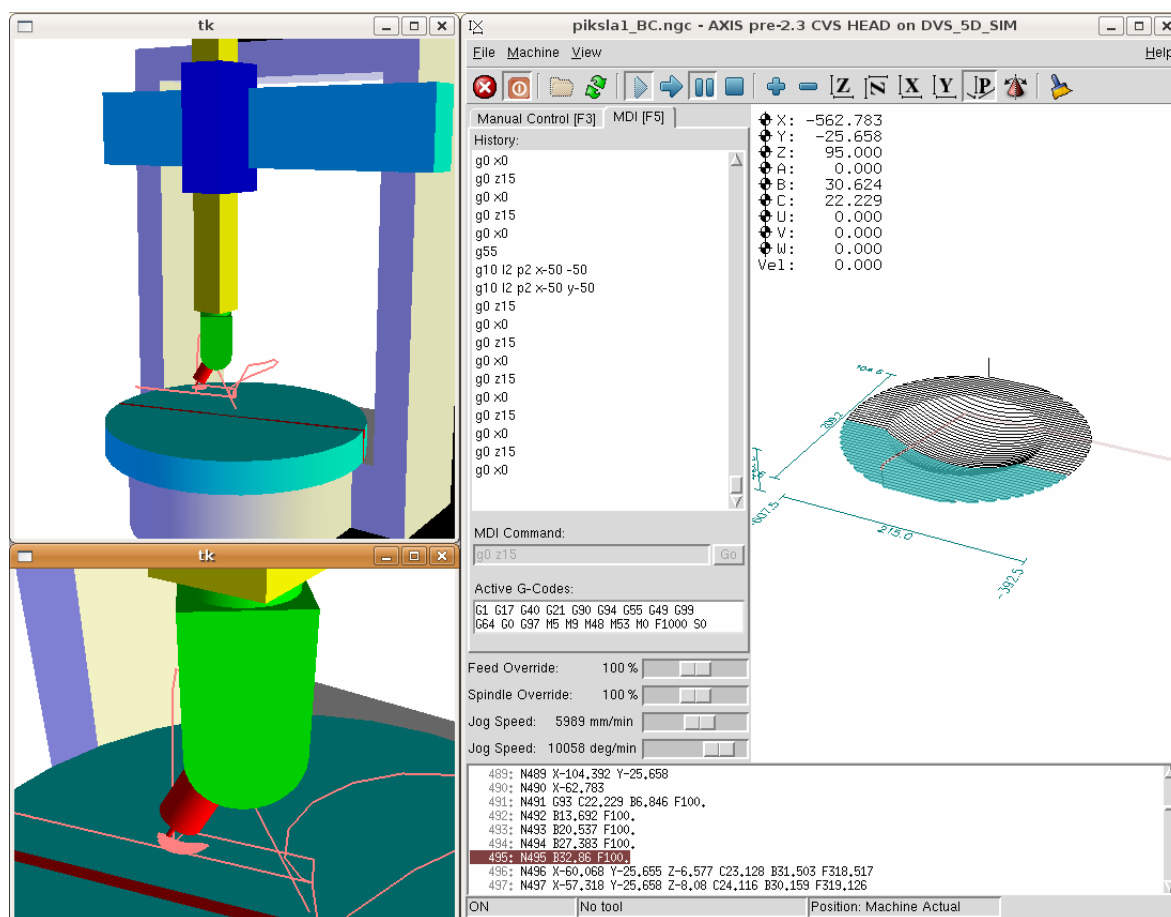
Članovi (3,1) i (3,3) jednačine 20 daju: $\theta_4 = a \tan 2(s_4, c_4) = a \tan 2(-n_{z5}, -a_{z5})$ (25)

U početnom položaju ($c = 0^\circ$, $C_i = 0^\circ$, $B_i = 0^\circ$, $A_i = 180^\circ$) važi:

$\theta_3 = a \tan 2(0,1) = 0^\circ$, $\theta_4 = a \tan 2(0,1) = 0^\circ$

5. VERIFIKACIJA FUNKCIJA INVERZNE I DIREKTNE KINEMATIKE

Verifikacija funkcija inverzne kinematike ostvarena je na virtuelnom 5-osnom strugarskom obradnom centru, realizovanom u EMC2 *open-source* softverskom paketu [1] za upravljanje mašinama alatkama (slika 4). U tu svrhu je formirana datoteka, u programskom jeziku C sa funkcijom *kinematicsInverse(...)*, koja je integrisana u odgovarajući HAL (*Hardware Abstraction Layer*) modul EMC-a [2],[3]. Programi obrade su pripremljeni primenom CAD/CAM sistema. Prilikom učitavanja u EMC2 okruženje, vrši se testiranje NC programa i iscertava planirana putanja vrha alata. Na slici 4 je prikazana simulacija 5-osne obrada glodanjem sfernog udubljenja.



Slika 4. Virtuelni strugarski obradni centar u EMC2 okruženju

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazano matematičko modeliranje funkcija inverzne i direktne kinematike sa verifikacijom na virtuelnom vertikalnom petoosnom strugarskom obradnom centru. U daljim istraživanjima, akcentat će biti dat na optimizaciji konfiguracije mašine u cilju povećanja korisnog radnog prostora kod 5-osnog glodanja. Biće razmatrana i primena različitih strategija 5-osne obrade uz razvoj i adaptaciju postprocesora komercijalno raspoloživih CAM softverskih alata.

7. IZJAVA ZAHVALNOSTI

Ovaj rad je nastao u okviru istraživanja na projektu „Istraživanje i razvoj nove generacije vertikalnih petoosnih strugarskih obradnih centara” koji je podržan od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Vlade Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] EMC - Enhanced Machine controller web site – <http://www.linuxcnc.org>
- [2] Dimić, Z., Živanović, S., Kvrđić, V., Konfigurisanje EMC2 za programiranje i simulaciju višeosnih mašina alatki u Python virtuelnom grafičkom okruženju, XXXII Savetovanje proizvodnog mašinstva sa međunarodnim učešćem, Zbornik radova ISBN 978-86-7892-131-5, str.353-356, Novi Sad, 2008.
- [3] Dimić, Z., Živanović, S., Kvrđić, V., Koncept razvoja CNC upravljanja za mašine alatke specifične konfiguracije na bazi EMC softvera, 34. JUPITER konferencija, 30. simpozijum NU-Roboti-FTS, Zbornik radova, ISBN 978-86-7083-628-0, str.3.19-3.26, Mašinski fakultet, Beograd, jun 2008.

***Abstract:** Because of accomplishment of movement that is identical to the movement along the y axis, that do not exist on the vertical lathe, the working table can be separates of the main drive and connects to the drive which turns the working table (C axis). The movement that corresponds to the y axis movement is achieving with the C axes turning and the movement along the x axis under appropriate rule. The ram arm with turning tool is exchanges with turning, milling and boring unit. On this way, the vertical lathe obtains the possibility of the vertical 3-axes mill. With adding of continual controlled 2-axes angular milling head it is possible to have 5-axes machining. This paper describes the solving of the direct and inverse kinematic problem which is necessary for the development of the control system for the vertical 5-axes turning and machining center.*



Vukelić, Đ.¹, Hodolić, J.², Agarski, B.³

PRIMENA ZAKLJUČIVANJA NA OSNOVU SLUČAJA U PROJEKTOVANJU PRIBORA ZA MAŠINSKU OBRADU*

Rezime

U radu se prikazuje razvoj sistema za projektovanje pribora za mašinsku obradu rezanjem. Sistem obezbeđuje projektovanje novih konstrukcija pribora na bazi predhodno projektovanih rešenja. Za razvoj sistema primenjena je tehnika zaključivanja na osnovu slučaja. Pored toga sistem obezbeđuje i optimizaciju konstrukcije pribora. Kao kriterijumi optimizacije su upotrebljeni proizvodnost, tačnost i troškovi izrade pribora. Rad prezentuje osnovne korake primenjene metodologije, prikaz pojedinih segmenata sistema i primer njegove implementacije u industrijskoj proizvodnji.

1.0. UVOD

U proizvodnim sistemima sa automatizovanom proizvodnjom ističe se potreba za automatizovanim projektovanjem pribora, s obzirom na to da projektovanje i proizvodnja istih, zavisno od tipa proizvodnje, čini značajan deo od ukupnog vremena za pripremu proizvodnje, čak i do 20% [1, 2]. Skraćivanjem tog vremena smanjuju se i troškovi proizvodnje. Projektovanje pribora pomoću računara je nastalo je kao uzročno-posledični odgovor na negativne aspekte klasičnog načina projektovanja. Ovaj način projektovanja pribora podrazumeva upotrebu računara koji u određenoj meri automatizuje sekvence projektovanja pribora. Osnovni cilj jeste generisati adekvatan pribor u okviru vremenski prihvatljivog roka a da se pri tome subjektivni uticaj i potreban napor projektanta svede na minimum. Za rešavanje problema automatizovanog projektovanja pribora primenjivani su različite tehike i metode a jedan od njih je i zaključivanje na osnovu slučaja.

2.0 DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Zaključivanje na osnovu slučaja je koncept koji rešava nove probleme u projektovanju pribora koristeći rešenja postojećih konstrukcija pribora. Proces teče sledećim tokom. Javlja se novi radni predmet za koji treba projektovati pribor. Projektant pretražuje tzv. bazu znanja da bi našao rešenja koja su slična ovom problemu konstrukcije pribora. Zatim se staro rešenje prilagođava novom problemu i generiše se novo rešenje [3]. Kod zaključivanja na osnovu slučaja prvi korak je struktuiranje (uređivanje) problema konstrukcije pribora. Ovo se rešava preko tzv. slučajeva. Slučaj je jedan od načina predstavljanja znanja. Slučaj se, prema tome, sastoji od skupa kriterijuma čije vrednosti nose informacije o konstrukciji pribora i skupa kriterijuma koji nose informacije o njegovom rešenju. Podskup skupa kriterijuma kod slučaja, koji služe za pretraživanje baze znanja, su indeksi. Slučaj se sastoji iz indeksiranih i neindeksiranih kriterijuma

¹ mr Đorđe Vukelić dipl. inž., asistent, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel.: 021/485-23-26, e-mail: vukelic@uns.ns.ac.yu

² dr Janko Hodolić dipl. inž., red. prof., Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel.: 021/485-20-53, e-mail: hodolic@uns.ns.ac.yu

³ Boris Agarski dipl. inž., stipendista, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Tel.: 021/485-23-50, e-mail: agarski@uns.ns.ac.yu

* Rad predstavlja segment istraživanja na projektu "Unapređenje kvaliteta procesa i proizvoda primenom savremenih inženjerskih tehnika sa ciljem povećanja konkurentnosti na globalnom tržištu" (Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2008.-2011. god., evidencioni broj projekta 14003) koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Vlade Republike Srbije.

[3]. Indeksiranje može da se izvrši ručno ili automatski. Nakon što je slučaj struktuiran, podaci se dovode u oblik koji omogućava efikasnu manipulaciju i upravljanje istima, tj. vrši se normalizacija. Normalizacijom se slučajevi organizuju tako da vrednosti budu uporedive [4]. To je proces u kojem se određenom skupu podataka dodeljuje zajedničko obeležje. Podaci su nakon ove faze organizovani tako da se može upravljati njima, pa je moguće preći na sledeću fazu agregaciju podataka. Pri tome se koristi koncept sličnosti (udaljenosti) kojim se računa odstojanje nove (potrebne) od stare (postojeće) konstrukcije pribora [4]. Sve metode pretraživanja pretvaraju više indeksa u jednu vrednost (kolonu), na osnovu kojih se vrši sortiranje i izbor najbližeg slučaja. Nakon što je izvršena agregacija, tj. sistem je projektanu vratio rešenja na osnovu kojih može da se donese odluka, prelazi se na analizu rešenja. Nakon što je izvršen proces otkrivanja slučaja (jednog ili više njih), treba proveriti mogućnost primene starog rešenja pribora za novi problem. Za tu svrhu je potrebno razviti mehanizme koji prilagođavaju postojeća rešenja konstrukcija pribora novom problemu. Prilagođavanje se bazira na uočavanju bitnih sličnosti/razlika starog i novog rešenja i izmena starog kako bi se zadovoljili zahtevi novog.

Zaključivanje na osnovu slučajeva uspešno je primenjeno u fazi planiranja koncepcije pribora, tj. definisanja površina za pozicioniranje i stezanje a za unapred poznate šeme [1, 3, 4, 5, 6]. U daljoj fazi detaljnog projektovanja konstrukcije pribora projektan je interaktivno u komunikaciji sa računarom birao potrebne elemente za projektovanje. Mana ovih sistema je što obezbeđuju dobijanje konceptijskih rešenja [1-6]. Put od koncepcije do finalne konstrukcije pribora je prepušten projektantu. Ovo može veoma dugo da traje sa ciljem koji možda nije ni rešiv. Dodatni problem u svim dosadašnjim istraživanjima je bio jasno i sistematično definisanje svih porebnih kriterijuma za sprovođenje potrebnih modifikacija. Ni jedan od predhodnih prilaza ne obezbeđuje izbor gotovih konstrukcija pribora koje se mogu odmah primeniti niti je omogućeno projektovanje novih konstrukcija pribora ako sistem ne pronađe dovoljno slično rešenje [1-6]. U svim dosadašnjim istraživanjima, bez obzira na način rešavanja problema, sistemi su obezbeđivali dobijanje parcijalnih rešenja pribora, tj. izbor elemenata za pozicioniranje i/ili elemenata za stezanje. Ostale grupe elemenata (elementi tela pribora, elementi za vođenje alata, elementi za podešavanje položaja alata, itd.) nisu birani na osnovu predhodno definisanih kriterijuma što se može okarakterisati kao velika mana budući da ovi elementi takođe imaju veliku važnost u konstrukciji pribora. Takođe, problemu optimizacije konstrukcije pribora nije dat značaj [7].

Kao osnovni cilj ovog istraživanja postavlja se razvoj sistema zasnovanog na zaključivanju na osnovu slučajeva koji će u prvom koraku omogućiti izbor pribora iz baze podataka (ukoliko takvo rešenje postoji) ili izvršiti projektovanje nove konstrukcije pribora na osnovu postojećih ukoliko u bazi podataka postoje "dovoljno" slična rešenja. Sistem bi takođe trebao da obezbedi izbor većeg broja karakterističnih konstrukcija pribora i da se u datom momentu na osnovu adekvatnih kriterijuma optimizacije odabere optimalno rešenje pribora.

3.0. STRUKTURA SISTEMA

Na bazi ulaznih informacija potrebnih za projektovanje pribora može se, u opštem slučaju, izvršiti izbor postojećeg pribora, po potrebi ga doraditi, ili ako takvo rešenje ne postoji, projektovati novi pribor. U bazi podataka mogu biti zapamćena rešenja pribora i na odgovarajući način kodirana. Na nivou izbora pribora dobiće se rešenja pribora različitog stepena operativne upotrebljivosti. Ako je dobijeno više rešenja pribora, tehno-ekonomskom analizom dolazi se do najpovoljnijeg rešenja za posmatrani slučaj. Kad se dobije rešenje koje se ne može direktno primeniti, na nivou projektovanja pribora, modifikuje se pribor. Moguće je da se uopšte ne dobije rešenje pribora. Onda se pristupa sintezi nove konstrukcije pribora. Na kraju je neophodno oblikovati sklop pribora i generisati potrebnu izlaznu dokumentaciju.

Struktura sistema, tj. dijagram toka procesa projektovanja pribora je dat na slici 1. Uticajni faktori na konstrukciju pribora mogu se dobro objediniti pravilnim i sveobuhvatnim definisanjem ulaznih informacija. Ulazne informacije se mogu podeliti na dve osnovne grupe informacija:

- karakteristike obrade (vrsta obrade, grupa mašina alatki, tip mašine alatke, režimi obrade, broj istovremeno obrađivanih radnih predmeta, osnovna karakteristika pribora, broj alata, broj površina za obradu, vezivanje pribora za mašinu alatku, fiksiranje pribora u toku obrade, stanje površine radnog stola, dimenzije žlebova radnog stola, prečnik bušenja/broj tehnoloških mera),
- karakteristike radnog predmeta (oblik radnog predmeta, dužina, visina ili prečnik, širina radnog predmeta, tolerancije, broj oduzetih stepeni slobode, metod pozicioniranja, oblik baznih površina, kvalitet baznih površina, integralnost baznih površina, položaj baznih površina u odnosu na sto mašine ili osu vretena, karakteristične dimenzije baznih površina, broj pravaca dejstva sile stezanja, šema stezanja u pojedinim pravcima, pogon stezanja u pojedinim pravcima, intezitet sile stezanja u pojedinim pravcima, oblik

površine za stezanje u pojedinim pravcima, pravac dejstva sile stezanja u odnosu na bazne površine po pojedinim pravcima).

Na osnovu ulaznih informacija vrši se kodiranje ulaznih informacija potrebneg pribora za posmatranu operaciju obrade radnog predmeta. Kodirana oznaka se sastoji od određenog broja kodova i predstavlja ključ za pretraživanje gotovih konstruktivnih rešenja pribora, koji figurišu u datoteci raspoloživih (prethodno konstruisanih) pribora. Pretraživanje datoteke gotovih konstruktivnih rešenja pribora se svodi na određivanje stepena poklapanja određenog broja kodova oznake potrebneg pribora sa postojećim u bazi. Stepenn poklapanja, a samim tim i stepenn operativne upotrebljivosti pribora, može biti različitt. Ako postoji potpuna podudarnost kodova potrebneg pribora sa postojećim u bazi podataka dobija se radno rešenje (jedno ili više njih). Radna konstrukcija predstavlja finalnu konstrukciju pribora koja se primenjuje na radnom mestu u toku procesa obrade. Ukoliko ne postoji potpuna podudarnost kodova vrši se provera da li postoji slično rešenje pribora. Slična rešenja pribora su takva rešenja koja imaju slične karakteristike obrade i karakteristike radnog predmeta za koji se projektuju, a ovo podrazumeva potpunu podudarnost kodova potrebneg pribora sa postojećim u bazi, osim obeležja koja kodiraju: tip mašine alatke, fiksiranje pribora u toku obrade, stanja površine radnog stola, dimenzija žlebova radnog stola, dužinu, širinu (prečnik) i visinu radnog predmeta, karakteristične dimenzije baznih površina i intezitet sile stezanja po pojedinim pravcima.

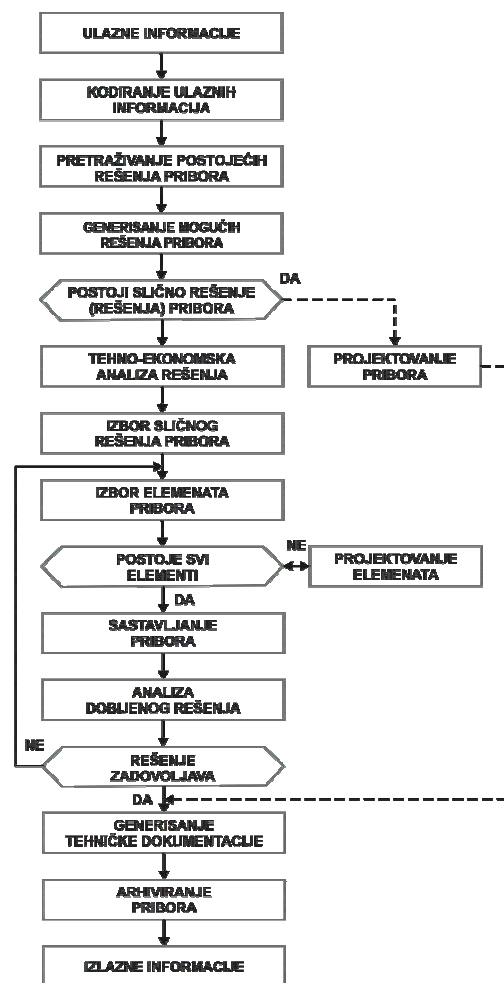
Pošto se izvrši pretraživanje baze podataka i utvrdi stepenn poklapanja oznake potrebneg pribora sa postojećim konstruktivnim rešenjima pribora u bazi podataka generiše se pregled mogućih rešenja pribora (radna i slična) ukoliko ista postoje. Kada se dobije više karakterističnih rešenja pribora za posmatranu operaciju obrade datog radnog predmeta vrši se optimizacija (u smislu selekcije i sortiranja) ponuđenih rešenja. Kao funkcije cilja moguće je postaviti različite parametre. Pogodno je za parametre izabrati proizvodnost (B1), tačnost (B2) i cenu (B3). Svakom parametru se dodaje određeni težinski koeficijent (Ai, i=1,2,3) sa ciljem dobijanja što realnijih rezultata, tako da je funkcija cilja oblika:

$$F_c = A_1 \cdot B_1 + A_2 \cdot B_2 - A_3 \cdot B_3 \quad (1)$$

Rešenja sa većom funkcijom imaju bolje performanse, budući da se od pribora očekuje da ima što je moguće veću proizvodnost i tačnost, i što je moguće manje troškove (cenu). Težinski koeficijenti se menjaju vremenom u skladu sa potrebama korisnika sistema (razlikuju se od proizvodnog sistema do proizvodnog sistema).

Ukoliko postoji radno rešenje pribora vrši se izbor istog a svi podaci (izlazne informacije) se automatski preuzimaju iz datoteke gotovih konstruktivnih rešenja pribora. Na ovaj način je obezbeđeno da se prethodno konstruisana rešenja pribora odmah koriste u procesu proizvodnje bez dupliranja konstrukcija, odnosno ponavljanja procesa projektovanja i sastavljanja pribora.

U slučaju da u bazi podataka postoji slično rešenje pribora vrši se, u prvom koraku, izbor sličnog rešenja. Za odabrano (postojeće) rešenje pribora biraju se elementi pribora neophodni za ostvarivanje određenih korekcija. Izbor pojedinih elemenata se vrši po unapred definisanim kriterijumima izbora iz datoteke elemenata pribora. Kriterijumi izbora elemenata pribora su sadržani u indeksiranim kriterijumima potrebneg pribora. Modifikovanje pribora podrazumeva da se određeni elementi pribora uklone, dodaju ili podese u odnosu na osnovni sklop pribora. Osnovni sklop čini grupa elemenata pribora, koji se koriste kako u novom (potrebnom) rešenju tako i u starom (postojećem) rešenju pribora. Za izabrano postojeće slično rešenje pribora i adekvatne elemente pribora neophodne za ostvarivanje određenih modifikacija vrši se sastavljanje nove konstrukcije pribora. Nakon sinteze (sastavljanja) sklopa pribora uvek je dobro uraditi njegovu analizu. Analiza je potrebna radi otklanja mogućih kolizija. Pri projektovanju pribora javljaju se tri vrste kolizija:



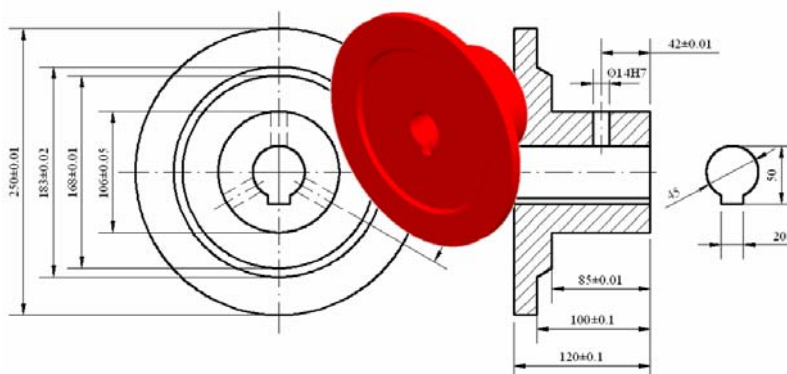
Slika 1. Dijagram toka sistema

- kolizije između sastavnih elemenata pribora (nemogućnost sastavljanja pribora, tj. montaže),
- kolizija između elemenata pribora i radnog predmeta (nemogućnosti postavljanja i vađenja radnog predmeta iz pribora, pogrešna orijentacija radnog predmeta u priboru),
- kolizije alata i elemenata pribora / postavljanja elemenata pribora duž trajektorije kretanja alata (oštećenje alata ili elemenata pribora, mašne i ostalih delova obradnog sistema, povrede radnika, i sl).

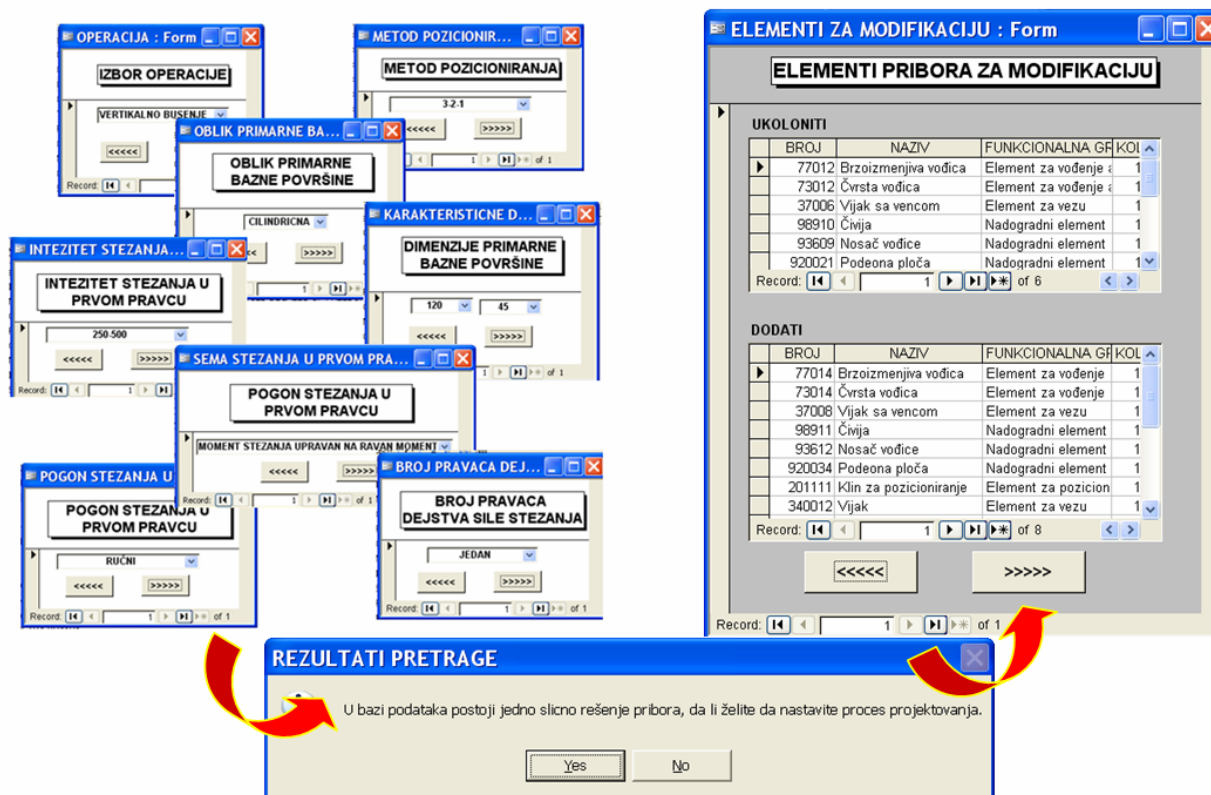
Kada se dobije rešenje konstrukcije pribora koje po svojim performansama zadovoljava postavljane kriterijume generiše se potrebna tehnička dokumentaciju koja predstavlja izlaznu informaciju iz sistema. Na kraju je potrebno arhivirati pribor u bazu podataka kako bi se rešenje moglo koristiti u budućim postupcima projektovanja.

4.0. VERIFIKACIJA SISTEMA

Struktura i način funkcionisanja sistema za automatizovano projektovanje pribora je objašnjena u predhodnom poglavlju. U ovom poglavlju je prikazan primer testiranja postavljenog sistema na konkretnom primeru obrade radnog predmeta. Radni predmet za koji je bilo potrebno projektovati pribor je prikazan na slici 2. Na radnom predetu se izvodi operacija bušenja otvora $\varnothing 14H7$ na vertikalnoj konvencionalnoj bušilici u seriji od 12000 komada godišnje.



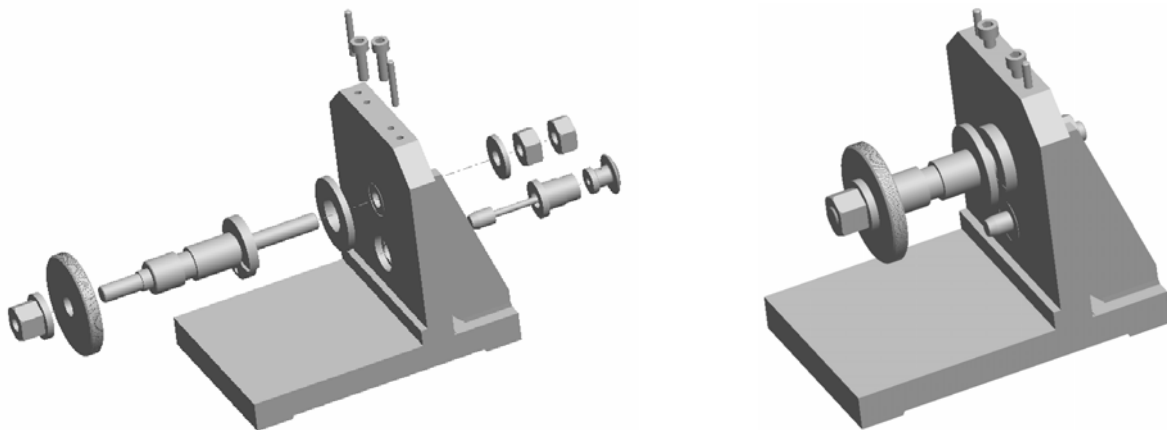
Slika 2. Radni predmet za koji je potrebno projektovati pribor



Slika 3. Kodiranje ulaznih informacija, informacija o postojanju sličnog rešenja u bazi podataka i elementi pribora za modifikaciju

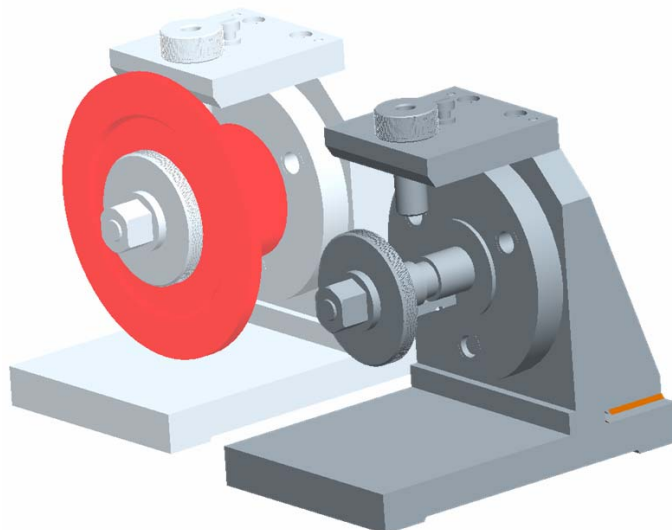
Prvi korak pri korišćenju sistema jeste definisanje indeksiranih kriterijuma novog pribora. Segment formi (računarskih prikaza) putem koje se vrši kodiranje je prikazan na slici 3. Sa definisanom kodovima

potrebnog pribora pretražuje se datoteka gotovih konstruktivnih rešenja pribora u okviru baze podataka. Utvrđuje se stepen poklapanja potrebne oznake pribora sa postojećim u bazi. Sva karakteristična konstruktivna rešenja pribora se filtriraju (ukoliko postoje) i prikazuju na posebnoj formi. Redosled po kome se karakteristična rešenja prikazuju, u za to određenim poljima, se definiše tehno-ekonomskom optimizacijom, počev od najboljeg ka najlošijem. Na bazi dobijene povratne informacije (slika 3) može se zaključiti da je u posmatranom slučaju potrebno izvršiti modifikovanje postojeće konstrukcije pribora jer postoji jedno slično rešenje pribora u bazi podataka. Odgovarajuća modifikacija pribora se sprovodi na osnovu forme (slika 3) putem koje nam razvijeno programsko rešenje sugerise koje elemente treba dodati na postojeću konfiguraciju pribora odnosno ukloniti ili podesiti. Lista elemenata se fomira na osnovu kodiranih kriterijuma potrebnog pribora, generisanih u okviru segmenta za kodiranje ulaznih informacija, i razvijenih kriterijuma odlučivanja izbora svakog elementa iz pojedinih funkcionalnih grupa. Oznaka odnosno njeni pojedinačni kodovi nose odgovarajuću informaciju - kriterijum izbora. Na bazi ovih kriterijuma se biraja postojeće-slično rešenje pribora, sa jedne strane, i elementi pribora, sa druge strane. Na izlazu iz ovog segmenta sistema dobija se odgovarajuće slično rešenje pribora i odgovarajući elementi neophodni za odgovarajuće korekcije. Elementi pribora koji se mogu koristiti u oba konstruktivna rešenja pribora predstavljaju osnovni sklop (slika 4). Osnovni sklop predstavlja univerzalno konstruktivni mehanizam višekratnog korišćenja u konstrukcijama pribora nekoliko tipova i dimenzija. U procesu razrade radne konstrukcije pribora vrši se konstruktivno opremanje odgovarajućeg osnovnog sklopa sa odgovarajućim izamenljivim ili regulišućim elementima pribora. Na osnovu sličnog rešenja pribora i odgovarajućih elemenata za modifikovanje vrše se potrebne korekcije. Korekcije podrazumevaju uklanjanje nepotrebnih elemenata iz pribora i dodavanje novih sa ciljem dobijanja potrebnog rešenja pribora, kao i promenu položaja postojećih elemenata is osnovnog sklopa.



Slika 4. Modifikacija konstrukcije pribora - osnovni sklop

Nakon što se izvrši modifikovanje dobija se rešenje pribora prikazano na slici 5. Pošto se izvrši analiza pribora i utvrdi da pribor može da izvrši funkciju za koju je namenjen, sprovodi se procedura generisanje odgovarajuće tehničke dokumentacije i arhiviranja pribora.



Slika 6. Premer izlaznih rezultata - nova konstrukcija pribora za bušenje

5.0. ZAKLJUČAK

Implementacija predloženog sistema je izvršena u nekoliko proizvodnih sistema u okruženju. Verifikacija je sprovedena na ukupno 173 radna predmeta, i to 99 radnih predmeta za operacije obrade bušenja i 74 radna predmet za operacije obrade glodanja. Rezultati testiranja sistema u proizvodnom okruženju su prikazani u tabeli 1. Ovakav odnos procenata govori o opravdanosti razvoja i primene sistema budući da samo u 14,14% (za operacije bušenja) i 16,22% (za operacije glodanja) sistem nije uspeo da generiše potreban pribor na osnovu predhodno projektovanih konstrukcija, tj. u manjem procentu sistem nije u mogućnosti da samostalno projektuje novu konstrukciju pribora. Zbog toga će se u budućnosti mora raditi na usavršavanju do sada razvijenih segmenata posebno baze znanja. Sistem je dao zadovoljavajuće rezultate za prizmatične i rotacione radne predmete za operacije bušenja i glodanja u narednim faza istraživanja sistem će biti razvijan i za ostale operacije obrade (struganje, brušenje, itd.).

Operacija obrade	Izbor i modifikovanje pribora (sistem uspešno primenjen)		Projektovanje nove konstrukcije pribora (sistem neuspešno primenjen)	
	radnih predmeta [kom]	procentualna zastupljenost [%]	radnih predmeta [kom]	procentualna zastupljenost [%]
Bušenje	85,00	85,86	14,00	14,14
Glodanje	62,00	83,78	12,00	16,22

Tabela 1. Rezultati testiranja sistema u proizvodnom okruženju.

Sistem projektovanja pruža mogućnost da se u okviru tehnološke pripreme proizvodnje, na efikasan način dođe do rešenja pribora u tekućoj proizvodnji i brzo dođe do rešenja pribora pri osvajanju novih proizvoda, čime se utiče na podizanje tehnoeekonomskih izlaznih pokazatelja ukupnog proizvodnog procesa. Na ovaj način se proces projektovanja značajno ubrzava, a stepen tipizacije i unifikacije rešenja se povećava, što doprinosi racionalizaciji procesa projektovanja i svi drugih procesa koji slede kao njegova posledica.

6.0 LITERATURA

- [1] Boyle, I. M., Rong, K., Brown, D. C.: *CAFixD - A Case-Based Reasoning Fixture Design Method Framework and Indexing Mechanisms*, The Journal of Computing & Information Science in Engineering 6(1), pp. 81-90, 2006.
- [2] Kang, Y. G., Wang, Z., Li, R., Jiang, C.: *A fixture design system for networked manufacturing*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing 20(2), pp. 143-159, 2007.
- [3] Li, W., Lia, P., Rong, Y.: *Case-based agile fixture design*, Journal of Materials Processing Technology 128(1), pp.7-18, 2002.
- [4] Liqing, F., Kumar, A. S.: *XML-based Representation in a CBR System for Fixture Design*, Computer-Aided Design & Applications 2(1-4), pp 339-348, 2005.
- [5] Rong, Y., Hou, Z., Huang, S.: *Advanced computer-aided fixture design*, Academic Press, p. 424, 2005.
- [6] Sun, S. H., Chen, J. L.: *Knowledge Representation and Reasoning Methodology based on CBR Algorithm for Modular Fixture Design*, Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers 28(6), pp.593-604, 2007.
- [7] Vukelić, Đ., Tadić, B., Hodolić, J.: *Stanje i tendencije razvoja računarom podržanog projektovanja pribora u mašinskoj obradi rezanjem*, Tehnika - Mašinstvo 58(2), pp. 1-11, 2009.

APPLICATION OF CASE-BASED REASONING IN MACHINING FIXTURE DESIGN

Abstract

The development of a system for machining fixture design is presented in this paper. The system provides new fixture layout design on the basis of previously designed solutions. The case-based reasoning technique was used for this system development. Additionally, the system provides optimization of fixture layout. Productivity, accuracy and production costs were used as criteria for optimization. The paper presents basic steps of applied methodology, description of particular system segments and system implementation in production industry.



Živković, A.¹, Zeljković, M.¹, Mijušković, M.², Borojev, Lj.¹

MATEMATIČKI MODEL ZA ODREĐIVANJE DEFORMACIJA INTEGRISANOG LEŽAJA

Rezime: U radu je prikazan matematički model za određivanje aksijalnih i radijanih deformacija i ugla kontakta integrisanog ležaja točka vozila pod dejstvom spoljašnjeg aksijalnog i radijanog opterećenja. Analiza uključuje nelinearnu zavisnost između opterećenja i deformacija. Deformacije ležaja i ugao kontakta između kotrljajnih tela i staza kotrljanja se menja u zavisnosti od prednaprezanja, zone opterećenja i spoljašnjeg opterećenja. Deformacije i promena ugla kontakta su određene na bazi geometrije kotrljajnih tela i staza kotrljanja, Hertz-ove teorije kontakta, uslova statičke ravnoteže i John-Harris-ove metode raspodele opterećenja. Sistemi nelinearnih jednačina su rešavani primenom Newton-ove metode.

Ključne reči: Ugao kontakta, kontaktno opterećenje, integrisani ležaj točka vozila

1.0 UVOD

U savremenoj automobilskoj industriji je sve više zastupljen razvoj ležaja točka vozila baziranih na integraciji pojedinih komponenti osovine (*Hub Unit Bearing-HUB*; *Integrirani ležaj točka*-, *ILT*“) u cilju smanjenja mase i dimenzija kao i poboljšanja ukupnih performansi vozila. Tokom 80-tih godina dvadesetog veka u automobilskoj industriji javila su se rešenja u kojima je integrisan ležaj točka vozila i neke od komponenti osovine kao što je upravljački zglobov i glavčina u cilju poboljšanja karakteristika i olakšane montaže. Poslednjih godina proizvođači vozila su veliku pažnju posvetili bezbednosti svojih proizvoda i u tom pogledu najnovija rešenja ležaja točka imaju značajno unapređenu strukturu i funkcionalnost. Novija rešenja ležaja točka vozila se mogu sistematizovati u tri grupe: *ILT I*, *ILT II* i *ILT III*. Proizvodnja ove tri grupe ležaja je nastala iz potrebe proizvođača vozila da zadovolji osnovna tri zahteva: kompaktnost, smanjenje mase i povećanje pouzdanosti. Na taj način postiže se smanjena potrošnja goriva i povećana stabilnost pri upravljanju vozilom.

Konstrukciono rešenje **ILT I** je zamenilo klasična rešenja uležištenja točka (pojedinačni ležajevi montirani u određeni raspored) i bazira se na dvoredom kugličnom ležaju sa kosim dodirom ili koničnom valjkastom ležaju sa jednodelnim spoljašnjim prstenom, dok je unutrašnji prsten iz dva dela (slika 1) [12]. Rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom se najčešće koristi za pogonske točkove pri čemu se vrši obrtanje unutrašnjeg prstena. Inicijalni aksijalni zazor je prethodno podešen tako da je obezbeđeno potrebno prednaprezanje ležaja. Takođe, ne postoji potreba za spoljašnjim zaptivačem jer ležaj poseduje integrisani zaptivač, što značajno poboljšava uslove održavanja.

Razvoj integrisanog ležaja **ILT II** predstavlja rešenje integrisanog ležaja kod koga je spoljašnji prsten izrađen zajedno sa vencem. I ova grupa ležaja se proizvodi u varijantama sa dvoredim kugličnim ležajem (slika 2) ili dvoredim konično valjkastim ležajem. Navedeno rešenje se najčešće koristi za gonjene točkove, pri čemu se vrši obrtanje spoljašnjeg prstena na koji se veže točak i kočioni disk sistema za kočenje, dok je unutrašnji prsten fiksiran na osovinu vijčanom vezom. Takođe, postoji i izvedba za pogonske točkove sa obrtanjem unutrašnjeg prstena.

ILT III je integrisani dvoredi kuglični ležaj kod koga su i spoljašnji i unutrašnji prsten izrađeni sa vencem (Slika 3. i 1.). Ova vrsta ležaja se najčešće koristi za prednje pogonske točkove i zadnje gonjene točkove [12].

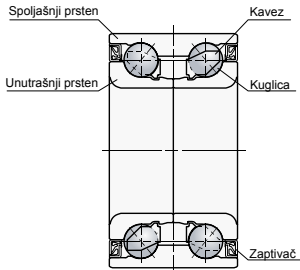
¹ Mr Aleksandar Živković, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, acozy@uns.ns.ac.yu

Prof. dr Milan Zeljković, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, milanz@uns.ns.ac.yu

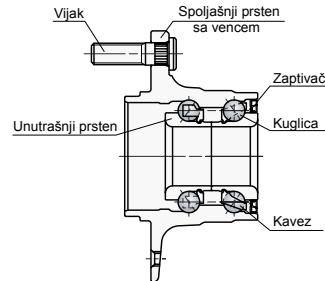
Prof. dr Ljubomir Borojev, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, borojevlj@uns.ns.yu

² Milivoje Mijušković, dipl. ing., „FKL“ a.d. Temerin, Industrijska zona bb, mile.mijusovic@fkl-serbia.com

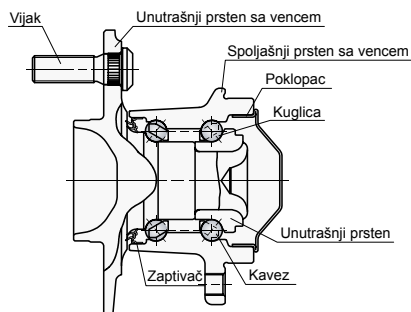
U verziji obrtanja spoljašnjeg prstena, kod gonjenih točkova, točkovi i kočioni diskovi se vežu za venac spoljašnjeg prstena, dok je unutrašnji prsten vezan za telo vozila. U slučaju rešenja sa obrtanjem unutrašnjeg prstena, kod gonjenih točkova, točak i kočioni disk su vezani za venac unutrašnjeg prstena, a venac spoljašnjeg prstena se fiksira za telo vozila. Kod rešenja za pogonske točkove sa obrtanjem unutrašnjeg prstena, točak i kočioni disk su, takođe, vezani za venac unutrašnjeg prstena, dok je venac spoljašnjeg prstena fiksiran za osovinu. Inicijalni aksijalni zazor je prethodno podešen da bi bilo obezbeđeno adekvatno prenaprezanje.



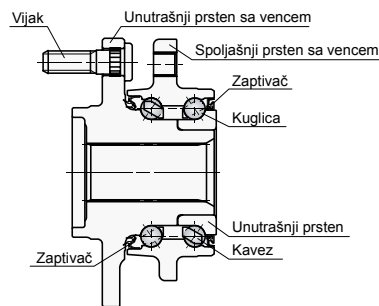
Slika 1. ILT I Rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom za pogonske i gonjene točkove [12]



Slika 2. ILT II Rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom [12]



Slika 3. ILT III Rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom za gonjene točkove [12]



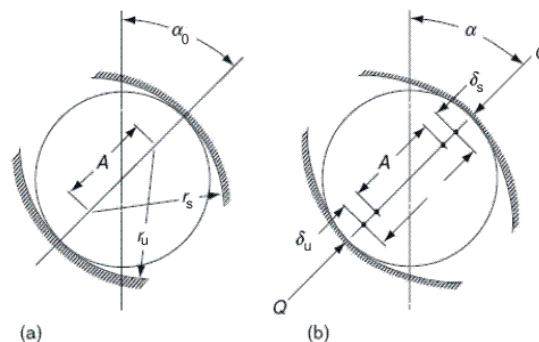
Slika 4. ILT III Rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom za pogonske točkove [12]

U radu je prikazan matematički model za analizu statičkog ponašanja integrisanog ležaja točka II (ILT II), s tim da treba napomenuti da se razvijenim matematičkim modelom mogu sprovesti analize i na preostala dva rešenja integrisanog ležaja.

2.0 MATEMATIČKI MODEL

U toku eksploatacije na integrisani ležaj točka deluje kombinovano opterećenje (aksijalno i radijalno), što značajno menja raspored opterećenja, deformacije i kontaktne napone na kotrljajnim telima.

Kada na kotrljano telo deluje kontaktno opterećenje pod određenim uglom, centar zakrivljenosti staze kotrljanja je fiksiran naspram odgovarajuće staze, dok se rastojanje između centara staza kotrljanja povećava (slika 5).

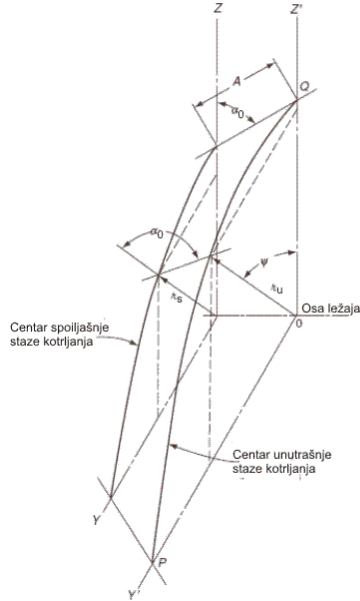


Slika 5. Šematski prikaz kotrljajnog tela: a) pre delovanja opterećenja, b) nakon delovanja opterećenja [10]

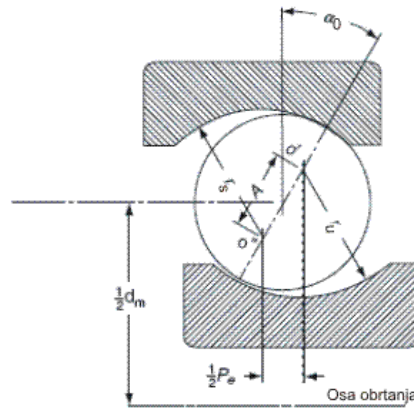
$$s = A + \delta_n + \delta_s \quad (1)$$

$$\delta_n = \delta_u + \delta_s = s - A \quad (2)$$

Na osnovu slika 6 i 7 se može odrediti položaj centra unutrašnje i spoljašnje staze kotrljanja u radijalnom pravcu u neopterećenom stanju.



Slika 6. Položaj centra staza kotrljanja u neopterećenom stanju [10]



Slika 7. Aksijalni presek kugličnog ležaja [9]

$$R_u = \frac{d_m}{2} + \left(r_u - \frac{d_k}{2} \right) \cos \alpha_0 \quad (3)$$

dok je:

$$R_s = R_u - A \cos \alpha_0 \quad (4)$$

gde je d_m -srednji prečnik ležaja, r_u -radijus unutrašnje staze kotrljanja, d_k -prečnik kotrljajnog tela, α_0 – nazivni ugao kontakta, A -rastojanje između centra spoljašnjeg i unutrašnjeg radijusa staza kotrljanja.

Ako se unutrašnji prestan ne obrće, onda se spoljašnji prsten pomera, kao i centar spoljašnje staze kotrljanja. Rastojanje između centra zakrivljenosti (s) unutrašnje i spoljašnje staze kotrljanja se određuje na osnovu [10]:

$$s = \left[\left(A \sin \alpha_0 + \delta_a^* \right)^2 + \left(A \cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi \right)^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

pri čemu je : $\delta_a^* = \delta_a / A$ i $\delta_r^* = \delta_r / A$. U prethodnom izrazu su δ_a i δ_r aksijalna i radijlana deformacija ležaja a ψ -ugao zone opterećenja.

Zamenom relacije (5) u (2) dobija se krutost ležaja u pravcu normalnom na stazu kotrljanja:

$$\delta_n = A \left\{ \left[\left(\sin \alpha_0 + \delta_a^* \right)^2 + \left(\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi \right)^2 \right]^{1/2} - 1 \right\} \quad (6)$$

Na osnovu Hertz-ove teorije kontakta za vezu između deformacija i opterećenja dobija se kontaktno opterećenje kotrljajnog tela u bilo kom položaju [8], [9], [10]:

$$Q = K_n \delta_n^{3/2} \quad (7)$$

Pri čemu je K_n - krutost ležaja duž linije kontakta, dobijena na osnovu Hertz-ove teorije kontakta. Prema tome:

$$Q = K_n A^{3/2} \left\{ \left[\left(\sin \alpha_0 + \delta_a^* \right)^2 + \left(\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi \right)^2 \right]^{1/2} - 1 \right\}^{3/2} \quad (8)$$

Za bilo koju poziciju kuglice ψ ugao kontakta α se određuje iz [2]:

$$\sin \alpha = \frac{\sin \alpha_0 + \delta_a^*}{\left[\left(\sin \alpha_0 + \delta_a^* \right)^2 + \left(\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (9)$$

ili

$$\cos \alpha = \frac{\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi}{\left[\left(\sin \alpha_0 + \delta_a^* \right)^2 + \left(\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (10)$$

Ako se normalno opterećenje na kotrljajno tel razloži na aksijlanu i radijalnu komponentu preko ugla kontakta dobija se:

$$Q_a = Q \sin \alpha \quad (11)$$

$$Q_r = Q \cos \alpha \quad (12)$$

Aksijalno i radijalno opterećenje ležaja je jednaku zbiru komponenti normalnog opterećenja, pa je [10]:

$$F_a = \sum_{\psi=0}^{\psi=\pm\pi} Q_{\psi} \sin \alpha \quad (13)$$

$$F_r = \sum_{\psi=0}^{\psi=\pm\pi} Q_{\psi} \cos \alpha \quad (14)$$

Iz uslova statičke ravnoteže dobija se [10]:

$$F_r - K_n A \sum_{\psi=0}^{\psi=\pm\pi} \frac{\left\{ \left[(\sin \alpha_0 + \delta_a^*)^2 + (\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi)^2 \right]^{1/2} - 1 \right\}^{3/2} (\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi) \cos \psi}{\left[(\sin \alpha_0 + \delta_a^*)^2 + (\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi)^2 \right]^{1/2}} = 0 \quad (15)$$

i

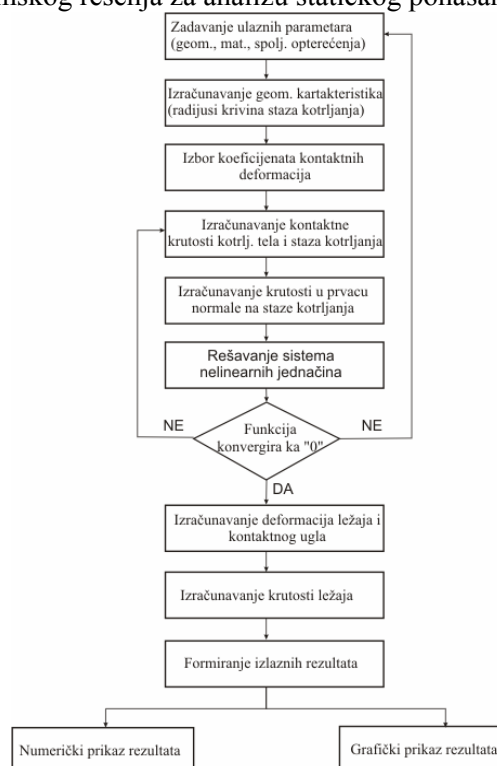
$$F_a - K_n A \sum_{\psi=0}^{\psi=\pm\pi} \frac{\left\{ \left[(\sin \alpha_0 + \delta_a^*)^2 + (\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi)^2 \right]^{1/2} - 1 \right\}^{3/2} (\sin \alpha_0 + \delta_a^*)}{\left[(\sin \alpha_0 + \delta_a^*)^2 + (\cos \alpha_0 + \delta_r^* \cos \psi)^2 \right]^{1/2}} = 0 \quad (16)$$

Relacije (15) i (16) predstavlja nelinearni sistem jednačina sa nepoznatim δ_a i δ_r . Relacije se mogu rešiti numeričkom metodom. Nakon određivanja deformacija može se odrediti maksimalno opterećenje kotrljajnog tela za $\psi=0$ iz relacije:

$$Q_{\max.} = K_n A^{3/2} \left\{ \left[(\sin \alpha_0 + \delta_a^*)^2 + (\cos \alpha_0 + \delta_r^*)^2 \right]^{1/2} - 1 \right\}^{3/2} \quad (17)$$

Zamenom δ_a i δ_r u relaciju (9) ili (10) određuje se promena ugla kontakta u zavisnosti od spoljašnjeg opterećenja.

Matematički model za analizu statičkog ponašanja kugličnih ležaja je razvijen primenom programskog paketa MATLAB na bazi Hertz-ove teorije kontakta, uslova statičke ravnoteže i John-Harris-ove metode raspodele opterećenja. Sistemi nelinearnih jednačina su rešavani primenom Newton-ove metode. Na slici 8. je prikazan grubi algoritam programskog rešenja za analizu statičkog ponašanja kugličnih ležaja.

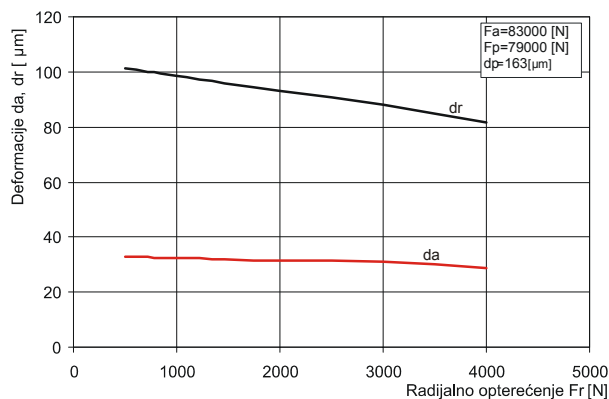


Slika 8. Grubi algoritam programskog sistema za analizu statičkog ponašanja integrisanog ležaja

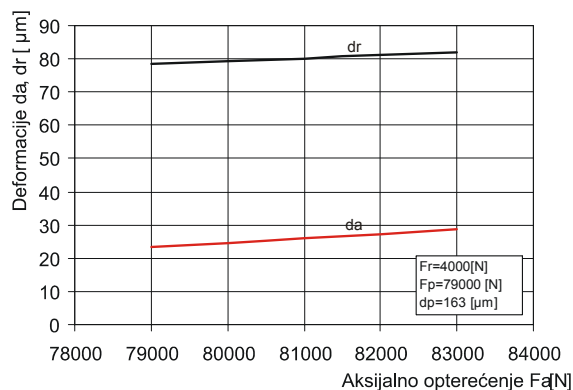
3.0 REZULTATI ANALIZE

Analiza statičkog ponašanja integrisanih ležaja točka vozila ($\text{Ø}32 \times \text{Ø}128$) je sprovedena primenom razvijenog matematičkog modela. Na slici 9. je prikazana promena radijalnih i aksijalnih deformacija u zavisnosti od radijalnog opterećenja pri konstantnom aksijalnom opterećenju, dok je na slici 10. prikazana promena radijalnih i aksijalnih deformacija u zavisnosti od aksijalnog opterećenja pri konstantnom radijalnom opterećenju.

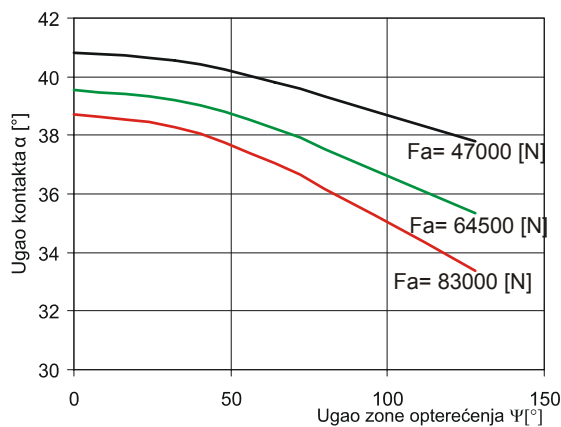
Prikazani uslovi opterećenja odgovaraju eksploatacionim uslovima ležaja za konkretan tip vozila. Promena ugla kontakta u zavisnosti od ugla zone opterećenja pojedinih kotrljajnih tela, za različite vrednosti aksijalnog opterećenja, je prikazana na slici 11.



Slika 9. Promena radijalnih i aksijalnih deformacija ležaja u zavisnosti od promene radijalnog opterećenja



Slika 10. Promena radijalnih i aksijalnih deformacija u zavisnosti od promene aksijalnog opterećenja



Slika 11. Promena ugla kontakta u zavisnosti od promene ugla opterećenja za različite vrednosti aksijalnog opterećenja

Sa prethodnih slika se može zaključiti da povećanje radijalnog opterećenja pri konstantnoj sili prednapreznja i aksijalnog opterećenja izaziva smanjenje radijalnih deformacija, uz mali pad i aksijalnih deformacija. S druge strane povećanje aksijalnog opterećenja pri konstantnoj sili prednapreznja i radijalnog opterećenja izaziva porast i aksijalnih i radijalnih deformacija.

Promena deformacija na stazama kotrljanja izaziva i promenu ugla kontakta. Najveće vrednosti ugla kontakta se javljaju na najopterećenijoj kuglici za $\psi=0$. Povećanjem zone kontakta smanjuje se ukupni ugao kontakta sa istovremenim smanjivanjem i aksijalnih odnosno radijalnih deformacija.

4.0 ZAKLJUČAK

Sumirajući rezultate prikazanih istraživanja, može se konstatovati da rad predstavlja pokušaj da se na osnovu razvijenog matematičkog modela omogući, još u fazi projektovanja, sa što većom pouzdanošću predviđanje elastičnog ponašanja, integrisanog ležaja, u eksploataciji. Kako je u radu konstatovano, značaj razvoja integrisanih ležaja je vrlo veliki i pred njih se postavlja niz zahteva. Istraživanja u radu takođe

pokazuju mogućnost primene savremenih analitičkih i numeričkih metoda pri identifikaciji statičkog ponašanja ležaja, pri čemu navedene metode omogućavaju određivanje najvažnijih statičkih karakteristika.

5.0 LITERATURA

- [1] Adams, G.G., Nosonovsky M.: Contact modeling — forces, Tribology International, Vol. 33 ISSN: 0301-679X, 2000, Pages 431–442.
- [2] Antoine, J -F., Abba, G., Molinari, A.: A New Proposal for Explicit Angle Calculation in Angular Contact Ball Bearing, Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME, Vol. 128, ISSN: 1050-0472, 2006, Pages 468-478.
- [3] Bourdon, A., Rigal, J. Play, F., D.: Static Rolling Bearing Models in a CAD. Environment for the Study of Complex Mechanisms: Part I—Rolling Bearing Model, Journal of Tribology, Transactions of the ASME, Vol. 121, ISSN: 0742-4787, 1999, Pages 205-214.
- [4] Crawford, R. M., Long, T.: Ball Bearing Dynamic Analysis Using Computer Methods— Part 1: Analysis, Journal of Tribology, Transactions of the ASME, Vol. 118, ISSN: 0742-4787, 1996, Pages 52-58.
- [5] Houpert, L.: An Engineering Approach to Hertzian Contact Elasticity—Part I, Journal of Tribology, Transactions of the ASME, ISSN: 0742-4787, 2001, Vol. 123, Pages 582-588.
- [6] Sakamoto, J.: Trends and New Technologies of Hub Unit Bearings, Bearing Technology Center, Motion & Control No. 17, May 2005.
- [7] Kang, Y., Shen, P.-C., Huang, C.-C., Shyr, S.-S., Chang, Y.-P.: A modification of the Jones–Harris method for deep-groove ball bearings, Tribology International, Vol. 39, ISSN: 0301-679X, 2006, Pages 1413–1420.
- [8] Lin, C.-M.: Analysis for the Stiffness of Ball Bearings, Master's thesis, Chung Yuan Christian University Department of Mechanical Engineering, 2002.
- [9] Mullick, A.: An Investigation in Stiffness of Rolling Contact, Ph.D dissertation, University Department of mechanical Engineering, 1990.
- [10] Tedric, A. H., Michael N. K.: Rolling bearing analysis: Essential Concepts of Bearing Technology, Fifth edition, Taylor & Francis Group, ISBN: 0-8493-7183-X, 2007
- [11] Tung, L., N., Lin, J., F.: Ball bearing skidding under radial and axial loads, Mechanism and Machine Theory, Vol. 37, ISSN 0094-114X, 2002, Pages 91-113.
- [12] Todić, V., Mijušković, M., Milošević, M., Živković, A.: Prikaz i analiza konstrukcionih rešenja HUB integrisanih ležaja, Zbornik radova, VIII međunarodni stručni skup o dostignućima elektrotehnike, mašinstva i informatike DEMI 2007, Banjaluka, 2007., str. 107-114, ISBN: 978-99938-39-15-6

THE MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE DEFORMATION OF INTEGRATED BEARING

Abstract: *The paper presents a mathematical model for the determination of axial and radial deformations and the angle of contact, integrated wheel bearings the automotive under the influence of external axial and radial load. The analysis includes the non-linear relationship between load and deformation. Deformation of bearings and the contact angle between the ball and raceways changes depending on the preload, zone loads and external loads. Deformations and changes in contact angle were determined on the basis of geometry ball and raceways, Hertz's contact theory, conditions of static equilibrium and John-Harris's methods of distribution of burdens. Systems of nonlinear equations are solved by applying Newton's method.*

Keywords: *contact angle, contact load, integrated wheel bearings*

Napomena: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "Istraživanje i razvoj kotrljajnih ležajnih sklopova i njihovih komponenti" TR 14048, podržanom od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.



Antić, A.,¹ Petrović, P.,² Hodolić J.,¹

ZAVISNOST VISOKOFREKVENTNOG DELA SPEKTRA VIBRACIJA OD TIPA SEGMENTACIJE STRUGOTINE I POHABANOSTI ALATA

Rezime:

U radu je prikazano eksperimentalno istraživanje vezano za uticaj tipa i oblika strugotine na visokofrekventni deo spektra vibracija u zavisnosti od stepena pohabanosti alata pri obradi struganjem. Eksperimentalnim ispitivanjima praćen je uticaj stepena pohabanosti alata na morfologiju i mikrostrukturne promene u strugotini merenjem vibracija. Određivan je uticaj stepena pohabanosti alata, pri definisanim uslovima obrade, na promenu strukture strugotine, tip segmentacije strugotine i karakter visokofrekventnih vibracija. Istraživanja sprovedena u okviru ovog rada imaju za cilj doprinos boljem razumevanju mehanizma, tipa oblika i segmentacije strugotine u cilju definisanja ulaznih informacija sistema za klasifikaciju stanja pohabanosti alata.

Ključne reči: habanje alata, segmentacija strugotine, visokofrekventni spektar vibracija

1. UVOD

Razumevanje mehanizama formiranja strugotine i habanja alata u procesu obrade tvrdih i poboljšanih materijala ima važnu ulogu u razumevanju mehanizma stvaranja strugotine, otkrivajući uticaj i pojavu trenja na kritičnim mestima tokom procesa rezanja, kao i određivanje optimalnih uslova rezanja. Proces difuzije koji se odvija između strugotine i grudne površine alata rezultira kraterskom habanju, dok reakcije oksidacije s okolinom proizvode promene na reznoj ivici [2]. U uslovima agresivnog rezanja, sa velikim brzinama obrade i brzinama pomoćnog kretanja, na mestu kontakta alat/strugotina javlja se spajanje materijala u pojedinim zonama na grudnoj površini, koje mogu da zauzmu celu površinu s obzirom na veliki kontakt i na brzo širenje. U ovom slučaju, primena SHP tečnosti teško može dopreti do mesta kontakta alat/strugotina. Za povećanje klizanja tj. smanjenja koeficijenta trenja na mestu kontakta alat/strugotina, može da se reši primenom određenih vrsta prevlaka. Cilj ovog istraživanja je karakterizacija formiranja lamela strugotine tokom obrade materijala struganjem što je bio i predmet mnogih eksperimenata i modeliranja u prošlosti. Frekvencija signala formiranja lamela strugotine su podaci koji su analizirani tokom procesa rezanja koji je bio predmet provedenih eksperimentalnih istraživanja korišćenjem konvencionalnih brzinama rezanje od 200 m/min.

2. MEHANIZAMA FORMIRANJA STRUGOTINE

Nekoliko zadnjih decenija pa čak i ceo jedan vek, rađene se studije o procesu formiranja strugotine ali i dalje taj problem ostaje u centru pažnje. Vrsta strugotine koja nastaje u toku obrade može biti klasifikovana kao kontinualna, diskontinualna, kontinualna sa naboranim ivicama, smicana, segmentna (kontinualna sa periodičnim varijacijama u debljini). Uopšteno, strugotina koja se formira pri obradi tvrdih i poboljšanih materijala u većini slučajeva je kontinualna sa naboranim ivicama i smicana. Prema dostupnim literaturnim podacima razmatraju se dve teorije koje definišu nastanak i formiranje strugotine testerastog oblika. Jedna teorija se naziva „teorija loma“. Naprsina po kojoj se odvija nastajanje lamela strugotine iniciranje pojavom pukotine na slobodnoj površini obratka koja se ubrzano širi prema reznoj ivici alata, do određene dužine gde se zaustavlja usled jakih plastičnih deformacije u materijalu pod dejstvom visokih pritisnih napona alata za obradu. Segment, lamela strugotine nastao između grudne površine alata i pukotine se pomera napred u

¹ Mr Aco Antić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, tel: +381 21 485 2312, E-mail: antica@uns.ac.rs

Prof. dr Janko Hodolić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, tel: +381 21 485 2053, E-mail: hodolic@uns.ac.rs,

² Prof. dr Petar B. Petrović, Mašinski fakultet, Beograd, tel: +381 11 E-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.rs

pravcu kretanja alata, dok je materijal u regionu ispod plastične deformacije inicijalne pukotine razvučen uzduž grudne površine alata, tako da formira testerasti oblik lamela strugotine [1, 2, 4, 6].

Drugi tip nastanka smicanja u primarnoj zoni rezanja naziva se „adijabatska teorija“. Strugotina nastaje usled termoplastične nestabilnosti materijala unutar primarne zone smicanja i mehanizama deformisanja materijala stvaranjem termalnog omekšavanja i smicanja usled dejstva sila koje se javljaju u susednim zonama termoplastičnim ojačanjem materijala usled velikih naprezanja materijala dejstvom alata [5]. Adijabatsko smicanje može prethoditi začetku inicijalne pukotine i širenju unutar ne naprslog područja primarne zone smicanja, u zavisnosti od uslova obrade. Beri i Gerald [5] su razmatrali mehanizme formiranja strugotine pri obradbi poboljšanih čelika i zaključili da je primarna nestabilnosti unutar primarnu zone smicanja tokom formiranja testerastog oblika strugotine inicira adijabatski oblik formiranja strugotine, gde su dominantni naponi na smicanje i njegovo širenje ka slobodnoj površini materijala obratka. Deformacije gornjeg regiona primarne zone blizu slobodne površine strugotine posledica su obe teorije „teorija loma“ i „adijabatska teorije“, zavisno od uslova obrade. Obrada pod teškim uslovima kao što su visoke tvrdoće materijala obratka i visoke brzine rezanja, degradacija materijala i nastanak strugotine je uzrok nastanka „daktalnog“ lomom; u suprotnom, degradacijom materijala dolazi do velikih plastičnih deformacija. Povećanje tvrdoće materijala obratka, brzine rezanja, dubine rezanja (nedeformisane debljine strugotine) i pojasa pohabanosti alata, kao i povećanje negativnog leđnog ugla, može rezultirati nastankom testerastom obliku strugotine [1]. Utvrđeno je da se deformisani deo na površini poprečnog preseka strugotine smanjuje kako se povećava brzina rezanja.

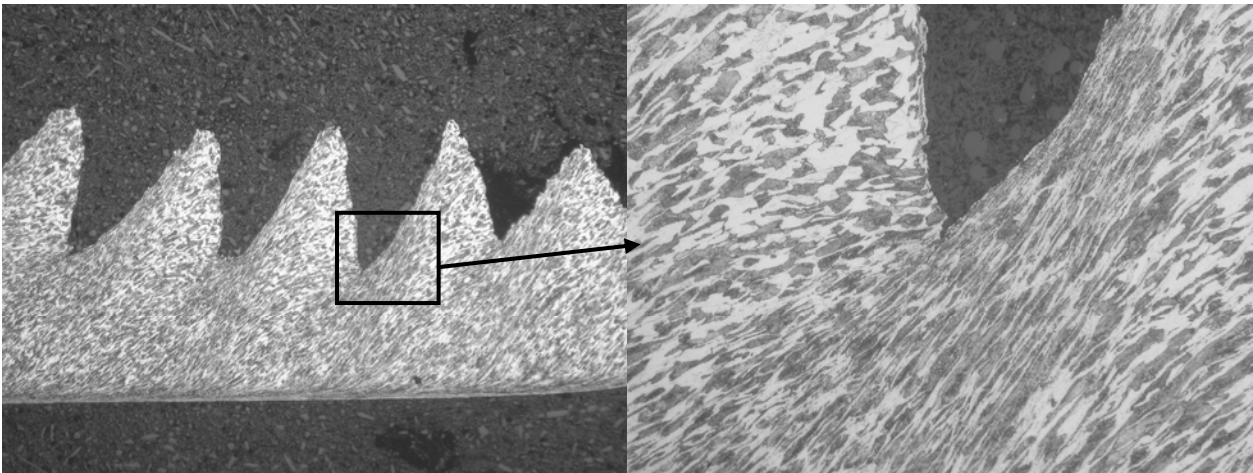
Vibracije alata za rezanje tokom obrade nastaju zbog trenja na grudnoj i bočnoj površini alata, nastaje habanja na reznoj ivici alata, valovitosti obrađivane površine a takođe su povezane i sa spregnutim zupčanicima u kinemtskom lancu mašine. Istraživanja su pokazala da vibracije struga kao alata u stabilnoj obradi uglavnom nastaju zbog trenja bočnog dela alata i predmeta obrade. Osnovna frekvencija vibracija alata je rezonantna frekvencija sistema izazvana trenjem na reznoj ivici. Ubrzanje vibracija je najbolja mera vibracija kada se pojavljuju na visokim frekvencijama. S obzirom na to da su vibracije alata za rezanje vibracije visoke frekvencije (tj. iznad 1 kHz), ubrzanje alata je odabrano kao parametar za nadzor habanja alata [4].

3. PRIKAZ EKSPERIMENTALNIH REZULTATA

3.1 Nastanak testerastog oblika strugotine

Eksperimentalna ispitivanja predstavljena u radu daju jasan uvid u osnovu metalurške nestabilnosti odgovorne za nastanak strugotine testerastog oblika lamela na slobodnoj površini. Slika 1 prikazuje mikroskopski snimak strugotine nastale pri obradi nisko legiranog ugljeničkog čelika, termički obrađenog na tvrdoću 45 HRC sa brzinom rezanja 200 m/min. Jasno se vidi da su zupci lamela u procesu rezanja ciklični proces počev od početnog segmenta koji ima znatne promene usled fizičkog dejstva alata (ili deformacije usled velikog pritiska vrha alata). Takođe, izduženja zrna u strukturi materijala koja se usled velikog izduženja i pritiska sabijaju u liniji, a koja se produžava iz primarne zone smicanja vidljiva su na poprečnom preseku nastale strugotine, slika 1. Da takav oblik nije kao rezultat trenja klizanja preko površine loma, evidentno je iz činjenice da je na mestu klizanja sila loma maksimalna [4]. Umesto širenja pukotine loma na dole kroz primarnu zonu smicanja, nastali pojas deformacija je lokalizovan kao pojas koji je formiran usled adijabatskog klizanja materijala. Ovaj zaključak se temelji na činjenici da je njegova debljina vezana za tip tj. geometriju i oblik alata, što pretpostavlja nastanak smicanja usled dejstva sile rezanja i širenja inicijalne pukotine prema reznoj ivici alata. Odsustvo izraženog smicanja u gornjem delu primarne zone smicanja materijala, pokazuje da postoji deformacija i pad napona usled uticaja termičkog ojačanja osnovnog materijala tj. stanja obrađivanog materijala.

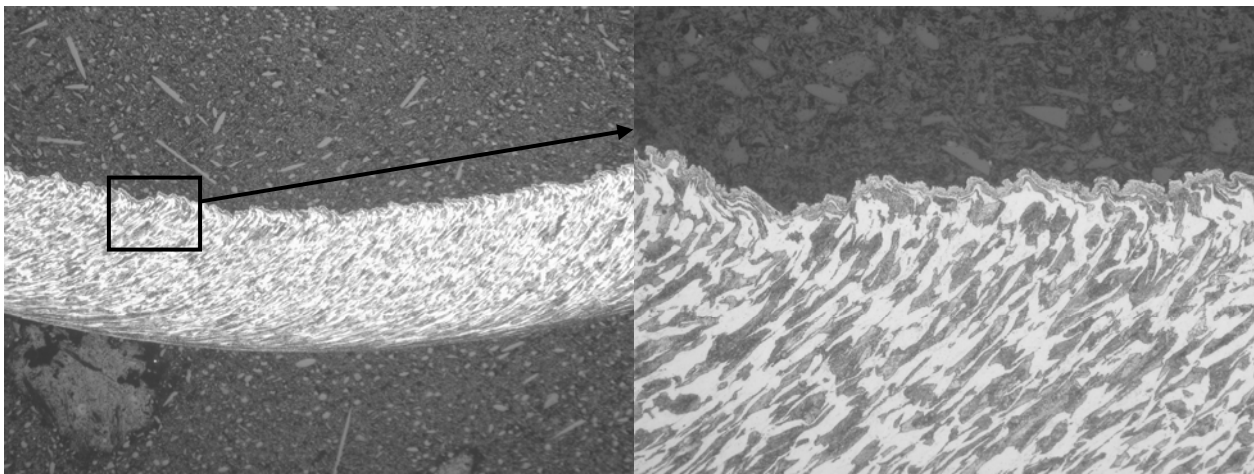
Pojas uz ivicu strugotine koja je bila u kontaktu sa alatom pokazuje smicanje uz ivicu uzorka koje je formirano u sklopu sekundarne zone rezanja. Preostali tragovi izduženih zrna strukture materijala su formirani u okviru primarne zone, međutim, jasno je da svaka pojavu naprsline i inicijalnih lamela strugotine u osnovnoj zoni smicanja formira diskretni segment. Za uslove pod kojima je formiran uzorak na slici 1, vodi se smanjenje u napretku i prostiranju inicijalne pukotine u donjem delu primarne zone smicanja (gde se dešava lokalizacija smicanja lamela). U okviru posmatranog segmenta strugotine mogu se identifikovati dva mehanizma formiranja strugotine u okviru primarne zone smicanja pri formiranju zubaca lamela testerastog oblika strugotine, a koji mogu biti pripisani oštrim uslovima obrade, što se ogleda kroz veći utrošeni rad na skidanje materijala i veću brzinu rezanja zbog termičkog poboljšanja materijala.



Slika 1 Testerasti oblik segmentacije strugotine

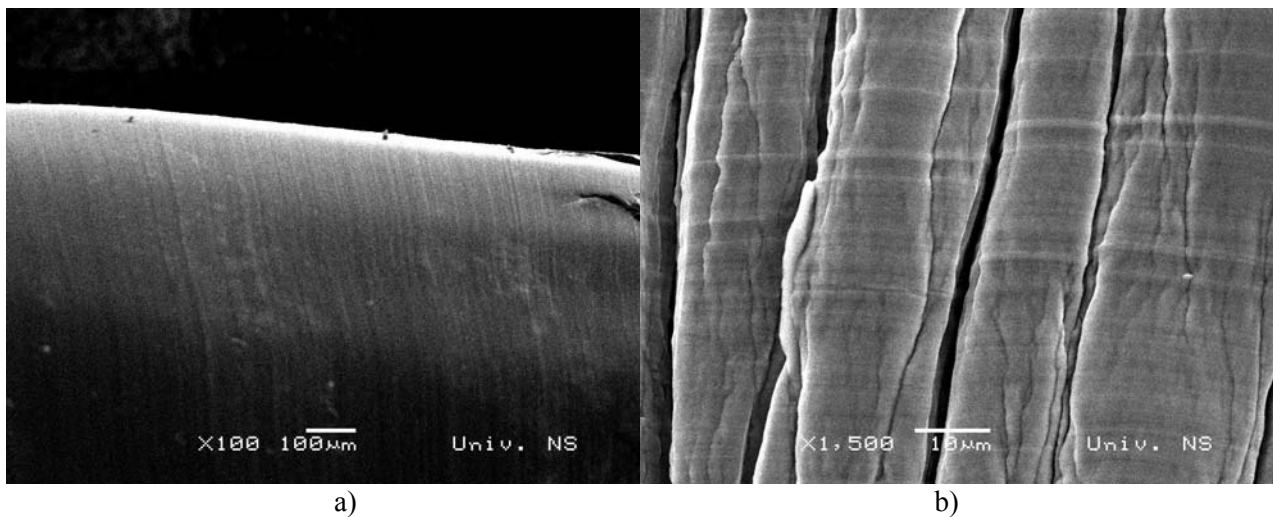
3.2 Nastanak kontinualnog oblika strugotine

Poznato je da se kontinualnom strugotinom ispoljavaju očiti dokazi nastanka smicanja lamela u primarnoj zoni rezanja na slobodnoj površini, mada posmatrano na skali učestalost frekvencija je za jedan red veličine manja nego kada se formira testerasti oblik strugotine [4]. Mnogo važnije razlika u prirodi definisanja smicanja lamela kod kontinualne i testeraste strugotine je odnos između rastojanja reznog fronta. Na slobodnoj površini kontinualne strugotine, razmak lamela reznog fronta (ekvivalentan je debljini lamela) i u velikoj meri je nezavisan od nedeformisane debljine strugotine, a obično je 7 do 12 μm . Zupci testeraste strugotine tj. razmak između lamela, je sličan po veličini kao debljina nedeformisane strugotine i uopšteno posmatrano kreće se unutar 50% te debljine.



Slika 2 Kontinualani oblik segmentacije strugotine

Slika 2 prikazuje lamela koje karakterišu slobodnu površinu kontinualne strugotine; ovaj tip strugotine je proizveden u ortogonalnom rezanju nisko legiranog alatnog čelika tvrdoće 45 HRC sa brzinom rezanja, 200 m/min i pomakom, $f = 200 \mu\text{m}$. Ako se poveća tvrdoća materijala obratka i/ili brzina rezanja i debljina nedeformisane strugotine (dubina rezanja), tako da početak širenja loma za formiranje zubaca testeraste strugotine bude blizak, tranziciji slobodne površine lamela u strukturu kontinualne strugotine, za ono što je nazvao a „nabori“ tip strukture. U poređenju sa slobodnom površinom (stranom) testerastog oblika strugotine je prikazano na slici 3 (b), jasno je da mehanizmi smicanja u gornjem području primarne zone smicanja (na slobodnoj površini strugotine) isti za oba tipa nastajanja strugotine. Zavojeći strugotina sa glatkom donjom površinom je posmatrana u početnom stadijumu habanja (slika 3(a)). U ovoj fazi, glavni način tečenja strugotine preko grudne površine alata bilo je klizanje. Nakon određenog vremena i rezanja pločica se pohabala, oblik strugotine se počeo menjati i postajati ravniji, a donja površina strugotine je postajala valovita i neravna u odnosu na one koje su dobijena novim alatom.



Slika 3 Prikaz površine strugotine koja klizi po grudnoj površini alata a), slobodne površine strugotine b)

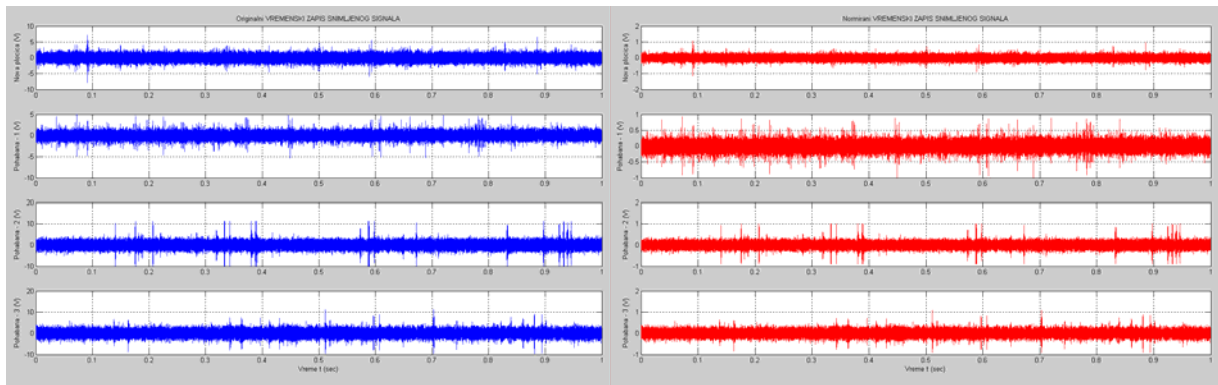
4 PONAŠANJE SIGNALA VIBRACIJA TOKOM FORMIRANJA STRUGOTINE

Formiranje inicijalne pukotine unutar primarne zone smicanja tokom nastanka zuba testeraste strugotine rezultira brзом ispuštanjem elastične energije i unutrašnjih napona, dok kod kontinualne strugotine ta energija ostaje zarobljena između lamela strugotine i rezultira povećanju deformacione energije i adijabatskom smicanju materijala. Međutim, važna razlika između ove dve vrste strugotine se odnosi na širinu zone smicanja, područje na koje je lokalizovana i rasprostiranje.

Ako su formirane pukotine i mikro lomovi, odgovorni za formiranje lamela koje se mogu širiti samo na konačnoj udaljenosti u pravcu ravni smicanja, sledi da se samo pukotine oko vrha alata mogu širiti duž celog kontakta grudne površine i alata. Ova teorija može delimično dati određenu vezu između vibracija i dubine rezanja tokom kontinualnog formiranja strugotine. Ustanovljeno je da se tokom razdvajanja lamela proizvodi značajan izvor vibracija i AE u slučaju kada je debljina strugotine dovoljno mala, napredovanje rascepa pukotina i širenje ka grudnoj površini alat je tako da se elastični naponi i energija mogu meriti.

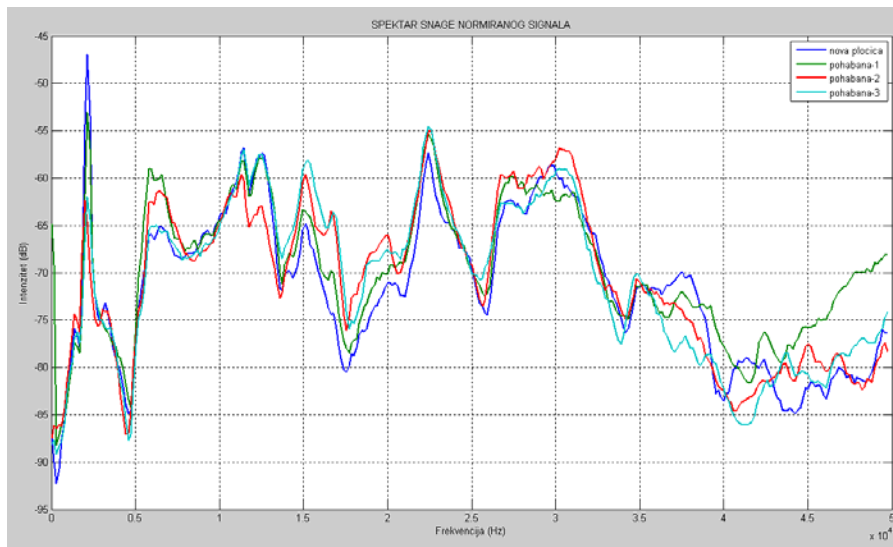
Sprovedena istraživanja pokazuju da gornji deo spektra ubrzanja vibracija izmerenih na dršci strugarskog noža u zoni bliskoj reznom klinu omogućavaju indirektnu identifikaciju promena stanja procesa formiranja strugotine izazvanih promenom stanja pohabanosti reznog alata, odnosno degradacijom njegove rezne ivice habanjem. U opsegu od 1 kHz do 50 kHz nalazi se veći broj sopstvenih frekvencija alata, što stvara prostor za pojavu rezonance pod dejstvom pobudne sile koja nastaje fragmentacijom strugotine stvaranjem lamela. Formiranje segmentirane strugotine se može posmatrati kao proces diskretne pobude obradnog sistema nizom energetskih paketa čija frekvencija se može izračunati sa prihvatljivom greškom i dalje, ta pobuda se može prepoznati u odzivu obradnog sistema, posebno na dršci alata. Odziv obradnog sistema je sasvim drugačiji kada se pobuda ostvaruje procesom generisanja kontinualne strugotine. Unutar bilo kog ciklusa formiranja segmenta strugotine. Ponekad identifikaciju rezanja destabilizuje i sama primarna zona smicanja, promenama u svom gornjem delu, što rezultira izdavanjem elastične energije i napona. Učestalost formiranja segmenata obično je veća od 10 kHz, što je iznad nivoa konvencionalnog odziva klasičnih davača ubrzanja. Izdavanjem energije smicanja lamela uočen je daleko dominantniji izvor pikova u signalu vibracija kada su proizvodi testerasti tip strugotine. Ovo je najbolje ilustrovano u podacima iz sprovedenih testova, Slika 4.

Analizom sprovedenih testova može se zaključiti da na tip formirane strugotine u procesu rezanja dominantan uticaj nema samo stanje i karakteristike materijala i brzina rezanja nego i stanje pohabanosti rezne pločice tj. geometrija alata. Uočeno je na sprovedenim testovima da pri održavanju konstantnih režima obrade: brzine, pomaka i dubine rezanja, kao i karakteristika materijala, promenom stepena pohabanosti alata u određenom trenutku dolazi do prelaska iz jednog tipa strugotine u drugi za što je direktno odgovorna rezna geometrija koja se menja sa stepenom pohabanosti alata. Promena rezne geometrije a time i tipa strugotine, direktno se odražava na posmatranim parametrima u analiziranom području visokofrekventnog dela spektra vibracija.



Slika 4 Ponašanje signala vibracija u zavisnosti od stepena pohabanosti alata

Slika 5 prikazuje spektre snage signala izražen u dB za pojedine pohabane pločice raden sa sledećim parametrima window=2048; noverlap=512; pwelch (data_N(:,1), window, noverlap,[], Fs). Frekventni spektar je ograničen na 50 kHz. Korišćena instrumentacija realno može da garantuje verodostojnost i za širi frekventni spektar, do 100kHz, ali zbog karakteristika korišćenog senzora nije uziman u razmatranje širi frekventni spektar.



Slika 5 Spektar snage signala vibracija

5 ZAKLJUČAK

Istraživanje obavljeno u radu vezano za formiranje strugotine definiše mehanizam procesa stvaranja strugotine u odnosu na habanje alata. Formirana strugotina i početnoj fazi je izduženog je oblika sa glatkim donjim delom koji je u kontaktu sa grudnom površinom alata, jer je pločica još uvek nova ne zatupljena i nije se počeo stvarati krater na grudnoj površini. Napredovanjem pojasa habanja, i kraterskog habanja alata strugotina menja oblik, postaje grublja, valovitija i krzana na krajevima a tip segmentacije strugotine se promenio u testerasti oblik sa jako izraženim zubima na slobodnoj površini strugotine. Povećavanjem bočnog habanja segmentacija strugotine se smanjivala, tj. učestalost formiranja lamela, a plastične deformacije u primarnoj zoni rezanja su postale veće i izraženije sa jasnom granicom između formiranih lamela. Presek nastale strugotine je sa izraženim zubima testerastog oblika gde se može videti nekoliko različitih zona deformacije, kao što su zone trenja koja se nalazi iz ivicu alata, primarna zona smicanja, zona u kojoj je izražena inicijalna pukotina i zona smanjene deformacije materijala. Sva ta zapažanja ukazuju na kombinovano dejstvo naponskog ojačavanja i toplotnog omekšavanja, tj postojanje kombinovanog dejstva stvaranja strugotine. Kod mehanizama formiranja testerastog oblika strugotine, za primenjene uslove rezanja, može se zaključiti da je termoplastična deformacija usled dejstva alata dominantna do početka inicijalne pukotine i da se u tom delu rezanje odvija po „adijabatskoj teoriji“ smicanja, dok se pukotine u gornjem području na slobodnoj površini primarne zone rezanja formiraju po drugom mehanizmu tzv. „teoriji loma“. Signal vibracija je dinamičan i ima jako izražene pikove na pojedinim frekvencijama koje su karakteristične za frekvenciju segmentacije strugotine.

6 NAPOMENA

Rad predstavlja deo istraživanja na projektima "Unapređenje kvaliteta procesa i proizvoda primenom savremenih inženjerskih tehnika sa ciljem povećanja konkurentnosti na globalnom tržištu" broj projekta 14003 i projekta "Primena inteligentnih senzorskih sistema u razvoju integrisane automatizacije realnih i virtuelnih procesa proizvodnog preduzeća" broj 14035 (Istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2008. - 2010.) koje finansira Ministarstvo nauke i tehnološkog razvoja Vlade Republike Srbije.

7 LITERATURA

- [1] Barry, J., Byrne, G., Lennon, D.: Observations on chip formation and acoustic emission in machining Ti-6Al-4V alloy, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 41, 1055-1070, 2001.
- [2] Ning, L., Veldhuis, S.C., Yamamoto, K.: Investigation of wear behavior and chip formation for cutting tools with nano-multilayered TiAlCrN/NbN PVD coating, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 48, 656-665, 2008.
- [3] J. Kopac, M. Sokovic, S. Dolinsek, Tribology of coated tools in conventional and HSC machining, *Journal of Materials Processing Technology* 118, 377-384, 2001.
- [4] Antić, A., Petrović, P., Zeljković, M.: Dinamika obradnog sistema i njena implementacija na indirektno prepoznavanje stanja reznog alata, 32. Savetovanje proizvodnog mašinstva Srbije sa međunarodnim učešćem, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 18-20 septembar, 2008, 341- 346, ISBN 978-86-7892-131-5.
- [5] J. Barry, B. Gerald, The mechanisms of chip formation in machining hardened steels, *Transactions of the ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering* 124 (3), 528-535, 2002.
- [6] Burns, T.J., Davies, M.A.: On repeated adiabatic shear band formation during high-speed machining, *International Journal of Plasticity* 18, 487-506, 2002.

THE DEPENDENCE OF THE HIGH-FREQUENCY VIBRATION SPECTRE FRAGMENT ON THE TYPE OF THE CHIP SEGMENTATION AND TOOL WEAR

Antić, A., Petrović, P., Hodolić J.,

Abstract:

The paper presents the experimental research of the influence of the chip type and shape on the high-frequency fragment of the vibration spectre in dependence to the degree of tool wear in turning. Experimental research has followed the influence of the tool wear on the morphology and micro-structure changes in a chip by vibration measurements. The influence of the degree of tool wear, in defined cutting conditions, has been determined in relation to the chip structure change, chip segmentation type and high-frequency vibration character. The research within this paper aims to contribute to the better understanding of the chip mechanism, shape type and segmentation in order to define input system information for tool wear condition classification.

Key words: tool wear, chip segmentation, high-frequency vibration spectre



Milan Veljić¹, Viara Požidajeva², Dragan Živković³

OPERATIVNA GOTOVOST HIDRAULIČNOG PODSISTEMA AGREGATA TRAKTOR-PLUG

Rezime: U radu su date specifičnosti koje se odnose na eksploataciju i održavanje hidrauličnog podsistema agregata traktor-plug. Kako su radovi u poljoprivredi sezonskog karaktera i moraju se obaviti u strogo terminiranim vremenskim intervalima, to bilo koji otkaz elementa agregata traktor-plug, može dovesti u pitanje obavljanje osnovne obrade zemljišta, odnosno do velikih materijalnih gubitaka. Zbog toga se od agregata traktor-plug zahtevai vrlo visoka operativna gotovost. U radu je razmatrana operativna gotovost kao merilo efektivnosti traktora, odnosno kvaliteta njegovog održavanja. Takođe u radu su dati rezultati istraživanja operativne gotovosti agregata traktor-plug na jednom poljoprivrednom dobru.

Ključne reči: traktor, plug, operativna gotovost, održavanje

1. UVOD

Agregat traktor-plug radi u toku godine vrlo kratak period vremena (oko dva meseca), dok ostalo vreme plug provode konzerviran i uskladišten. Traktor se koristi u toku godine i za druge poslove. Kako je rad agregata traktor-plug vremenski terminiran, a zavisi i od vremenskih prilika, to svaki otkaz u toku sezone, može da bude veoma neugodan. Iz tog razloga mora se njihovom preventivnom održavanju posvetiti odgovarajuća pažnja.

2. AGREGAT TRAKTOR-PLUG

Traktor kao pogonska mašina u poljoprivredi ima veliku primenu u obavljanju brojnih poljoprivrednih operacija. Osim vuče traktor se koristi i za priključivanje poljoprivrednih mašina sa prednje strane, a i za pogon mašina sa aktivnim radnim organima. Zbog široke primene traktori se izrađuju u različitim konstruktivnim izvedbama i kategorijama a u zavisnosti od tehnološkog procesa koji treba da izvrše. Prema nameni traktori se dele na: standardne, univerzalne i traktore specijalne namene (voćarsko-vinogradarske i sl).

Za agregatiranje poljoprivrednih mašina koriste se sistemi za priključivanje (u tri ili dve tačke) u slučaju noćenih ili polunošenih mašina. Za vučene mašine ili prikolice koristi se poteznica odnosno jedna priključna tačka. Sastavni deo uređaja za priključivanje je hidraulični uređaj, (slika: 1) odnosno podizač.

Hidraulični uređaj omogućuje: podizanje, spuštanje, neutralni položaj i plivajući položaj.

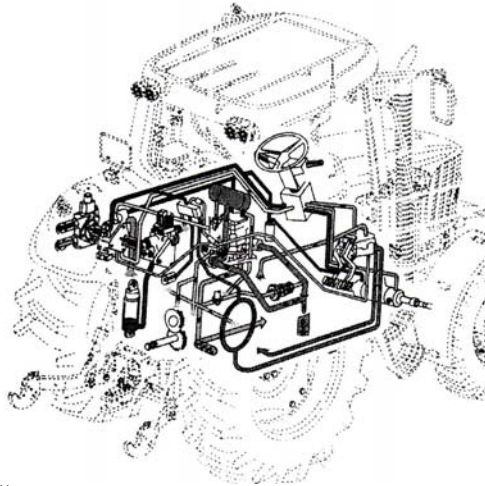
Osnovna koncepcija hidrauličnog uređajau sastoji se od: rezervoara sa uljem, pumpe, razvodnika, sigurnosnog i regulacionog ventila, hidrauličnog cilindra sa klipom i mehanizma za prenošenje komandi na vučne poluge

Osnovna obrada zemljišta se najčešće obavlja raonim plugovima (slika:2) koji su najveći potrošači energije pri proizvodnji poljoprivrednih kultura. Grube procene ukazuju da se za osnovnu obradu zemljišta upotrebi 1/3 ukupne utrošene energije u jednom ciklusu ratarske proizvodnje. Jedna od osnovnih podela je prema broju plužnih tela, odnosno podela na jednobrazne i višebrazne plugove.

¹ Dr Veljić Milan, profesor Mašinski fakultet u Beogradu, tel. 011 3370 631, e-mail: mveljic@mas.bg.ac.rs

² Dr Viara Požidajeva, profesor University of Mining & Geology, Sofia

³ Dr Dragan Živković, profesor VTŠ Zrenjanin, e-mail: zivkkev@drenik.net



Slika 1: Šematski prikaz hidrauličke traktora "John Deere"



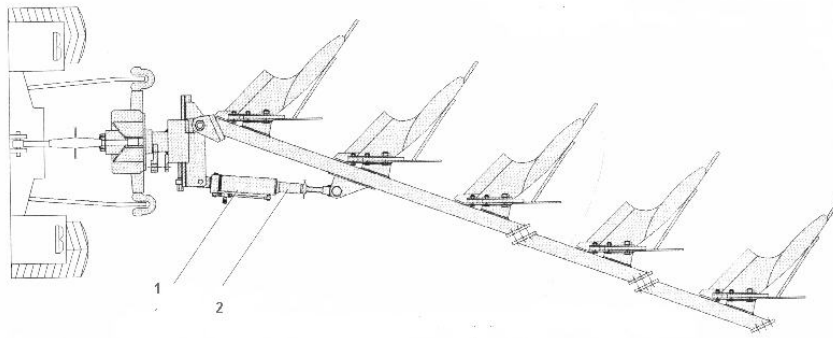
Slika 2: Višebrazdni raoni plug sa hidrauličkim sistemom za obezbeđenje od preopterećenja

Detaljnija podela plugova se može izvršiti prema njihovim važnijim karakteristikama, odnosno prema:

1. Obliku radnih delova (raone, diskosne, tanjiraste i čizel plugove),
2. Prema smeru okretanja plastice,
3. Prema dubini oranja,
4. Prema načinu prikopčavanja,
5. Prema nameni.

Neki plugovi u svom sastavu imaju hidraulični podsistem za obavljanje određenih funkcija kao što su:

- **Elementi zaštite pluga od loma.** Da bi se prilikom oranja plug zaštitio od oštećenja ili loma pri nailasku na kamen, koren i sl. ili sličan elemenat, ugrađuju se elementi zaštite. Ovi elementi mogu biti izveden u obliku opruge ili hidrauličnog cilindra. Plužno telo je zglobovno vezano za grdelj i prilikom nailaska na prepreku (kamen, koren i sl.), usled povećanog otpora na raoniku zakreće se ili odiže. Nakon prelaska prepreke, opruga ili hidraulični cilindar vraćaju plužno telo u radni položaj (prethodno stanje).
- **Uređaj za podizanje i spuštanje pluga** ima zadatak da plužno telo iz transportnog položaja postavi u radni položaj i obrnuto. Ovaj uređaj može biti mehanički i hidraulični i deluje na zadnji točak polunošenih i vučenih plugova.
- **Elementi za podešavanje širine zahvata.** U zavisnosti od veličine vučne sile traktora i uslova rada na njivi, često se javlja potreba za promenom širine zahvata plužnih tela. Smanjivanjem širine zahvata smanjuje se otpor pluga, i obrnuto povećanjem širine zahvata pluga povećava se otpor pluga, što daje mogućnost prilagođavanju terenu i boljem stepenu iskorišćenja vučne sile traktora. Kod savremenih višebrazdnih plugova podešavanje širine zahvata plužnih tela se vrši zaokretanjem rama pluga. Ovo zaokretanje u odnosu na pravac kretanja može da se izvrši mehanički ili hidraulički (slika: 3). Automatsko podešavanje širine zahvata vrši se uz pomoć hidrauličnog klipa, koji je povezan za spoljnu hidrauliku traktora, a podešavanje je sa mesta rukovaoca.



Slika 3: Horizontalno podešavanje pluga uz pomoć hidrauličnog cilindra

3. OPERATIVNA GOTOVOST

Operativna gotovost je verovatnoća da sistem, kada se koristi u radnim uslovima zadovoljavajuće funkcioniše u bilo kom intervalu vremena ili je spreman za upotrebu kada se to zahteva.

Operativna gotovost je vrlo slična raspoloživosti, a razlika je u tome što operativna gotovost uključuje mogućnost da se sistem određeno vreme nalazi van upotrebe, odnosno u skladištu, što je vrlo čest slučaj kod poljoprivredne opreme. Kako se većina poljoprivredne opreme veći deo vremena se nalazi u skladištu, to je operativna gotovost pogodna za definisanje pouzdanosti poljoprivredne opreme. Operativna gotovost u matematičkom obliku može se prikazati kao:

$$G_O(t) = (t_K + t_S) / (t_K + t_S + t_F), \quad (1)$$

gde je:

- t_K (h)- vreme korišćenja,
- t_F (h)- vreme koje sistem provede u otkazu,
- t_S (h)- vreme kada se sistem ne koristi.

"Za razliku od efektivnosti sistema koja razmatra verovatnoću u toku vremenskog intervala, operativna gotovost razmatra verovatnoću u trenutku vremena. Osim toga, dok efektivnost sistema uzima u obzir i ugrađenu sposobnost sistema, operativna gotovost razmatra samo spremnost sistema za određeni zadatak u datom trenutku vremena"⁴.

4. STRUKTURA SISTEMA SA REDNOM VEZOM

Agregat traktor-plug da bi obavljao svoju funkciju, oba njegova elementa moraju biti ispravni. Otkazom jednog od elemenata (traktora ili pluga) otkazuje celi sistem. Prema tome agregat traktor-plug se može posmatrati kao sistem sa rednom vezom.

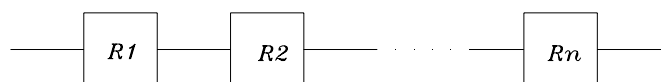
Kod sistema sa rednom vezom (slika:4.) svaki element mora uspešno da radi, da bi sistem koji je sastavljen od n elemenata uspešno funkcionisao. Pošto otkaz na svakom pojedinačnom elementu predstavlja slučajan događaj to prema Zakonu proizvoda u Teoriji verovatnoće, verovatnoća nastanka događaja sastavljenog iz više nezavisnih, u pogledu otkaza, međusobno redno vezanih događaja je ravna proizvodu odgovarajućih verovatnoća pojedinih događaja. Tada pouzdanost sistema iznosi:

$$P_R(t) = P_{R1}(t) \cdot P_{R2}(t) \cdots P_{Rn}(t) \quad (2.)$$

odnosno:

$$P_R(t) = \prod_{i=1}^{i=n} P_{Ri}(t) \quad (3.)$$

⁴ Vujanović N., Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački centar, 1990, Beograd, 1990



Slika 4: Struktura sistema sa rednom vezom

Kada su elementi sistema spojeni redno, tada je intezitet otkaza sistema jednak intezitetu otkaza pojedinog elementa, odnosno:

$$\lambda_F(t) = \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_{Fi}(t) \quad (4.)$$

gde je:

$P_R(t)$ –verovatnoća da će sistem sa rednom vezom u toku posmatranog vremena biti “u radu”,

$P_{R1}(t) \cdot P_{R2}(t) \cdots P_{Rn}(t)$ - verovatnoća da će elementi sistema u toku posmatranog vremena biti “u radu”,

$\lambda_F(t)$ – broj otkaza sistema u posmatranom vremenu,

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Poljoprivredno dobro “Agrobanat” u Plandištu, na kome je vršeno istraživanje, raspolaže sa 2200 ha obradive površine. Osnovna obrada zemljišta i potreban transport se vrši sa 34 traktora prikazanih u *tabeli: 1*. Na imanju se koriste tri obrtna trobozda pluga, tri obrtna četvorobozda pluga i dva dvobozda pluga

Rezultati praćenja broja i vrste otkaza na hidraulici traktora i trajanja otklanjanja otkaza za pojedine elemente dati su u *tabeli 2*. Broj, vrsta i trajanje otkaza na hidraulici pluga prikazani su u *tabeli: 3*.

Tabela 1: Broj traktora

Tip traktora	Br. traktora	Snaga (KS)
IMT-533	5	33
IMT-549	2	49
IMT-579	2	77
Torpedo 7506	6	75
MTZ 820	12	82
John Deere 8100	3	150
John Deere 8220	4	180

Analizom podataka prikazanih u *tabeli 2*. vidi se da su prosečni zastoji traktora zbog otkaza hidrauličnih elemenata odnosno trajanje interventnog održavanja prosečno 58,75≈60 časova godišnje. Kako je prosečno vreme rada traktora oko 180 dana, to je kapacitet traktora zbog otkaza komponenti umanjen za manje od 3,45%, i koji se boljim i organizovanijim održavanjem može znatno smanjiti a samim tim smanjiti i troškovi proizvodnog procesa. Operativna gotovost je:

$$G_{OT}(t) = (t_R + t_S) / (t_R + t_S + t_F) = (1740 + 1850) / (1740 + 1850 + 60) = 0,98356$$

gde je:

$t_R = 1740h$ - vreme korišćenja (180 dana po 10h manje 60 h),

$t_F = 60h$ - vreme koje traktor provede u otkazu,

$t_S = 1850h$ - vreme kada se sistem ne koristi (185 dana po 10h).

Analizom vremena potrebnog za korektivno održavanje hidrauličnog podsistema kod plugova, *tabela 3.*, vidi se da su prosečni zastoji pluga zbog otkaza hidrauličnih elemenata odnosno trajanje interventnog održavanja prosečno 6,5≈7 časova godišnje. Kako je prosečno vreme rada pluga oko dva meseca, odnosno 60 dana, dobija se da je operativna gotovost plugova:

$$G_{OP} = (t_R + t_S) / (t_R + t_S + t_F) = (593 + 3050) / (593 + 3050 + 7) = 0,9981$$

Tabela 2: Evidentirani otkazi na hidraulici traktora

Red. broj	Naziv dela	Broj otkaza godišnje λ	Vreme otklanjanja otkaza (min)	Vrsta otkaza	Način otklanjanja otkaza
1	Podizač ne podiže oruđe	0,1	300	Razvodnik blokiran	Izvaditi pumpu, pronaći uzrok i otkloniti ga
		0,5	180	Propuštanje ulja	Zameniti zaptivne prstenove
		0,2	180	Sigurnosni ventil neispravan	Podesiti ga ili zameniti sa novim
		0,1	180	Cilindar podizača ne radi	Podesiti zavrtnjeve
2.	Podizač ne podiže oruđe	0,2	90	Ramena podizača blokirana	Proveriti sigurnosni ventil
3	Oruđe se ne spušta	0,1	300	Razvodnik blokiran	Izvaditi pumpu, pronaći uzrok i otkloniti ga
4	Neravnomerno podizanje oruđa	0,1	360	Jedan ili više ventila u bočnim komorama pumpe ne radi	Izvaditi pumu i otkloniti otkaz
		0,1	360	Jedan ili više kliznih prstenova polomljeni ili oštrčeni	Izvaditi pumu i zameniti oštećene prstenove
5	Sigurnosni ventil propušta kada se ručica komande za položaj podigne u transportni položaj	0,2	10	Gornji graničnik na kvadrantu nije pravilno postavljen	Podesiti graničnik na meru od 295 mm
		0,5	5	Lanci donjih poluga usukani	Ispraviti
6.	Oruđe neće da se spušta ili da podiže	0,1	180	Navrtka za podešavanje dvokrake poluge razvodnika je previše pritegnuta	Podesiti dvokraku polugu i proveriti tačnost položaja donjeg graničnika.

Tabela.3. Pregled otkaza na hidraulici plugova

Deo	Broj otkaza godišnje	Vreme otklanj. otkaza(h)	Vrsta otkaza	Otklanjanje otkaza
Sajle na prenosniku komande hidraulika	$\lambda=1$	1	Pucanje usled preopterećenja	Skraćenje sajli
Hidraulična instalacija	$\lambda=0,3$	2	Otkazi na centralnom hidrauličnom razvodniku	Skidanje razvodnika sa sejalice i otklanjanje otkaza u specijalizov. radionicama
Hidraulični cilindar	$\lambda=4 \times 0,25$ $\lambda=1$	3,5	Dešava se da zaptivne gumice propuštaju	Cilindar se skida i gumice se zamenjuju novim

gde je:

$t_R=593$ (h/god)-vreme korišćenja (60 dana po 10h manje 7 h),

$t_F=7$ (h/god)-vreme koje plug provede u otkazu,

$t_S=3050$ (h/god)-vreme kada plug ne radi ali je spreman za upotrebu (303 dana po 10h).

Operativna gotovost agregata traktor-plug se može dobiti analogno obrascu 3 za rednu vezu, odnosno:

$$G_{O \text{ AGREGATA TRAKTOR-PLUG}} = G_{OT} \cdot G_{Op} = 0.98356 \cdot 0.9981 = 0.98169$$

Ako se tome doda činjenica da realno vreme otklanjanja otkaza traje po nekoliko sati (a obično je agregat van eksploatacije jedan dan: traktor ili plug se mora transportovati do radionice, popraviti i vratiti na njivu) daleko veće od vremena same popravke, i da je rad agregata uslovljen vremenskim (atmosferskim) uslovima, kao i kalendarskim vremenom (radi u toku godine manje od dva meseca), tada intezitet (broj) otkaza prikazanih u tabeli jeste veoma indikativan za službu održavanja.

6. ZAKLJUČAK

Intezitet, odnosno broj otkaza na hidraulici kod agregata traktor-plug, odnosno operativna gotovost hidrauličnog podsistema agregata, jedan je od brojnih, ne i jedini i ne najoptimalniji kriterijum za ocenu kvaliteta održavanja. Ocenom kvaliteta održavanja pruža se mogućnost uvida dosadašnjeg rada službe održavanja, sagledaju propusti i preduzmu odgovarajuće akcije za njihovo otklanjanje. Rezultati istraživanja pokazuju da su najčešći otkazi kod hidraulike traktora zbog propuštanja ulja i otkaza razvodnika, a kod plugova otkazi hidrauličnih cilindara. Dobijena relativno visoka operativna gotovost agregata traktor-plug ukazuje o dobrom preventivnom održavanju i pruža garanciju da će se planirani radovi uspešno obaviti u planiranim agrotehničkim rokovima. Takođe intezitet otkaza hidrauličnih elemenata je i indikator u kom pravcu treba da se angažuje preventivno održavanje.

7. LITERATURA

- [1] Živković, D. Pozhidaeva, V. Molnar, R. Documentation Accompanying the Lubrication of Agricultural Machines and Requirements Relating to Quality Sistem Standards, 6th International Conference on Tribology Balkantrib-08, Tehnical University Sofia-Association Balkan Tribology, Sozopol, 2008.
- [2] Živković, D. Pozhidaeva, V. Sajfert, Z. Lubrication of Hay Press as Part of preventive maintenance, 6th International Conference on Tribology Balkantrib-08, Tehnical University Sofia-Association Balkan Tribology, Sozopol, 2008.
- [3] Veljic, M. Zivkovic, D. Availability of a Tractors Hydraulic System as a Criterion of Sccessfulness of Maintenance, XVIII International Conference on Material Handling, Constructions and Logistics, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2006.
- [4] Veljić, M. Poyidaeva, V. Živković, D. Availability of Hay Presses the System of Maintenance, 8th International Conference on AMO -Advanced Manufacturing Operations, Tehnical University Sofia, Karnevo, 2008, pp.381-385.
- [5] Živković, D. Veljić, M: Operating Readiness As a Criterion for Evaluating the Success of Implementing the System of Quality, 4th International Conference Research and Development in Mechanical Industry- RaDMI 2004, Zlatibor, 2004, pp.439-444.

OPERATIONAL READINESS OF THE HIDRAULIC SUB-AGGREGATES TRACTOR-PLOW

Abstract: *The paper consist specifics relating to the operation and maintenance of the hidraulic sub-aggregates tractor-plow. As the works in the seasonal character of agriculture and must be done in strictly defined time intervals, any notice element aggregates tractor-plow, may bring into question the performance of primary processing zemljošta and great material losses. Therefore, the aggregate of the tractor-plow requires very high reliability. The paper discusses the operational readiness of tractors as a measure of the effectiveness and quality of its maintenance. Also in the paper are the results of the research on the availability of aggregate tractor-plug on one agricultural good.*

Key words: *tractor, plow, operational readiness, maintenance.*



Љ. Тановић, П. Бојанић, Д. Милутиновић, М. Главоњић, Р. Пузовић, Б. Кокотовић, С. Живановић, М. Поповић, Н. Славковић, Г. Младеновић¹

РАЗВОЈ ТЕХНОЛОГИЈА ВИШЕОСНЕ ОБРАДЕ СЛОЖЕНИХ АЛАТА ЗА ПОТРЕБЕ ДОМАЋЕ ИНДУСТРИЈЕ- РЕКАРИТУЛАСИЈА РЕЗУЛТАТА НА ПРОЈЕКТУ МА14034

Резиме

У раду се даје приказ резултата истраживања спроведених у току прве истраживачке године на пројекту МА14034 који реализују пројектни тим формиран на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду. Поред прегледа теоретских и методолошких садржаја, посебна пажња се посвећује практичним излазима оствареним у оквиру овог пројекта где се предвиђа и реализација пилот Мултифункционалног реконфигурабилног обрадног система на бази робота за вишеосну обраду сложених алата и делова великих габарита од мекших материјала ниже и средње класе тачности, са једне стране, односно израда резних алата сложених површина од савремених алатних материјала на бази посебних сорти тврдог метала и специјалних челика, са друге стране.

Кључне речи: *Обрадни систем, реконфигурабилни робот, алати, сложена површина*

1. УВОД

Пројекат МА 14034² је двогодишњи пројекат који је финансијски подржан од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије за период 2008-2010. година. На овом пројекту учествује Машински факултет Универзитета у Београду, Катедра за производно машинство, у својству носиоца истраживачко-развојних активности и координатора пројекта. Основни циљеви овог пројекта се могу сумирати на: Држање корака са развијеним земљама и земљама ЕУ у области технологија вишеосне обраде и реконфигурабилних мултифункционалних обрадних система као кључним сегментима савремених производних технологија и Развој нових стратегија вишеосне обраде и развој једног пилот реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система домаће производње за вишеосну обраду алата и делова великих габарита са сложеним функционалним и естетским површинама. Планирана истраживања имају за циљ такође и подизање технолошког нивоа брзе израде алата сложених површина који треба да омогући подизање технолошког нивоа домаће алатне индустрије а тиме и њену конкурентност у европским оквирима.

2. САДРЖАЈ ИСТРАЖИВАЊА И ЦИЉЕВИ У ПРВОЈ ГОДИНИ

Основни циљ планираних истраживања је конципирање реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота и конципирање резних алата сложених површина од савремених алатних материјала на бази нових сорти тврдог метала и специјалних алатних челика. Према садржају пројекта циљеви истраживања у првој години се могу овако формулисати: Систем анализа стања технологија вишеосне обраде и реконфигурабилних мултифункционалних обрадних система. Систем

¹ Проф. др Љубодраг Тановић, Проф. др Павао Бојанић, Проф. др Драган Милутиновић, Проф. др Милош Главоњић, Доц. др Радован Пузовић, Мр Бранко Кокотовић, Мр Саша Живановић, Мр Михаило Поповић, Никола Славковић, дипл. инг. и Горан Младеновић, дипл. инг., Катедра за производно машинство, Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16, 11120 Београд, Србија; е-маил: ltanovic@mas.bg.ac.rs

² У оквиру овог рада саопштавају се резултати истраживања која се спроводе на пројекту МА14034: **Развој технологија вишеосне обраде сложених алата за потребе домаће индустрије**, који финансијски подржава Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије.

анализа резних алата –призматичних профилних ножева ра радијалним и тангенцијалним примицањем. Формирање базе података о потребама партиципанта и домаће индустрије за изградом сложених алата и делова великих габарита са сложеним функционалним и естетским површинама. Конципирање мултифункционалног обрадног система на бази робота с обзиром на очекивани производни програм и одабране делове представнике партиципанта, кинематику и радни простор расположиве основне машине, шестоосног индустријског робота домаће производње и носивости 50 кг. Развој-прилагођавање CAD/CAM система за пројектовање алата сложених површина. Конципирање алата сложених површина базираном на модуларном принципу. Реализација постављених циљева у првој години истраживања треба да омогући успешну реализацију пилот реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота и конструктивна решења резних алата са сложеним површинама и да створи услове за наставак истраживања у овој области.

3. ПРЕГЛЕД ОСНОВНИХ РЕЗУЛТАТА СПРОВЕДЕНИХ ИСТРАЖИВАЊА

Преглед резултата који су остварени кроз истраживачке активности на пројекту у току прве истраживачке године наводи се по фазама садржаним у плану реализације пројекта. Материјал који се овде наводи преузет је у деловима из годишњег извештаја [1], који је руководилац пројекта поднео Министарству за науку и технолошки развој Републике Србије за текућу истраживачку годину.

3.1. Концепција реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота за изабране делове представнике из домена сложених алата и делова великих габарита са сложеним функционалним и естетским површинама од мекших материјала средње и ниже тачности

Као што је познато, савремене 5-оосне машине алатке карактеришу висока тачност, висока цена и релативно мали радни простор. Ове чињенице су снажно мотивисале произвођаче робота да покрију простор обраде великих делова са сложеним површинама од меканих материјала и ниже класе тачности. Индустријски роботи на данашњем нивоу развоја имају изузетне карактеристике у погледу носивости, тачности и динамике. Поредџи их са 5-осним машинама алаткама, за поменуту класу задатака, одликује их много већи радни простор и цена која је нижа скоро за ред величине. Међутим, један од највећих недостатака данашњих робота је њихово програмирање. Наиме, сваки произвођач робота има свој језик за програмирање. С обзиром да су роботи по дефиницији мултифункционалне машине, роботски језици покривају врло различите области примене као што су манипулација, заваривање, бојење и тзв. помоћне операције обраде као што су обарање ивица, чишћење, полирање и слично. Програмски језици за роботе су у комбинацији са обучавањем погодни за случајеве где се једном написан програм користи дуже времена. Међутим, за примену робота у брзој изради прототипова или у вишеосној обради програмирање робота програмским језицима је веома сложено и дуготрајно. Разлог за ово лежи у недовољној кооперативности произвођача робота у поређењу са произвођачима машина алатки који су били спремни да користе CAD/CAM системе на бази стандарда RS274, односно G код. Разлози за за ово леже у релативно малом тржишту робота, али и неспремности произвођача робота да открију детаље својих управљачких алгоритама и софтвера.

У циљу савладавања ове озбиљне баријере за примену робота у вишеосној обради мекших делова великих габарита данас је покренуто неколико пројеката како од великих и реномираних произвођача робота (KUKA, Motoman, Fanuc, Staubli), тако и од произвођача софтвера (Delcam). Примери робота за обраду произвођача робота KUKA и Staubli су показани на слици 1. Основни циљ ових пројеката је развој софтвера за превођење G кода генерисаних из постојећих постпроцесора за петоосне машине алатке, на њихове роботске програмске језике.



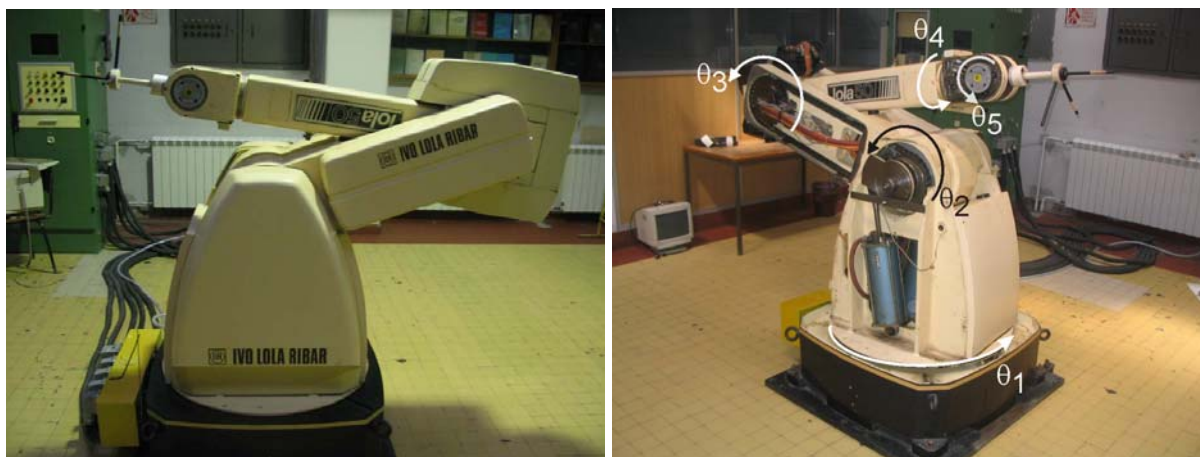
Слика 1. Примери робота за обраду произвођача робота KUKA и STAUBLI

Полазећи од дугогодишњег искуства у области робота, машина алатки, обраде и CAD/CAM-а на Катедри за производно машинство Машинског факултета у Београду, покренут је пројекат развоја пилот реконфигурабилног обрадног система на бази робота за делове већих габарита од мекших материјала, ниже класе тачности и са сложеним естетским и функционалним површинама. У овом извештају се даје поставка концепта и опис реконфигурабилног обрадног система на бази робота домаће производње.

3.2. Конципирање реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота

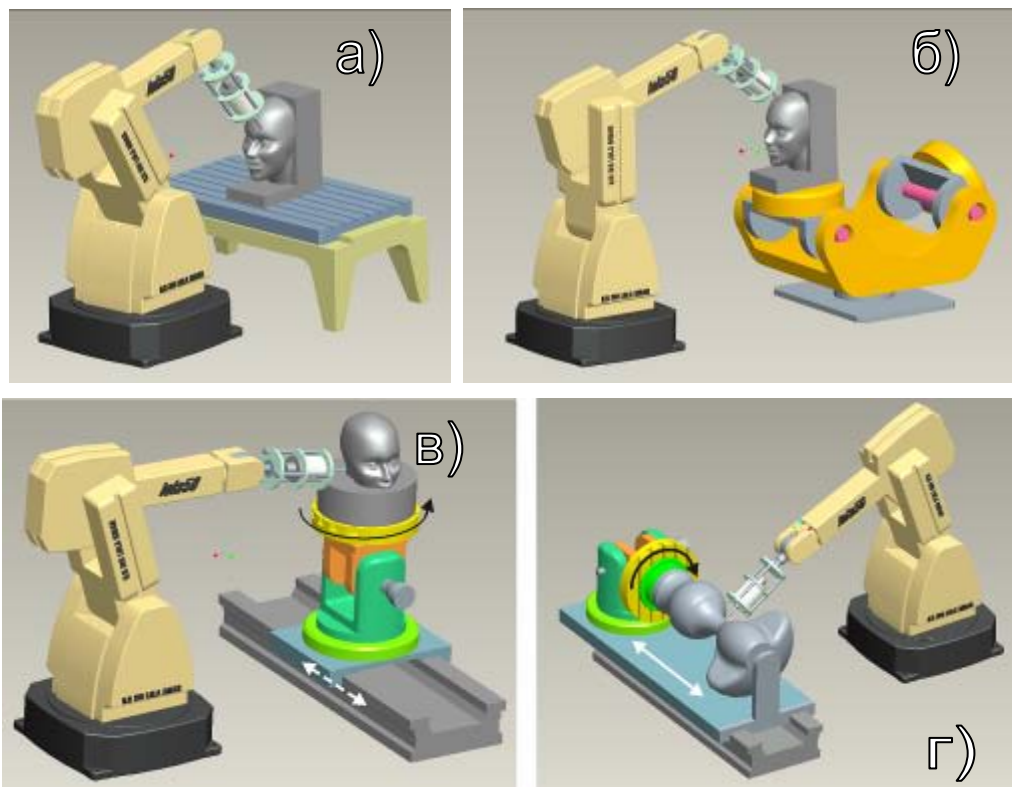
Потребу за технологијом вишеосне обраде глодањем сложених естетских и функционалних површина као и за реконфигурабилним мултифункционалним обрадним системима имају предузећа у областима: израде делова од лаких легура, обраде дрвета, обрада других неметала (камен, пластика, стакло, композит), ливење метала (моделни, калупи за језгра и сл.), израда алата за производе од композита (корита чамаца, кабине возила, љуски лопатица, браника и сл.). Такође значајан простор за примену оваквих обрадних система представљају и потребе за рестаурацијом објеката културне баштине (цркве, манастири, споменици и сл.), као и позоришна и филмска сценографија. Планирани реконфигурабилни обрадни систем на бази робота за изабрану класу делова треба да обезбеди брзу израду, на једном месту, сложених делова великих габарита од мекших материјала ниже класе тачности са сложеним површинама генерисаним расположивим CAD/CAM системима и методама реверзног инжењерства. Овакав систем би имао вишеструко нижу цену од постојећих петоосних машина алатки и задовољио захтеве у погледу обраде ниже класе тачности. Поставка концепта реконфигурабилног обрадног система на бази робота која се овде укратко даје се заснива на:

- Распољивом 6-осном роботу вертикалне зглобне конфигурације домаће производње, слика 2, великог радног простора, носивости и крутости са идејом управљања и програмирања као 5-осне машине,



Слика 2. Распољиви индустријски робот LOLA 50

- Управљачком систему отворене архитектуре базираном на PC Linux платформи и управљачком систему ECM2 (Enhanced Machine Control) са имплементираним управљачким алгоритмима и софтвером.
- Могућности програмирања робота као вертикалне петоосне глодалице помоћу G кода, чиме се елиминише потреба за транслятором G кода у роботски језик.
- Могућност коришћења свих CAD/CAM система са имплементираним 5-осном обрадом за програмирање овог обрадног система.
- Могућности реконфигурисања основне верзије са слике 3а у обрадни систем са изменљивим палетним позиционером, слика 3б, са додатним 2-осним вертикалним транслаторно-обртним столом, слика 3в и са додатним 2-осним хоризонталним транслаторно-обртним столом, слика 3г, и
- Виртуелном обрадном систему на бази робота за верификацију и симулацију програма. Систем је реализован у Python виртуелном графичком окружењу и имплементиран у управљачкој јединици.



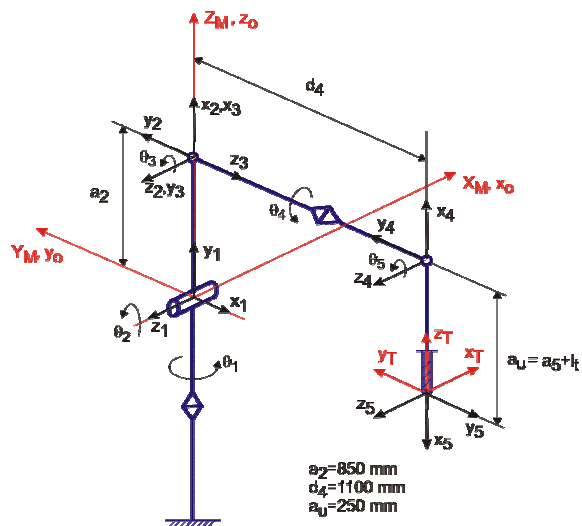
Слика 3. Концептуални модели реконфигурабилног обрадног система на бази робота као петоосне машине

3.3. Управљање и програмирање

Управљачки систем је базиран на PC Linux платформи и управљачком софтверу отворене архитектуре EMC2 (Enhanced Machine Control), који је намењен за управљање машина алаткама и роботима серијске и паралелне кинематике. EMC2 је израђен на основи NIST-ове (National Institute of Standards and Technology) RCS (Real-time Control System) методологије и програмиран је коришћењем RCS библиотеке. Специфичан приступ кинематичком моделирању робота LOLA 50 (решење инверзне и директне кинематике) је извршено по конвенцији за петоосне вертикалне машине алатке слика 4. Моделирање робота LOLA 50 је извршено по Denavit-Hartenberg-овој конвенцији с тим што су уведене две додатне трансформације које се односе на координатне системе алата и машине по конвенцији за петоосне вертикалне машине алатке.

Позиција и оријентација алата, односно координатног система везаног за врх алата {T}, у односу на координатни систем робота као машине {M} је дефинисана једначином (1)

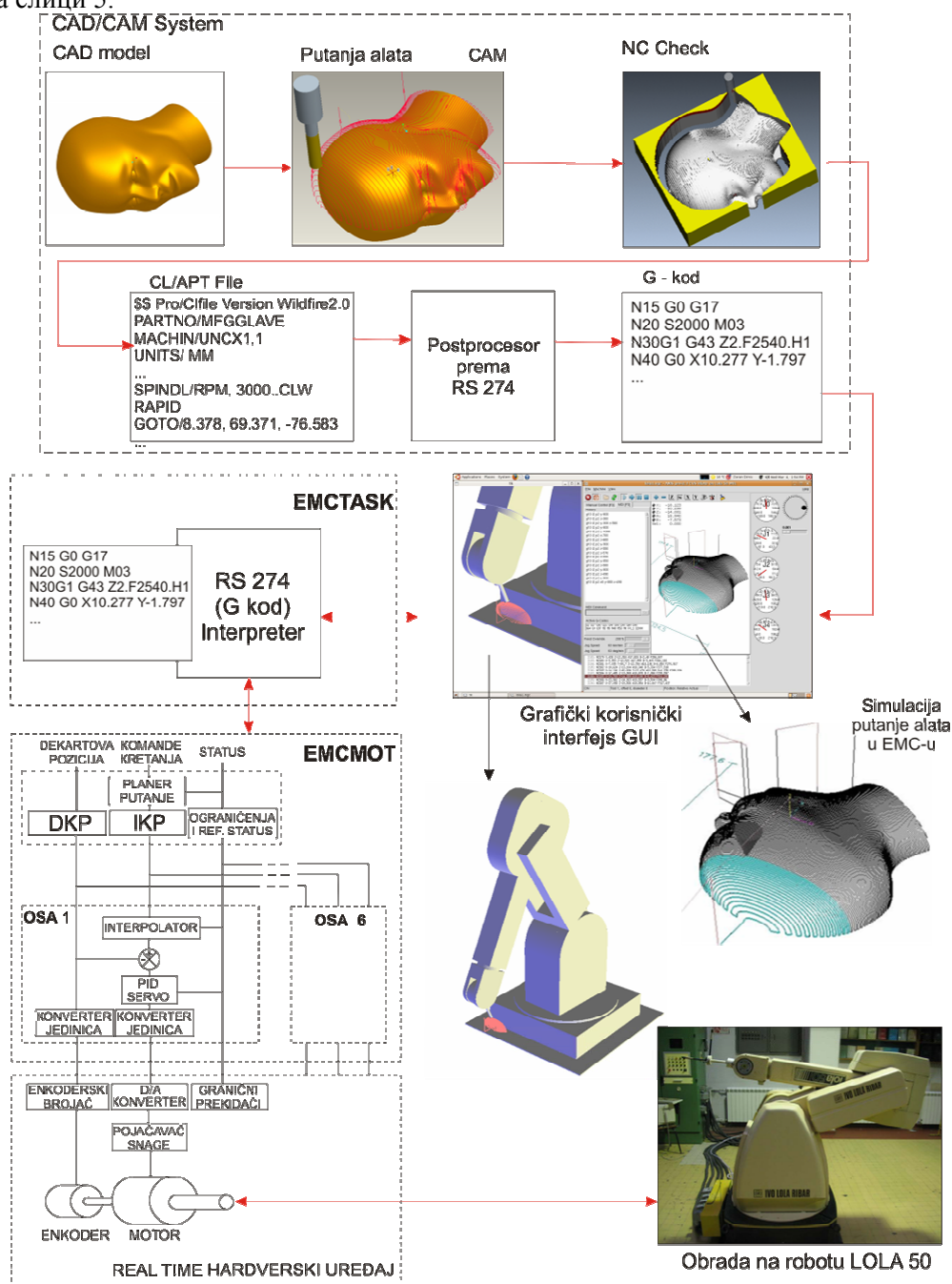
$${}^M_T = {}^M_o T_5 \cdot {}^o_T \cdot {}^5_T = \begin{bmatrix} i_x & j_x & k_x & x_m \\ i_y & j_y & k_y & y_m \\ i_z & j_z & k_z & z_m \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$



Слика 4. Кинематички модел робота LOLA50 као вертикалне петоосне глодалице

где матрица 0_5T одређује позицију и оријентацију координатног система $Ox_5y_5z_5$ везаног за врх енд-ефектора у односу на координатни систем $Ox_0y_0z_0$, везаног за базу робота. Матрица 5_7T , дефинише позицију и оријентацију координатног система $\{T\}$ у односу на координатни систем $Ox_5y_5z_5$. Матрица M_0T дефинише позицију и оријентацију базног координатног система робота у односу на усвојени координатни систем по конвенцији за петоосне вертикалне машине алатке. За овако постављени кинематички модел решење директног кинематичког проблема је једноставно. Међутим решавање инверзног кинематичког проблема је веома специфично како за случај да само робот изводи сва кретања тако и у случајевима прерасподеле кретања између робота и додатних оса. За решени директни и инверзни кинематички проблем, написане су одговарајуће функције у C++ језику и интегрисане са HAL (Hardware Abstract Layer) у EMC2-у.

Полазећи од постављеног циља да се планирани реконфигурабилни обрадни систем на бази петоосног робота програмира као CNC машина алатка применом G-кода (RS274), добијеног из расположивих CAD/CAM система, систем управљања и програмирања је конфигурисан као што је показано на слици 5.

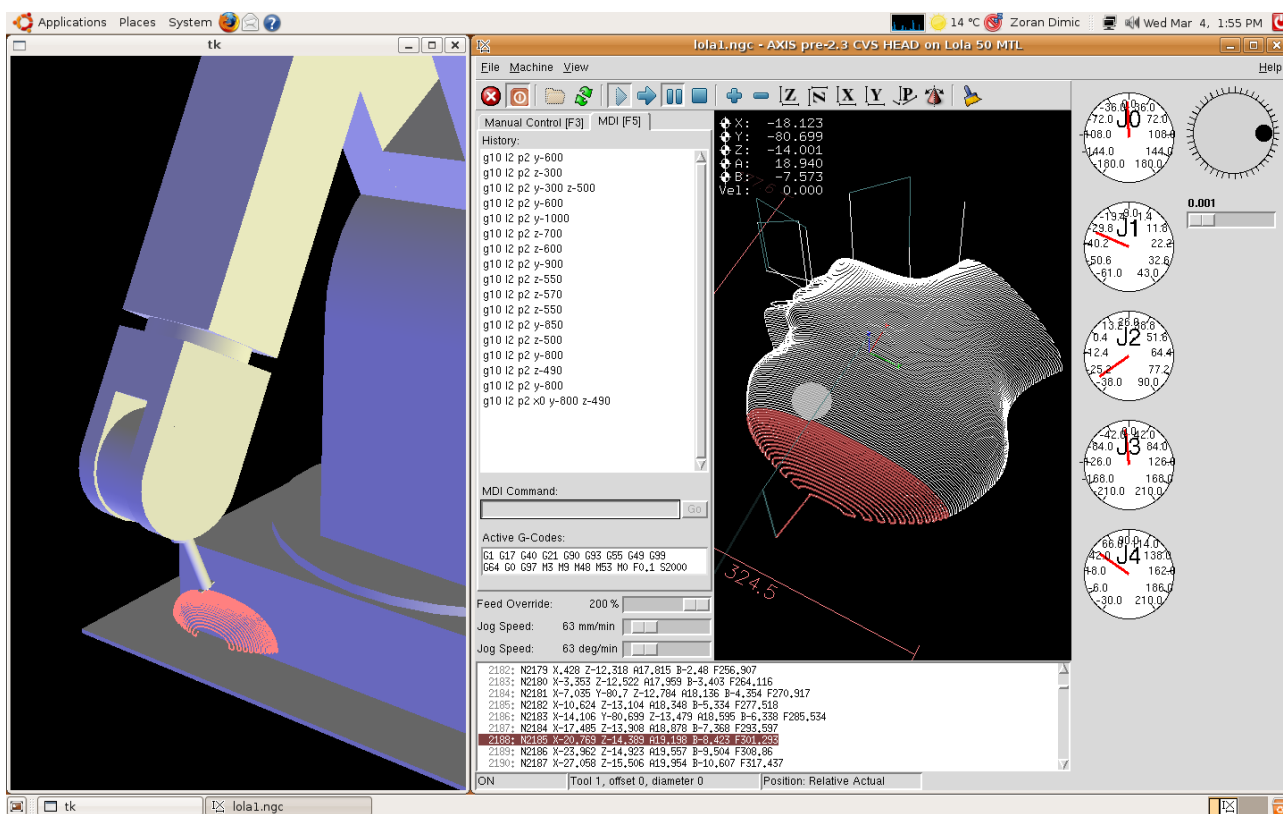


Слика 5. Концепт система управљања и програмирања за основну варијанту система са слике 3а

Полази се од CAD модела за који се у CAD/CAM систему (Pro/Engineer) генерише путања алата (CLF – Cutter Location File). За добијену путању алата прво се врши њена верификација у распложивом софтверу за симулацију уклањања материјала (слика 5), а затим приступа постпроцесирању CLF ради добијања G-кода за петоосну вертикалну глодалицу. Разматране су варијанте постпроцесора за конфигурације машина (X,Y,Z,A,B) и (X,Y,Z,A,C), где X,Y,Z представља позицију врха алата, а A, B и C углове оријентације алата. За варијанту система са слике 3а, где сва кретања изводи робот усвојен је постпроцесор за конфигурацију машине (X,Y, Z,A,B).

Тако добијени G-код се учитава у управљачки софтвер EMC2 где се најпре врши верификација програма на виртуелној машини у реалном времену, слика 6, а затим се управљачки сигнали са сигурношћу могу усмерити ка реалном роботу као петоосној вертикалној машини. Виртуелни робот је конфигуриран преко неколико класа предефинисаних у објектно оријентисаном језику Python.

Верификација програма у реалном времену на виртуелној машини је неопходно због кинематике робота која се битно разликује од кинематике петоосних машина алатки (3 транслаторне + 2 обртне осе) чији се G-код преузима. Такође је врло значајна анализа постављања обратка у радни простор вештине робота, тако да обрада буде изведена, до краја, а да ни једна оса не дође до краја свог хода. То се проверава управо на симулатору, односно на виртуелном роботу као машини, где се врши верификација G-кода, са померањем сегмената и исписивањем путање алата, као да је реч о реалном роботу, слика 6. Уколико дође до прекорачења хода неке осе, врши се корекција постављања обратка у радни простор и поступак понавља до испуњења свих услова за обраду.



Слика 6. Приказ екрана за симулацију путање алата и симулатор виртуелног робота

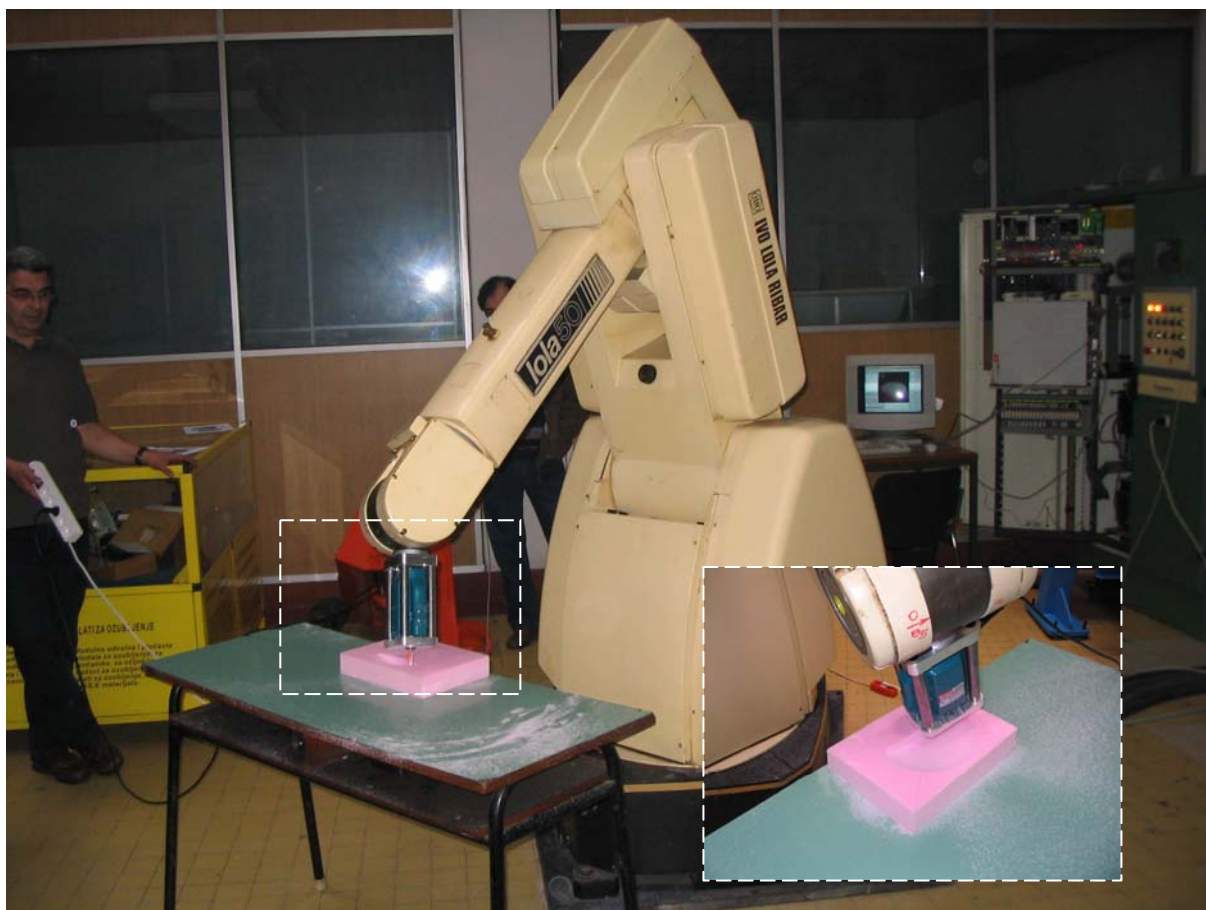
3.4. Приказ реализованог пилот реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота

Основна верзија пилот реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота, је показана на сликама 7 и 8.

Техничке карактеристике

- Број симултано управљаних оса:
 - o На роботу 6 оса и
 - o 1 или 2 додатне осе

- Радни простор:
 - o Робота око 1 m³,
 - o Робота са додатном транслаторном осом до 3x1m³
- Носивост робота: 50 kg
- Брзина главног кретања: 25000 o/min
- Контурна брзина помоћних кретања, у фази уходавања прототипа: 2 m/min
- Дужина програма: неограничена
- CAD/CAM систем: Pro/Engineer Wild fire 4
- Кинематичка структура машине из постпроцесора: X, Y, Z, A, B, вертикална глодалица
- Корекција алата: имплементирана у управљачком систему



Слика 7. Пилот реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота



Слика 8. Пројектни тим на првој интерној презентацији

Техничке могућности:

Систем омогућава 3-осну, 3+2 осну и 5- осну обраду глодањем делова од мекших материјала ниже и средње класе тачности са естетским и функционалним површинама у областима: израде делова од лаких легура, обраде дрвета, обраде других неметала (камен, пластика, стакло, композит), ливења метала (модел, калупи за језгра и сл.), израде алата за производе од композита (корита чамаца, кабине возила, љуски лопатица, браника и сл.). Такође, значајан простор за примену оваквих обрадних система представљају и потребе за рестаурацијом објеката културне баштине (цркве, манастири, споменици и сл.), као и позоришна и филмска сценографија.

3.5. Методологија пројектовања призматичних профилних ножева

Призматични профилни ножеви су алати помоћу којих се на стругу могу обрађивати предмети различите конфигурације, са квалитетима који се постављају према захтеву за дотични производ. У конструктивном смислу профилни призматични ножеви су далеко сложенији од обичних ножева и захтевају специјалне корекционе прорачуне, а сем тога су много сложенији и тежи за израду, из чега се може закључити да су знатно скупљи од стандардних ножева. Успостављање методологије пројектовања профилних стругарских ножева има за циљ ефикасно пројектовање ножева на бази математичког модела.

3.5.1. Познате чињенице од којих се полази

У теоријском и практичном делу полази се од следећих основних хипотеза:

- Дефинисање међусобног односа алата и обратка при обради призматичним профилним стругарским ножем,
- Анализа издатка: облика, димензија, тачности, материјала...
- Препоручене вредности за дефинисање грудног, леђног и допунског грудног угла у зависности од материјала издатка,
- Основи аналитичке геометрије.

3.5.2. Формирање хипотезе

На основу скупа познатих чињеница формира се хипотеза о спрегнутости и односу површина призматичног профилног стругарског ножа. Постављена хипотеза дата је као математички модел којим се једнозначно дефинише геометрија резног дела ножа. Математички модел темељи се на основама аналитичке геометрије и законима трансцендентних функција.

Алгоритам за дефинисање профила и радионичке документације профилног ножа

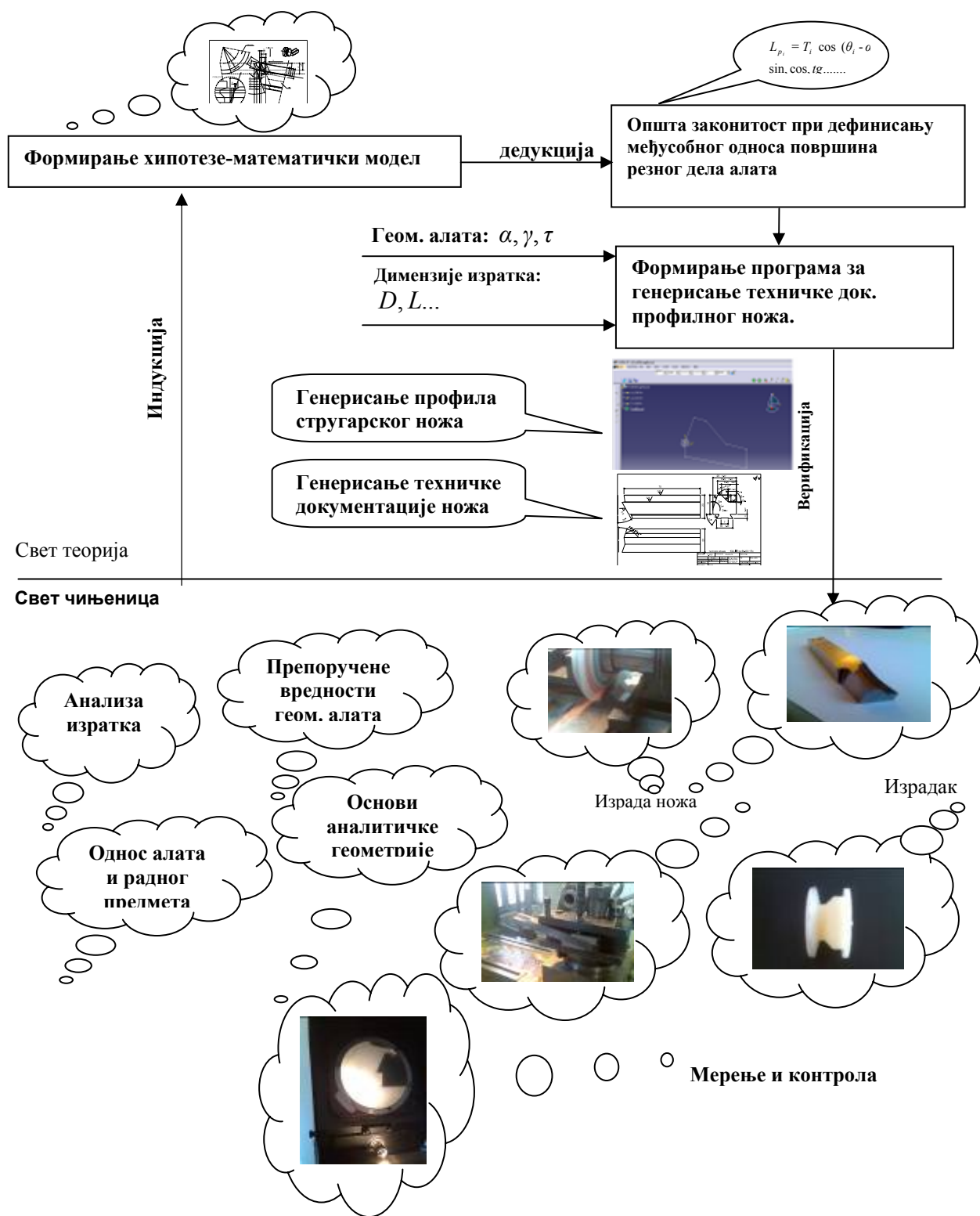
Након што је математички модел постављен развијен је алгоритам за одређен тип профила издатка који дефинише профил призматичног стругарског ножа на основу кога је лако генерише техничка документација неопходна за израду алата.

Верификација постављене хипотезе

Провера хипотезе – математичког модела извршена је на конкретном примеру што подразумева:

- Дефинисање облика, димензија и материјала издатка,
- На основу програма генерише се профил призматичног профилног стругарског ножа са техничком документацијом,
- Технологија израде призматичног профилног стругарског ножа на основу генерисане документације,
- Мерење и контрола израђеног стругарског ножа,
- Обрада дела на стругу направљеним профилним стругарским ножем,
- Мерење карактеристичних димензија издатка и поређење са димензијама које су дате радионичким цртежом издатка.

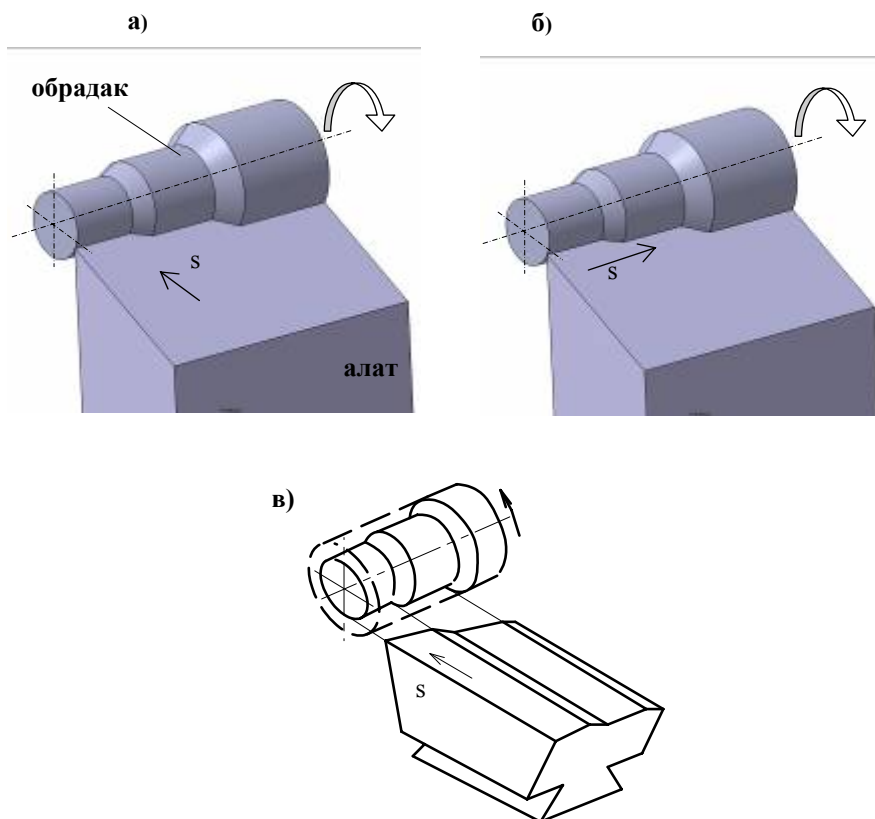
Шематски приказ методологије пројектовања призматичног профилног стругарског ножа приказан је на слици 9. Успостављена методологија пројектовања призматичних профилиних стругарских ножева примениће се на тангенцијалне и радијалне ножеве као типичне представнике ове групе ножева.



Слика 9. Шематски приказ методологије пројектовања призматичног профилног стругарског ножа

3.5.3. Карактеристике призматичних профилних стругарских ножева на којима се темељи математички модел

При обради профилним стругарским ножевима обрадак се обрће око своје осе и изводи главно кретање док се алат креће транслаторно и изводи помоћно кретање. Међусобни однос профилног ножа у односу на обрадак приказан је на слици 10.



Слика 10. Призматични профилни стругарски ножеви: а, б) радијани; в) тангенцијлни

На слици 10 а) приказан је однос алата у односу на обрадак при обради радијалним профилним стругарским ножем док је на сликама 2 б) и в) приказан однос алата и обратка при обради тангенцијалним призматичним профилним стругарским ножем.

3.5.4. Алгоритам за дефинисање профила и радионичке документације призматичног профилног стругарског ножа

На основу детаљно извршеног математичког моделирања тангенцијалног призматичног профилног стругарског ножа формира се алгоритам у циљу лакшег присања програма у програмском пакету FORTRAN.

Улазни подаци:

- Подаци о изратку:

D_1, D_2, D_4 - пречници изратка (услов $D_1 > D_4 > D_2$)

L_0, L_1, L_2, L_3 - карактеристичне дужине изратка (услов $L_1 > L_0 > L_2 > L_3$)

Вредности пречника и карактеристичних дужина изратка дате су у [мм]

- Подаци о геометрији алата:

Грудни угао $\gamma [^\circ]$, леђни угао $\alpha [^\circ]$, допунски грудни угао $\tau [^\circ]$

Обрада улазних података:

Израчунавање карактеристичних димензија профилног стругарског ножа у његовом нормалном попречном пресеку:

$$C_i = L_i \operatorname{tg} \tau \quad (1)$$

$$U_i = t_i \operatorname{tg} \gamma \quad (2)$$

$$G = C - U \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \theta_i = \frac{G_i}{t_i} \quad (4)$$

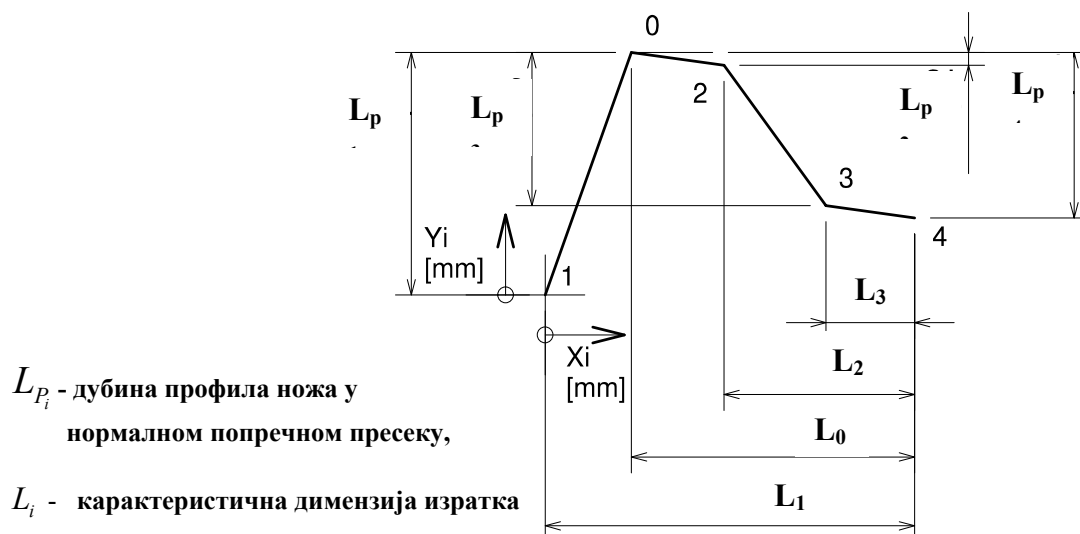
$$T_i = \frac{t_i}{\cos \theta_i} \quad (5)$$

$$L_{p_i} = T_i \cos (\theta_i - \alpha) \quad (6)$$

Једначине 1-6 дефинисане су на основу математичког модела.

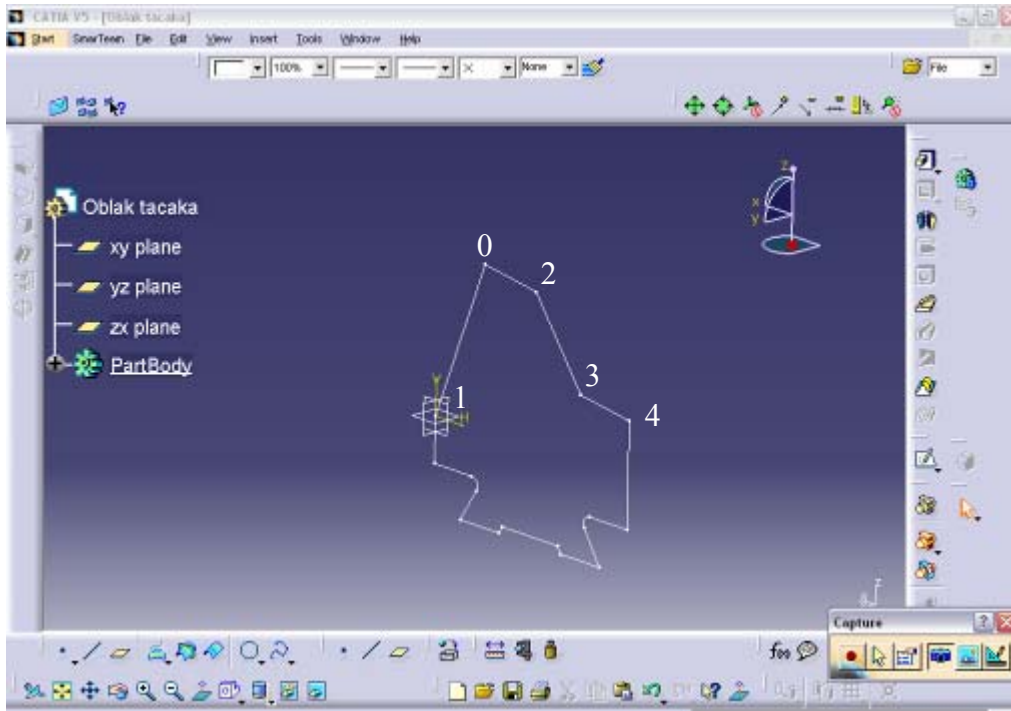
Успостављање координатног система у равни нормалног попречног пресека стругарског ножа Н-Н и дефинисање координата карактеристичних тачака профила:

На слици 11 је приказан начин одређивања координата карактеристичних тачака профила стругарског ножа на основу предходно израчунате величине L_{p_i} која представља дубину профила ножа у нормалном попречном пресеку и већ познате димензије која је карактерише израдак L_i .



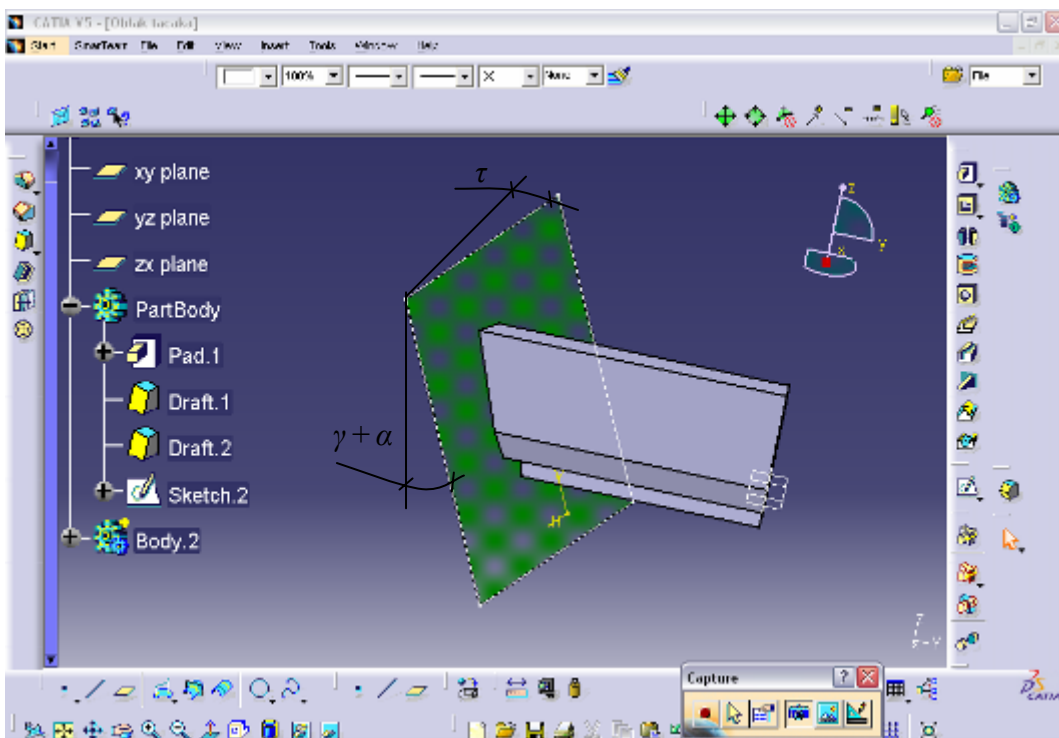
Слика 11. Одређивање координата карактеристичних тачака профила стругарског ножа у његовом

Датотека се састоји од координата карактеристичних тачака профила. Преименовањем имена датотеке koord.dat у [koordinate.rpm](#) и импортовањем као облака тачака у програмски пакет САТИА као и њиховим спајањем се добија профил који је приказан на слици 12.



Слика 12. Профил стругарског ножа генерисан у програмском пакету CATIA на основу датотеке координата карактеристичних тачака која је добијена као излаз из програма

Транслацијом генерисаног профила дуж праве линије и пресеком са равни која је дефинисана збиром грудног и леђног угла као и тангенцијалним углом добија се тродимензиони модел призматичног ножа на основу кога се лако добија радионичка документација, слика 13.



Слика 13. CAD модел призматичног профилног призматичног стругарског ножа

На основу овог алгоритма сачињен је једноставан програм *GeomTanStNoza.f* у програмском језику FORTRAN на основу кога се генерише техничка документација призматичног профилног тангенцијалног стругарског ножа.

4. ЗАКЉУЧАК

Реализација постављених циљева у првој години истраживања омогућила је израду пилот реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота и развој CAD/CAM система за пројектовање призматичних профилних ножева са радијалним и тангенцијалним примицањем. Остварени резултати у првој години истраживања дају нам за право да сматрамо изведена истраживања веома успешним и да она представљају предуслов за даље активности и завршетак целог пројекта. Пројекат нема партиципанта. У току смо преговора са Фабриком резног алата- Алатницом из Чачка где ћемо приказати досадашње остварене резултате како би им предложили да буду корисници-партиципанти за другу годину истраживања на пројекту. Као проблем реализације пројекта може се навести само недостатак директних материјалних трошкова за набавку хардвера МЦ2 плоче, обрадне јединице, мотора, контролера, вођица, завојних вретена за три додатне осе у комбинацији 1 –ротациона и 1 ротациона и транслагациона као и алата за пресовање тврдог метала ради израде профилног ножа.

5. РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Годишњи извештај пројекта МА14034, Интерни материјал у форми елабората и техничке документације за 2009. годину.
- [2] Бојанић П., Модел базиран на вокселима и његова примена у новим технологијама, 34. ЈУПИТЕР конференција, Зборник радова на ЦД, Београд, јун 2008
- [3] Бојанић П., Интеграција инжењерства на бази примене компјутерана вокселској платформи интерног модела објекта, 32. саветовање производног машинства Србије, Зборник радова, Нови Сад, септембар 2008
- [4] Главоњић, М., Живановић, С., Милутиновић, Д., Димић, З., Едукациона троосна машина са паралелном кинематиком, 34. ЈУПИТЕР конференција, 30. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-628-0, стр.3.27-3.34, Машински факултет, Београд, јун 2008.
- [5] Glavonjic M, Milutinovic D.: Parallel structured milling machines with long X travel, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing Vol 24, Issue 3, pp. 310-320, 2008.
- [6] Milutinovic, D., Glavonjic, M., Zivanovic, S., Dimic, Z., Kvirgic, V.: Mini educational 3-axis parallel kinematic milling machine, *Proceedings of 3rd Interanational Conference on Manufacturing Engineering IC MEN and EUREKA Brokerage Event*, 1-3 october 2008, Kallithea of Chalkidiki, Greece, pp.463-474
- [7] Гостимировић М., Секулић М., Пузовић Р., Modeling of drilling – predicting main cutting force, 12th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" ТМТ 2008, Proceedings, str. 101-104, Istanbul, Turska, 26-30.08.2008
- [8] Димић, З., Живановић, С., Квргић, В., Концепт развоја CNC управљања за машине алатке специфичне конфигурације на бази EMC софтвера, 34. ЈУПИТЕР конференција, 30. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-628-0, стр.3.19-3.26, Машински факултет, Београд, јун 2008.
- [9] Димић, З., Живановић, С., Квргић, В., Конфигурисање EMC2 за програмирање и симулацију вишеосних машина алатки у Путхон виртуелном графичком окружењу, 32.Саветовање производног машинства са међународним учешћем, Зборник радова ISBN 978-86-7892-131-5, стр.353-356, ФТН Департаман за производно машинство, Нови Сад, 2008.
- [10] Кокотовић Б., АЛГОРИТАМ ЗА ОТКРИВАЊЕ УЛАСКА ЛИНЕАРНОГ ДИНАМИЧКОГ СИСТЕМА У НЕСТАБИЛНО ПОДРУЧЈЕ, 34. ЈУПИТЕР конференција, Зборник радова на ЦД, стр. 3.118-3.125, Београд, јун 2008
- [11] Милићев А., Јанковић Н., Бојанић П., Нека искуства у примени CAD/CAM система при пројектовању дела машинског система – дозера, 34. ЈУПИТЕР конференција, Зборник радова на ЦД, Београд, јун 2008
- [12] Милутиновић, Д., Квргић, В., Димић, З., Живановић, С., Главоњић, М., Мултифункционални реконфигурабилни обрадни систем за вишеосну обраду сложених алата и делова великих габарита, Елаборат, Машински факултет Београд, 2008.

- [13] Милутиновић, Д., Главоњић, М., Живановић, С., Димић, З., Мултифункционални реконфигурабилни обрадни систем на бази робота, 32. Саветовање производног машинства са међународним учешћем, Зборник радова ISBN 978-86-7892-131-5, стр. 369-372, ФТН Департаман за производно машинство, Нови Сад, 2008.
- [14] Димић, З., Живановић, С., Квргић, В., Конфигурисање EMC2 за програмирање и симулацију вишеосних машина алатки у Python виртуелном графичком окружењу, 32. Саветовање производног машинства са међународним учешћем, Зборник радова ISBN 978-86-7892-131-5, стр. 353-356, ФТН Департаман за производно машинство, Нови Сад, 2008.
- [15] Милутиновић, Д., Главоњић, М., Живановић, С., Славковић, Н., Реконфигурабилни обрадни системи на бази петоосног робота, 9. Међународна конференција о достигнућима електротехнике, машинства информатике ДЕМИ 2009, Зборник радова, стр. 273-280, Универзитет у Бањалуци, Машински факултет, Бања Лука, 28.-29. маја, 2009.
- [16] Милутиновић Д., Главоњић М., Живановић С., Кокотовић Б., Славковић Н., Концепција реконфигурабилног мултифункционалног обрадног система на бази робота, Елаборат, 2009.
- [17] Милутиновић М., Методологија пројектовања призматичних профилних ножева, Магистарска теза, Машински факултет у Београду, 21.07.2008
- [18] Тановић Љ., ОДРЖИВОСТ ИНДУСТРИЈЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ, 34. ЈУПИТЕР конференција, Зборник радова на ЦД, стр. ТФ.1-ТФ.5, Београд, јун 2008
- [19] Тановић Љ., МЕТАЛОПРЕРАЂИВАЧКА ИНДУСТРИЈА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ-СТАЊЕ И ПЕРСПЕКТИВА, 32. SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA SRBIJE SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM, 32. саветовање производног машинства Србије, Зборник радова, стр. 595-598, Нови Сад, септембар 2008
- [20] Тановић Љ., Мељничук А. Клименко С.А., ПОСТОЈАНОСТ АЛАТА ПРИ СТРУГАЊУ ПРЕВЛАКА АМОРФНО-КРИСТАЛНЕ СТРУКТУРЕ, Часопис ТЕХНИКА, ИССН 0461-2531, Вол. 57, Број 3, стр. 1-6, 2008

THE DEVELOPMENT OF MULTIAxes MACHINING OF COMPLEX TOOLS FOR DOMESTIC INDUSTRY – RECAPITULATION OF RESULTS ON PROJECT MA14034

Summary

This paper gives a review of research carried out during the first research year on project MA14034 which is carried out by project team formed at Production Engineering Chair at Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade. Besides the review of theoretical and methodological contents a special attention is paid to practical results obtained in this project which anticipate the realization of pilot multifunctional reconfigurable machining system based on robot for multiaxes machining of complex tools and huge parts made of soft materials with lower and medium accuracy class, and on the other hand, machining of cutting tools with complex geometry made of contemporary tool materials based on special kind of hard metal and special steels.

Key words: *Machining system, reconfigurable robot, tool, complex surfaces*



M.Vasić, S.Trgovčević, V.Cvijanović¹⁾

JEDAN PRISTUP MODELIRANJU MAŠINA ALATKI SA PARALELNO KINEMATIKOM U CAD OKRUŽENJU

Rezime: U ovom radu predstavljen je *top-down* pristup modeliranja u CAD okruženju sklopa jedne klase mašina alatki – mašina alatki sa paralelnom kinematikom. Sam proces modeliranja polazi od definisanja projektnih parametara na najvišem nivou strukture mašina i njihovom prenošenju na sve preostale komponente sklopa. Sa predloženim pristupom, svi zadati parametri mašina su obuhvaćeni, složeni u logičku celinu i implementirani na nivou sklopa, za razliku od konvencionalnog pristupa koji podrazumeva optimizaciju pojedinih komponentata i njihovu kasniju ugradnju u sklop.

Ključne reči: mašine alatke, paralelna kinematika, modeliranje, *top-down* pristup

1. UVOD

Proces projektovanja mašinskih sklopova primenom *top-down design* pristupa počinje tako što se postavljaju kriterijumi za projektovanje na najvišem nivou modela – glavnom sklopu a zatim se ti kriterijumi postepeno spuštaju do nivoa pojedinih komponentata sklopa. *Top-down* je metod projektovanja proizvoda koji podrazumeva definisanje projektnih kriterijuma na najvišem (*top-level*) nivou proizvoda i njihovim spuštanjem do nivoa svakog od podsistema sadržanog u strukturi proizvoda. Na ovaj način dobija se organizovan model, lak za optimizaciju i dalju analizu.

Proces projektovanja počinje integracijom svakog pojedinog elementa u sklop, a prema izabranim i usvojenim kriterijumima. Pri uobičajenom projektovanju mašinskih elemenata, podsklopova i sklopova, komponente se projektuju prema zahtevanim performansama sistema zadržavajući pri tom željenu funkcionalnost proizvoda. Tako, može da se desi da optimalni oblik projektovane komponente ne bude odgovarajući za sistem u celini. Karakteristike komponentata moraju da budu određene uzimajući u obzir performanse sistema. Opisani način projektovanja u CAD terminologiji naziva se *bottom-up design*. Ovaj pristup podrazumeva projektovanje prvo pojedinačnih komponentata nezavisno od sklopa u koji se ugrađuju, nakon toga se proverava ponašanje sistema tako što se rezultati analiza svake od komponentata ugrađuju u analizu sistema. Zatim se ponovo vrši analiza sistema sa ciljem zadovoljavanja, postavljenih, projektnih parametara. Ako performanse sistema ne zadovoljavaju postavljene kriterijume, svaka od komponentata se modifikuje prema rezultatima prethodne analize i tako sve dok se ne postignu željene karakteristike. Ovaj proces projektovanja je iterativan i zasnovan na metodi pokušaja i grešaka i kao takav je veoma spor i zahtevan. Za razliku od njega *top-down design* koristi analizu sistema u celini kao metod za vođenje kroz model. Drugim rečima model je dobijen kao posledica sprovedenih analiza, čiji su rezultat komponente koje savršeno odgovaraju sistemu i koje kasnije zahtevaju veoma malo ili nimalo modifikacija [1].

Kod modeliranja primenom nekog CAD sistema uvodi se pojam - *to capture design intent*, što podrazumeva takvo projektovanje komponentata, posklopova i sklopova da budu zadovoljeni svi postavljeni projektni zahtevi uz najviši nivo optimizacije.

¹⁾ Miroslav Vasić, dipl. inž., LOLA Institut, (vasic@lola-ins.co.rs), Sanja Trgovčević, dipl. inž., LOLA Institut, (sanja@lola-ins.co.rs), Vojkan Cvijanović, dipl.inž., LOLA Institut, (vojkan@lola-ins.co.rs)

2. PROCES IMPLEMENTACIJE TOP DOWN DESIGN PRISTUPA

Top-down design [3] pristup projektovanju je proces koji se sastoji iz šest glavnih koraka u cilju razvoja proizvoda (sklopa) u nekom logičnom poretku. Ti koraci podrazumevaju planiranje i formiranje strukture proizvoda, deljenje ključnih projektnih informacija kroz hijerarhiju proizvoda i sagledavanje odnosa između pojedinih komponenata. Očigledno je da ovakav pristup ima brojne prednosti. Jedna od njih je uređivanje sklopova sa velikim brojem komponenata, a ogleda se u tome što se korisniku dozvoljava da u memoriju računara učita samo strukturu skeleton modela i da na njemu izvrši promene koje će se direktno odraziti na sklop. Skeleton modeli sadrže u sebi ključne informacije o proizvodu kao što su kriterijumi za izbor mernih, tehnoloških i montažnih baza pojedinih komponenata sklopa, zatim zahteve o prostoru koji je potrebno rezervisati za neki podsklop ili neki njegov deo kao i druge projektne parametre.

Top-down design organizuje i pomaže u prinudi interakcije i zavisnosti između komponenata sklopa. Mnoge interakcije i zavisnosti već postoje (u nekom sklopu) i poželjno je da budu obuhvaćene jednim modelom. Tako organizovanom strukturom modela (proizvoda – sklopa) postiže se da informacije neometano teku kroz njegove različite nivoe. Ako se promene izvrše na jednom nivou, one će se preneti i na sve ostale nivoe podsklopova/delova koji dele tu informaciju.

Top-down design je proces projektovanja koji se sastoji iz šest osnovnih koraka :

1. Definisanje *design intent*,
2. Definisanje preliminarne konfiguracije modela,
3. Uvođenje skeleton modela,
4. Sprovođenje *design intent* – kroz celokupnu strukturu proizvoda,
5. Formiranje pojedinih komponenata,
6. Uređivanje međuzavisnosti delova.

Korak 1 – Definisanje *design intent* ;

Svaki proizvod je projektovan sa nekim prethodno definisanim planom. Crteži, ideje, predlozi i specifikacije moraju da postoje da bi odredili svrhu proizvoda, njegovu funkciju i dizajn. Planiranje pomaže projektantu da bolje razume proizvod i da počne da formira sistem i/ili detaljne modele (podsisteme, komponente).

Korak 2 – Definisanje preliminarne konfiguracije modela ;

Struktura proizvoda se sastoji iz liste komponenata (podsklopova, delova) i njihove hijerarhije u okviru sklopa (proizvoda). Mnogi glavni podsistemi zahtevaju da projekat bude određen u okviru *design intent*. Struktura proizvoda može na lak način da se formira u okruženju *Pro/ENGINEER* dozvoljavajući formiranje podsklopova i delova koji u sebi ne sadrže nikakvu geometriju. Postojeći podsklopovi i delovi takođe mogu da se dodaju u strukturu proizvoda, a da praktično ne budu sklopljeni. Određivanje preliminarne strukture proizvoda pomaže u organizaciji projektovanja sklopova u jedan upravljiv (lak za kontrolu) model.

Korak 3 – Uvođenje skeleton modela ;

Skeleton modeli se ponašaju kao trodimenzionalni layout sklopa i mogu se iskoristiti kao mesta od značaja za montažu, kretanje (granične hodove), ili da se posredstvom njih 'rezerviše' mesto u sklopu za neki drugi (budući) podsklop ili deo. Takođe, mogu da se iskoriste i kao nosioci informacija koje treba proslediti drugim podsistemima i da preuzmu ulogu kontrole referenci (ili interakcije) između podsistema. Skeleton modeli imaju brojnu namenu u određivanju forme, uklapanja i funkcije sklopa (proizvoda). Na primer, prostor – forma, interfejs – uklapanje, kretanje – funkcija.

Korak 4 – Sprovođenje *design intent* kroz celu strukturu proizvoda ;

Informacija na najvišem nivou proizvoda kao što su mesta od značaja za montažu može da bude nošena skeleton modelom najvišeg nivoa. Ta informacija dalje se može proslediti odgovarajućem skeleton modelu na nekom nižem nivou. Na taj način se dozvoljava da svaki podsklop sadrži skeleton model koji će preuzimati samo jedan deo informacija sa najvišeg nivoa, a koje su od značaja za taj sklop, odnosno nivo.

Korak 5 – Formiranje pojedinih komponenata ;

Kada je uspostavljena skeleton reprezentacija proizvoda, i kada su kriterijumi sa najvišeg nivoa prosledeni nižim nivoima, može da se počne sa formiranjem pojedinih komponenti. Postoje brojne metode i tehnike za to. Moguće je u sklop uključiti postojeće komponente, formirati nove u okviru sklopa itd. Ti pojedini delovi mogu da budu u relaciji jedan sa drugim posredstvom drugih komponenti, skeletona, formi ...

Korak 6 – Utvrđivanje međuzavisnosti delova ;

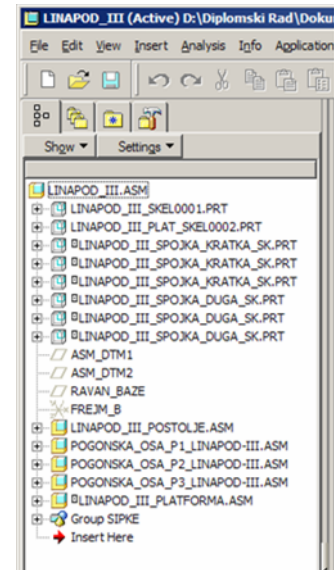
Jedana od najvećih koristi parametarskog modeliranja je 'lakoća' sa kojom se model može izmeniti. Za to postoje brojni alati i metode. Na taj način se dozvoljava komponentama sa jednog modela da budu korišćene na drugom, omogućavajući pri tom i kontrolu sklopa u celini.

Za ovu klasu mašina alatki *design intent* bi bio postavljen prema nekoj od funkcija cilja, na primer, da takva mašina ima radni prostor pravilan po obliku i veliki u odnosu na gabarit mašine i hodove duž pogonskih osa. Da bi se ono što je zadato bilo i ostvareno, neophodno je sprovesti sledeće analize: usvojiti brojne vrednosti parametara mašine, rešiti inverzni geometrijski problem, izvršiti analizu kretanja i kinematike mehanizma, utvrditi singularne položaje ...

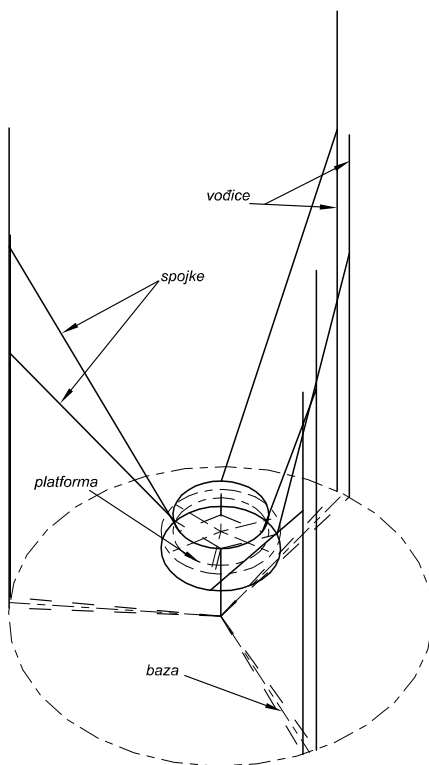
Određivanje preliminarne konfiguracije modela podrazumeva upotrebu nekog CAD sistema. U ovom radu izabran je *Pro/ENGINEER Wildfire 4.0* kao alat koji će nositi *top-down design* mašine, odnosno sklopa. U tom cilju neophodno je prethodno formirati elemente mašine na nivou sklopa prema opštem modelu.

Na taj način se definiše struktura sklopa pre nego što se i počne sa modeliranjem pojedinih komponenata.

Ovako definisan sklop ima više prednosti. Obezbeđuje se to da su komponente postavljene pravilno, sa sličnim formama i vezama kao i to da se priličan broj negeometrijskih informacija koje definišu model uključe u strukturu proizvoda pre nego što se i počne sa formiranjem neke geometrije. Na slici 1. prikazana je struktura modela za mašinu alatku sa paralelnom kinematikom tipa *Linapod III*.



Slika 1. Struktura modela MPK tipa Linapod III

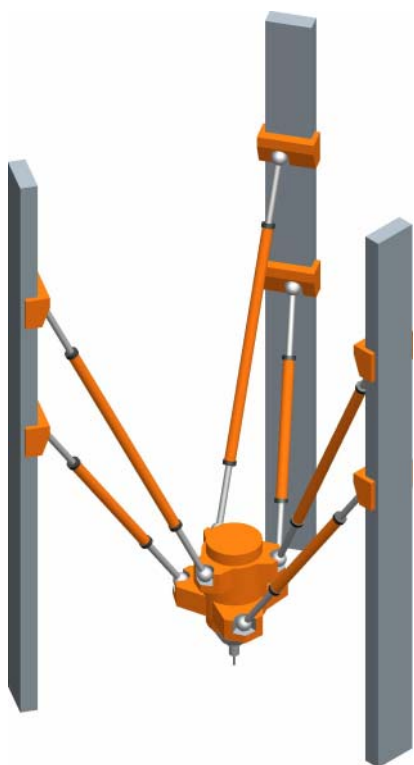


Slika 2. Računski model MPK tipa Linapod III

pri tom mogu dodavati u bilo kom redosledu.

Sprovođenje *design intent* – kroz celokupnu strukturu sklopa ima za cilj prenos najvažnijih informacija sa *top-down* nivoa na niže nivoe. Te informacije su definisane i sadržane u skeleton modelima na istom, najvišem, nivou i prenose se na druge skeleton modele na nižim nivoima. Svaki od solid modela koristi neke reference sa skeleton modela pojedinih komponenata, na najnižem nivou sklopa, tako da se bilo

koja izmena na skeletonu odmah preslikava i na solid model. Na najvišem nivou čitav sklop se poziva na skeleton model koji može, a nemora, da bude definisan kao sklop.



Slika 3. Koncept model MPK tipa Linapod III

Veoma važna napomena za mehanizme zasnovane na zatvorenim kinemtičkim lancima je ta da je praktično nemoguće formirati sklop bez upotrebe skeletona modela. Geometrija tih mehanizama je toliko složena da čak ni napredan sistem kakav je *Pro/ENGINEER* nemože da nađe rešenje za pravilno postavljanje modela samo na osnovu njegove topološke strukture.

Formiranje pojedinih komponenata sklopa je završni proces u *top-down* – u. Komponente bi trebalo da se kreiraju neposredno, u kontekstu sklopa. Standardne komponente kao što su zglobovi, glavno vreteno, itd. odnosno komponente koje se kupuju kao gotove mogu se modelirati van sklopa, nezavisno, ili ih učitati u sklop ako se poseduje njihov solid model.

Projektovane komponente su definisane u smislu prostornih odnosa u sklopu, tako da je čitav sklop zasnovan na tim odnosima pre nego na nezavisnim dimenzijama.

Top-down design metodologija je moćna tehnika modeliranja složenih sklopova, koji sadrže veliki broj oblika i uslova kretanja pojedinih komponenata. Za formiranje sklopova paralelnih mašina ova metodologije je i jedino moguća i ispravna.

3. KLASIFIKACIJA CAD MODELA

Razlikuju se :

- **Računski model MPK tipa T**, to je model koji je opisan u prethodnom tekstu i služi kao osnova za dalje formiranje modela mašina. Računski model predstavlja isto što i skeleton model;
- **Koncept model MPK tipa T**, je model koji je zasnovan na računskom modelu, a čine ga solid modeli pojedinih komponenata. Ovaj model predstavlja isto što i simbolički model u smislu elemenata mašine. Pogonske ose i klizači su predstavljeni jednostavnim pravougaonim formama, spojke su predstavljene kao cilindri, a zglobovi sferama;
- **Kinematički model MPK tipa T**, je detaljan model mašine (na korak do finalnog sklopa) i služi za analizu kretanja i ponašanja samog mehanizma. Osnova za ovaj model računski i koncept model. Komponente koje čine sklop su detaljne u smislu tačnih dimenzija, prema katalogima proizvođača, ili prema sopstvenoj zamisli, međusobnih odnosa, ali bez suvišnih detalja koje bi otežale analizu zbog dužeg vremena regeneracije modela i bespotrebnog trošenja resursa računara. Ovaj model je bez mase;
- **Dinamički model MPK tipa T**, je isti kao i kinematički model samo je svim elementima sklopa dodeljena masa u cilju, kasnije, dinamičke analize;
- **Tačan model MPK tipa T**, predstavlja virtualno *napravljenju* mašinu. Nastao bi kao posledica izvršenih kompletnih analiza i optimizacija prethodnih modela, a služio bi kao model po kome bi se dobila *napravljenju mašina*;

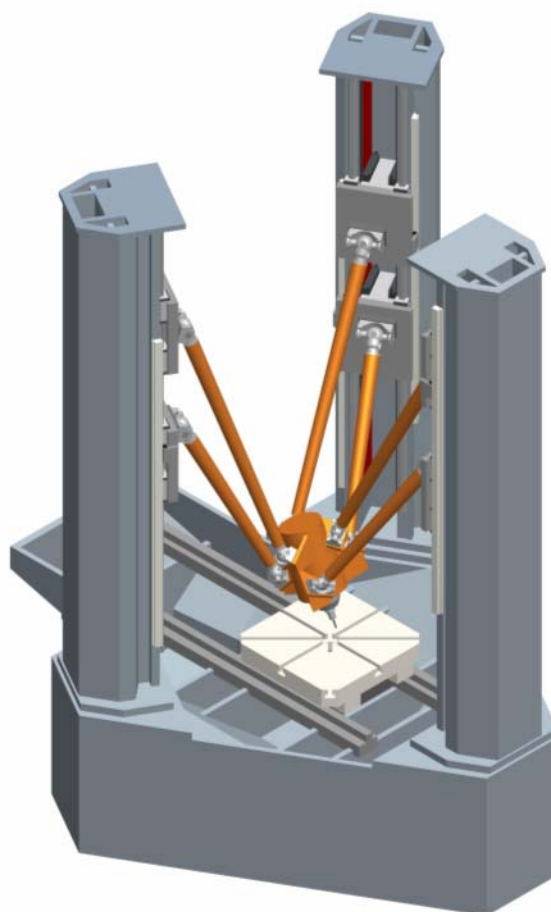
4. FORMIRANJE CAD MODELA

Sklop računskog modela moguće je dobiti na dva načina. Prvi način podrazumeva izbor i usvajanje parametara mašine, zadavanje željene pozicije i orijentacije vrha alata i izračunavanje pomeranja klizača. Nakon toga se pristupa sklapanju modela i ukoliko je rešenje inverzne geometrije tačno mehanizam će biti sklopljen bez problema, ukoliko nije mehanizam neće moći da se sklopi. Pre početka sklapanja mehanizma formiraju se simbolički modeli koji će predstavljati željenu mašinu na osnovu izabranih i usvojenih parametara. Opis koraka je sledeći :

- I. Formirati simboličke modele osnovnih elemenata mašine : baze, platforme, klizača i spojki,
- II. Formiranje glavnog sklopa – simbolički model mašine,
- III. Postavljanje modela baze,
- IV. Postavljanje modela platforme u zadatoj poziciji i orijentaciji prema vrednostima sa kojima je izvršeno izračunavanje inverznog geometrijskog problema,
- V. Postavljanje klizača na pogonskim osama prema rešenju inverzne geometrije,
 - I. Postavljanje spojki.

Drugi, napredniji način, koji u potpunosti koristi sistem parametarskog modeliranja u CAD – u, podrazumeva formiranje sklopa mašine bez izračunavanja pomeranja klizača. To izračunavanje se ostavlja CAD sistemu. Na taj način ne samo što je moguće naći rešenje inverzne geometrije, nego je moguće dobiti i rešenje direktnog geometrijskog problema za najopštiji slučaj mehanizma sa zatvorenim kinematičkim lancem sa šest stepen slobode kretanja pokretne platforme. Opis koraka je identičan prethodnom, s tim što se ne koriste krute veze između elemenata sklopa ograničavajući im pri tom kretanje. Na primer, klizač ima jedan stepen slobode kretanja duž pogonske ose, što znači da mu treba oduzeti preostalih pet uz poštovanje ograničenje u pogledu maksimalnog hoda duž pogonske ose. Ovaj način važi kada su elementi mašine solid (zapreminski) modeli. Kada se koriste žičani (računski) modeli postupak se dodatno pojednostavljuje jer se veza između elemenata, na primer, spojke i pogonske ose ostvaruje sa manjim brojem relacija. Pogonska osa je simbolički predstavljena kao linija, kao i spojka čije krajnje tačke simbolički predstavljaju sferne zglobove, tako da je potrebno samo definisati relaciju između tačke i prave.

Pre početka modeliranja potrebno je na osnovu opšteg modela mašina alatki sa paralelnom kinematikom izabrati i usvojiti parametre mašine. Zatim je potrebno izvršiti proračun inverznog geometrijskog problema za neki proizvoljan položaj platforme i na taj način odrediti pozicije klizača na pogonskim osama. Na osnovu tako usvojenih parametara pristupa se formiranju računskog (skeleton ili žičanog) modela, odnosno pojedinih komponenata. Nakon završenog formiranja računskog i kinematičkog modela mašine pristupa se uzradi složenijeg modela. Taj model je nazvan kinematički model. Njega čine tačne komponente u smislu gabaritnih mera i ponašanja elemenata sklopa. One nisu detaljno modelirane, jer



Slika 4. Kinematički model MPK tipa
Linapod III

je namena ovog modela za kinematičku analizu, detalji bi samo, bespotrebno, potrošili resurse računara, a pojedine analize ne bi bile moguće.

5. ZAKLJUČAK

Proces projektovanja mašinskih sklopova primenom *top-down design* pristupa je moćna tehnika projektovanja. Jasno je da je prikazana metodologija veoma jednostavna za primenu i pri tom vrlo efektna. Naponi koji bi bili uloženi kroz brojne iteracije primenom konvencionalnog (*bottom-up*) projektovanja ovim su svedeni na najmanju moguću meru, a ne treba zaboraviti ni to da je formiranje složenih sklopova kao što je prikazana mašina, bez ove tehnike praktično nemoguće.

6. LITERATURA

- [1] Banka, N. i Lin, Y.J., Mechanical design for assembly of a 4-DOF robotics arm utilizing a top-down concept, Cambridge University Press, Robotica, Vol. 21, str. 567-573, 2003.
- [2] Koich, K., Hiromasa, S., Hidetoshc, A., i Fumihiko, K., A product modeling system for top-down approach design methodology, Robotics and Comuter Integrated Manufacturing, Vol. 10, str. 49-55, 1993.
- [3] Parametric Tehnology Corporation, *Pro/ENGINEER: Top-Down Design Task Guide*. PTC, 1998.
- [4] Vasić, M., 'Analiza mašina alatki sa paralelnom kinematikom tipova 3T i 6T', Diplomski rad, Mašinski fakultet u Beogradu, 2008.

M.Vasić, S.Trgovčević, V.Cvijanović

A MODELING APPROACH FOR THE PARALLEL KINEMATIC MACHINE TOOLS IN CAD ENVIRONMENT

Abstract: *This paper propose an top-down design approach in a CAD for the one class of machine tools – parallel kinematics machine. The design process begins by defininig top-level project parameters and passing down these parameters from top level to all of subsequent components. With this proposed approach, all of the machine parameters are captured, organized in logical way and implemented based on entire system's objectives, as opposed to the conventional design process which aims at individual component's optimization and their assembling.*

Key words: *machine tool, parallel kinematic, modeling, top-down design*

35. JUPITER Konferencija
sa međunarodnim učešćem

35th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



37. simpozijum

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U
INDUSTRIJI PRERADE METALA

Beograd, jun 2009.

UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U INDUSTRIJI
PRERADE METALA
PRODUCTION CONTROL IN METALWORKING INDUSTRY

Đukić, R., Jovanović, J. UTICAJ LJUDSKIH RESURSA NA DINAMIČKO UPRAVLJANJE PROIZVODNIM SISTEMIMA	4.1
Milošević, D. OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJE PAKOVANJA PUTNIČKOG AUTOMOBILA U RASKLOPLJENOM (CKD-STANDARD 4) STANJU	4.7
Đukić, R., Jovanović, J., Mutavdžić, M. ISTRAŽIVANJE STEPENA KORIŠĆENJA MAŠINSKIH KAPACITETA, UZROČNIKA ZASTOJA I STRUKTURE GUBITAKA	4.11
Marković, M., Marković, S. AUTOMATIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA DROBLJENJA, SUŠENJA I SEPARACIJE UGLJA	4.17
Mladenović, G. INFORMACIONI SISTEM ZA POTREBE ODRŽAVANJA PROIZVODNE OPREME U INDUSTRIJI PROIZVODNJE KABLOVA	4.24
Stojčić, M., J. PRIMJENA EKSPONENCIJALNOG ALGORITMA PRAKTIČNOG PRAĆENJA ZA UPRAVLJANJE JEDNIM OBJEKTOM U PROCESNOJ INDUSTRIJI	4.30
Miroslav Pilipović DISTRIBUIRANI SISTEMI UPRAVLJANJA I PROGRAMIRANJE PROGRAMABILNIH KONTROLERA	4.36

[← NAZAD](#)



Radisav Đukić⁽¹⁾, Jelena Jovanović⁽¹⁾

UTICAJ LJUDSKIH RESURSA NA DINAMIČKO UPRAVLJANJE PROIZVODNIM SISTEMIMA

Rezime: *Ljudski resursi imaju presudan značaj za realizaciju projektovanih ciljeva organizacije. Posmatrano sa aspekta utvrđivanja i merenja stepena korišćenja proizvodnih potencijala, njihova izuzetnost i specifičnost stavlja ih u prvi plan u odnosu na ostale resurse a njihov značaj za proizvodnu uspešnost čini ih najvažnijim resursima svakog poslovno-proizvodnog sistema. Za dinamičko upravljanje proizvodnim sistemima od značaja je istraživanje strukture gubitaka i stepena korišćenja ljudskih resursa angažovanih u neposrednoj proizvodnji.*

Ključne reči: *ljudski resursi, upravljanje, proizvodni potencijali, gubici.*

1. UVOD

Bez obzira na različitosti u tumačenju šta predstavlja i kako se meri njegovo korišćenje, proizvodni kapacitet predstavlja maksimalnu mogućnost proizvodnje određenog asortimana i kvaliteta proizvoda, na raspoloživoj proizvodnoj opremi sa raspoloživim ljudskim resursima, u određenom vremenskom intervalu, izražen u naturalnim ili vrednosnim pokazateljima. Drugim rečima, pored tehničko-tehnološkog, organizacionog i ekonomsko-finansijskog nivoa, na proizvodni kapacitet značajno utiču ljudski resursi angažovani u neposrednoj proizvodnji.

Na oblikovanje savremenog menadžmenta ljudskim resursima utiče globalizacija svetske privrede, tehničko-tehnološki proces i promene na tržištu radne snage. Sa druge strane, organizacija savremenog preduzeća, usled dinamičkih promena u okruženju, iznalazi nove organizacione i strukturne forme zasnovane na fleksibilnim i nužno adaptivnim rešenjima.

Odnosi nadređenosti i podređenosti, godinama negovani, polako ali sigurno, ustupaju mesto odnosima saradnje, podižući ličnost, integritet i inicijativu radnika na viši nivo. Postalo je jasno da zaposleni, ma koji posao obavljao, ne zasniva radni odnos samo zato da bi bezpogovorno izvršavao radne obaveze i za to primao platu, već da bi dokazao svoje kvalitete i potvrdio svoju ličnost.

Moderne teorije o organizaciji stavljaju akcenat na motivaciju i participaciju u odlučivanju tretirajući čoveka kao psiho-socijalno biće, jer je prisutan u preduzeću ne samo telom nego i duhom, pa makar obavljao i najprostije manuelne poslove. Radnik koji je uvažen, cenjen, adekvatno nagrađen i zadovoljan svojim statusom i sveukupnim položajem, motivisan je za najveća pregnuća u korist poslodavca i obrnuto (zadovoljenje čovekovih potreba – po Herbergu, zadovoljenje hijerarhije potreba – po Maslowu, „x-y“ teorija – po Daglasu Mc Gregoru).

Baziran na istraživanjima američkih naučnika (Argyris C., Mc Gregor, Likert R.) model ljudskih resursa u praksi je našao svoju punu afirmaciju u okviru japanskog privrednog čuda. U Japanu ljudski rad ima prednost nad prirodnim, finansijskim i tehnološkim resursima. Jedna od odlika japanskih radnika je da na poslu koriste i mozak, a ne samo ruke. Radnici u Toyota Company u toku godine daju 1,5 miliona predloga, od kojih se 95% realizuje, ističe Eidi Tojada jedan od izvršnih direktora kompanije.

U našoj sredini pojam ljudski resursi je relativno nov sa приметnim otporom, ponekad i zloupotrebom, u stručnoj i praktičnoj upotrebi. Asocira na upotrebu čoveka kao sredstva za rad, eksploataciju i iscrpljivanje. Međutim, menadžment ljudskih resursa, problematičan je kao termin jer nije u duhu našeg jezika, tretira pojedinca kao zrelu ličnost, nosioca ideja, produktivnosti i kvaliteta kako bi aktivirao i ispoljio svoj kreativni potencijal kao saradnik i partner menadžmentu. Stvaranje humanih uslova usklađenih sa čovekovom prirodom radi sticanja, aktiviranja i ispoljavanja sposobnosti znanja i veština prilikom stvaranja materijalnih i društvenih dobara, predstavlja istovremeno izazov ali i vredan cilj kako za pojedinca tako i za poslodavca.

¹ Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak, E-mail: vtscacak@eunet.rs

2. PROIZVODNI KAPACITET I LJUDSKI RESURSI

Od suštinskog značaja za definisanje proizvodnih mogućnosti jeste kapacitet proizvodne opreme (tehničko-tehnološki nivo), proizvodni ljudski resursi (kadrovski nivo) i radne površine i prostor. Proizvodni kapacitet treba da predstavlja realnu mogućnost proizvodnje i cilj koji se može postići, i koji tako definisan, može podsticajno delovati na zaposlene. Pri utvrđivanju proizvodnih kapaciteta uočavamo „uska grla“ u proizvodnji koja koče rast proizvodnje ukazujući na moguće pravce za investicije i dodatno angažovanje.

Kada analiziramo kapacitet determinisan proizvodnim ljudskim resursima, potrebno je sagledati uzročnike i strukturu gubitaka radnog vremena, broj zaposlenih, nivo kvalifikacije i njihov odnos prema radu počev od radnog mesta, organizacione celine, preduzeća, grupacije, grane pa i čitave industrije. Utvrđivanje proizvodnih kapaciteta služi kao osnova za merenje njihovog iskorišćenja. Stepem korišćenja najopširnije definisan, predstavlja odnos ostvarene proizvodnje prema utvrđenom kapacitetu koji može biti iskazan u količinskim, procentualnim, vremenskim i vrednosnim pokazateljima.

Zavisno od tehnoekonomskeg nivoa, tehnološkog procesa proizvodnje i željene preciznosti na mikro i makro ekonomskom planu, u metaloprerađivačkoj industriji za merenje stepena korišćenja kapaciteta najčešće se koriste metode: maksimalne mesečne proizvodnje, analize raspodela radnika po smenama, raspoloživih i angažovanih norma časova, trenutnih opažanja, bazirane na optimizaciji u korišćenju raspoloživih proizvodnih potencijala.

Podaci o stvarnom korišćenju kapaciteta mogu se obezbediti proračunski (korišćenjem normativa), snimanjem (opažanjem, korišćenjem odgovarajućih registrujućih instrumenata) ili pogonskom evidencijom. Proizvodni kapacitet determinisan ljudskim resursima izračunavamo koristeći sledeće formule:

$$C_{zi} = z \cdot D_r \cdot \check{C}_s = z \cdot T_{e\check{c}} \dots \dots \dots (1)$$

$$C_z = (z - z_g) \cdot D_r \cdot \check{C}_s \cdot p_n = z_r \cdot D_r \cdot \check{C}_s \cdot p_n \dots \dots \dots (2)$$

$$T_{n\check{c}} = T_{e\check{c}} \cdot p_n \dots \dots \dots (3)$$

$$\eta_r = \frac{z - z_g}{z} = \frac{z_r}{z} \dots \dots \dots (4)$$

$$D_r = D_k - (N + S + P) \dots \dots \dots (5)$$

$$C_z = z \cdot \eta_r \cdot D_r \cdot \check{C}_s \cdot p_n = z \cdot \eta_r \cdot T_{e\check{c}} \cdot p_n = z \cdot \eta_r \cdot T_{n\check{c}} = z_r \cdot T_{n\check{c}} \dots \dots \dots (6)$$

$$z_g = z_b + z_i + z_{go} + z_{pr} + z_o + z_p + z_\xi + z_\epsilon \dots \dots \dots (7)$$

$$z_r = z - z_g \dots \dots \dots (8)$$

$$z_u = z + z_a \dots \dots \dots (9)$$

$$p_r = T_r - C_z (T_r > C_z) \dots \dots \dots (10)$$

gde je:

C_{zi} - idealan potencijal proizvodnih ljudskih resursa u odgovarajućem planskom periodu i podsistemu (organizacionoj celini) iskazan u (eč/τ),

D_r - ukupan broj radnih dana (radni dani/τ),

\check{C}_s - projektovan fond efektivnih časova rada u smeni (eč/sm),

$T_{e\check{c}}$ - projektovan fond efektivnih časova rada u smeni u odgovarajućem planskom periodu (eč/τ),

C_z - realno raspoloživ potencijal proizvodnih ljudskih resursa u odgovarajućem planskom periodu i podsistemu (organizacionoj celini) iskazan u (nč/τ),

z_u - ukupan broj radnika (rad/τ),

z_a - ukupan broj administrativnih radnika (rad/τ),

z - ukupan broj proizvodnih radnika (rad/τ),

z_r - prosečan broj proizvodnih radnika prisutan na poslu (rad/τ),

z_g - prosečan broj proizvodnih radnika odsutan po svim osnovama (rad/τ),

p_n - izvršenje norme za posmatranu organizacionu celinu i vremenski period,

$T_{n\check{c}}$ - projektovan fond norma časova u odgovarajućem planskom periodu (nč/τ),

η_r - stepen korišćenja proizvodnih ljudskih resursa,

D_k - ukupan broj dana (kalendarski dani/τ),

N - nedelje,

S - subote,

P - praznici,

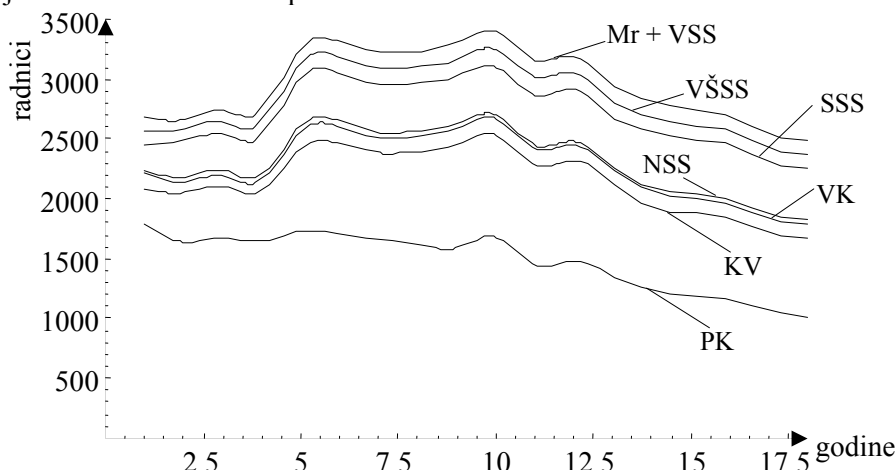
- z_b - prosečan broj radnika odsutan zbog bolovanja (do 30 i preko 30 dana) (rad/ τ),
- z_i - prosečan broj radnika odsutan zbog neopravdanih izostanaka i izlaznica (rad/ τ),
- z_{go} - prosečan broj radnika odsutan zbog godišnjeg odmora (rad/ τ),
- z_{pr} - prosečan broj radnika odsutan zbog prekida rada (nema posla, viša sila, štrajkovi) (rad/ τ),
- z_o - prosečan broj radnika odsutan zbog plaćenog i neplaćenog odsustva (rad/ τ),
- z_p - prosečan broj radnika odsutan zbog korišćenja obavezne pauze za ručak i odmor (30 odnosno 50 min/sm) (rad/ τ),
- z_s - prosečan broj radnika odsutan zbog lošeg kvaliteta (dorada, škart) i opita (utvrđeno na bazi evidencije o izgubljenim norma časovima zbog kvaliteta) (rad/ τ),
- z_c - prosečan broj radnika odsutan zbog nediscipline u korišćenju radnog vremena (4,2% odnosno 0,315č/sm, utvrđeno metodom trenutnih zapazanja) (rad/ τ),
- p_r - prekovremeno angažovanje i rad na određeno vreme privremeno zaposlenih radnika (rad/ τ),
- T_r - planiran obim proizvodnje za odgovarajući podsistem u planskom periodu τ (nč/ τ),

3. RASPOLOŽIV POTENCIJAL I GUBICI PROIZVODNIH LJUDSKIH RESURSA

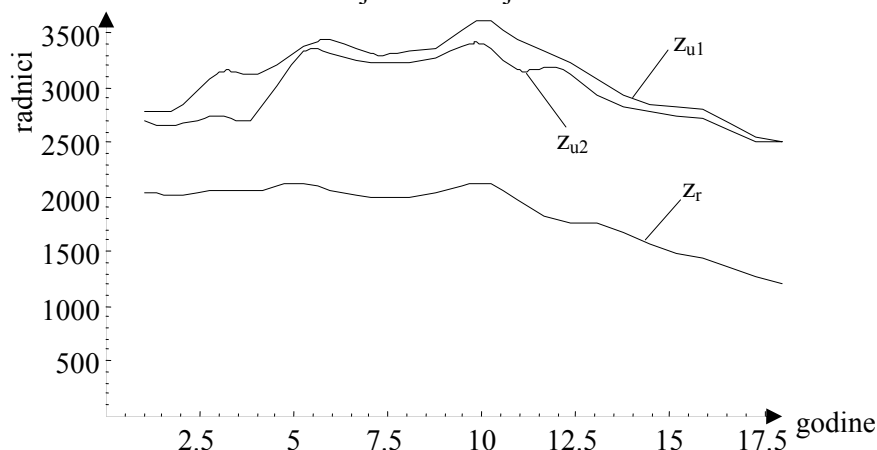
Utvrđivanje raspoloživog potencijala zaposlenih radnika u proizvodnom sistemu i njegovim podsistemima od izuzetnog je značaja za dinamičko uravnotežavanje i upravljanje a time i postizanje optimalnih (najboljih) rezultata.

U cilju identifikacije i otkrivanja zakonitosti u ponašanju uzročnika gubitaka radnog vremena, prikupljeni su i analizirani odgovarajući podaci u složenom poslovno-proizvodnom sistemu Kompanija „Sloboda“ u periodu od osamnaest godina ($t_1 - t_{18}$). U tabeli 1 i slici 1 prikazan je pregled radnika u stalnom radnom odnosu, po ličnim kvalifikacijama i strukturi angažovanja (proizvodnja, režija). Na slici 2 uočavamo nepovoljnu tendenciju u kretanju proizvodnih radnika u odnosu na ukupne ljudske resurse.

U tabeli 2 i slici 3 prikazani su podaci o uzročnicima i gubicima proizvodnih ljudskih resursa i stepenu njihovog korišćenja kao i efekti ostvareni prekovremenim radom i radom na određeno vreme.



Slika 1: Dijagramski prikaz strukture ljudskih resursa analizirane u vremenskom periodu od 18 god., po ličnim kvalifikacijama sa stanjem na dan 31.12.



Slika 2: Dijagramski prikaz ukupnih ljudskih resursa proračunatih na osnovu efektivnih časova rada radnika u tekućoj godini (z_{u1}), utvrđenih na bazi evidencije 31.12. (z_{u2}) i proizvodnih (z_r)

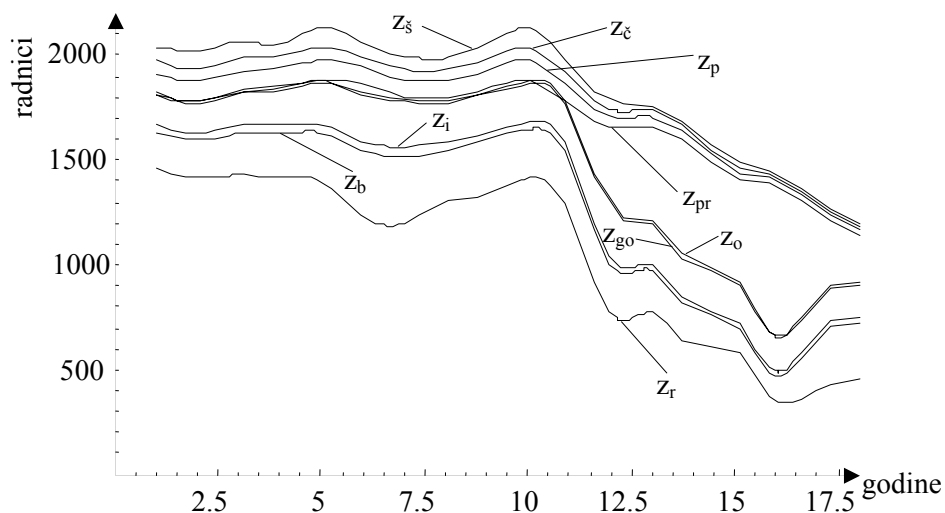
Tabela 1: Pregled radnika u stalnom radnom odnosu po ličnim kvalifikacijama i strukturi angažovanja (proizvodnja, režija)

Godina	Lična kvalifikacija														Struktura				Ukupan broj radnika na dan 31. 12.
	MR + VSS		VŠSS		SSS		NSS		VK		KV		PK		Proizvodnja		Režija		
	(rad/god)	%	(rad/god)	%	(rad/god)	%	(rad/god)	%	(rad/god)	%	(rad/god)	%	(rad/god)	%	(rad/god)	%	(rad/god)	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t ₁	120	4,46	110	4,09	220	8,18	28	1,04	130	4,84	300	11,16	1780	66,22	2040	75,89	648	24,11	2688
t ₂	75	2,82	105	3,95	300	11,28	40	1,50	89	3,35	414	15,56	1637	61,54	2023	76,05	637	23,95	2660
t ₃	95	3,48	105	3,84	301	11,00	41	1,50	95	3,48	424	15,50	1675	61,22	2063	75,40	673	24,60	2736
t ₄	100	3,66	115	4,21	298	10,90	69	2,52	88	3,22	418	15,29	1645	60,19	2056	75,23	677	24,77	2733
t ₅	119	3,65	127	3,89	401	12,29	51	1,56	146	4,48	689	21,12	1729	53,00	2130	65,30	1132	34,70	3262
t ₆	127	3,84	134	4,05	399	12,05	50	1,51	140	4,23	748	22,59	1713	51,74	2058	62,16	1253	37,84	3311
t ₇	135	4,18	137	4,25	398	12,33	45	1,39	129	4,00	726	22,50	1657	51,35	1996	61,85	1231	38,15	3227
t ₈	131	4,06	135	4,18	396	12,26	45	1,39	126	3,90	774	23,96	1623	50,25	1986	61,49	1244	38,51	3230
t ₉	141	4,27	140	4,24	404	12,22	32	0,97	137	4,15	862	26,08	1589	48,08	2049	62,00	1256	38,00	3305
t ₁₀	149	4,38	145	4,27	402	11,83	30	0,88	140	4,12	850	25,01	1683	49,51	2130	62,66	1269	37,34	3399
t ₁₁	145	4,28	147	4,34	420	12,41	28	0,83	138	4,08	840	24,82	1442	42,60	1959	61,99	1201	38,01	3160
t ₁₂	134	4,20	139	4,36	437	13,70	31	0,97	133	4,17	832	26,08	1484	46,52	1784	55,92	1406	44,08	3190
t ₁₃	135	4,59	123	4,18	410	13,95	25	0,85	114	3,88	778	26,46	1355	46,09	1759	59,83	1181	40,17	2940
t ₁₄	133	4,72	119	4,23	469	16,66	38	1,35	125	4,44	698	24,80	1233	43,80	1644	58,40	1171	41,60	2815
t ₁₅	138	5,01	114	4,14	463	16,81	38	1,38	124	4,50	693	25,16	1184	42,99	1499	54,43	1255	45,57	2754
t ₁₆	128	4,74	112	4,15	460	17,05	37	1,37	119	4,41	682	25,28	1160	42,99	1434	53,15	1264	46,85	2698
t ₁₇	121	4,77	110	4,34	440	17,36	37	1,46	115	4,54	637	25,13	1075	42,41	1304	51,44	1231	48,56	2535
t ₁₈	126	5,05	112	4,49	431	17,28	38	1,52	109	4,37	662	26,54	1016	40,74	1196	47,96	1298	52,04	2494

Tabela 2: Ukupan broj proizvodnih radnika z , prekovremeno angažovanje i rad na određeno vreme, struktura gubitaka radnog vremena po uzročnicima i ukupni gubici iskazani procentualno u odnosu na Z i stepen korišćenja proizvodnih ljudskih resursa η_r

Godina t_i	Proizvodni radnici		Uzročnici, struktura gubitaka radnog vremena i ukupni gubici									Rad na određeno vreme i prekovremeno rad. god. (%)
	Ukupno z (rad/god)	Stepen korišćenja resursa η_r	Z_b	Z_i	Z_{go}	Z_o	Z_{pr}	Z_p	$Z_{\check{c}}$	Z_s	g_r	
			Bolovanje rad. god. (%)	Izlaznice rad. god. (%)	Godišnji odmor rad. god. (%)	Odsustvo rad. god. (%)	Prekid rada rad. god. (%)	Prekid za ručak rad. god. (%)	Nedisciplina rad. god. (%)	Kvalitet rad. god. (%)	Ukupni gubici rad. god. (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
t_1	2040	0,7157	8,58	1,57	6,91	0,24	0,24	4,66	2,95	3,28	28,43	13,43
t_2	2023	0,6995	9,00	1,62	6,97	0,30	0,15	4,64	2,92	4,45	30,05	15,42
t_3	2063	0,6922	9,70	1,99	7,08	0,39	0,28	4,56	2,86	3,92	30,78	32,24
t_4	2056	0,6873	10,30	2,34	7,68	0,49	0,49	4,47	2,82	2,68	31,27	17,66
t_5	2130	0,6554	11,08	1,74	9,39	0,52	0,19	4,36	2,77	4,41	34,46	15,92
t_6	2058	0,5991	15,31	2,04	10,64	0,48	2,04	3,94	2,48	3,16	40,09	3,16
t_7	1996	0,6002	15,83	2,50	10,92	0,60	0,45	3,96	2,51	3,21	39,98	3,21
t_8	1986	0,6541	12,49	1,76	9,47	0,45	0,86	4,22	2,67	2,67	34,59	2,67
t_9	2049	0,6515	12,69	1,56	9,27	0,54	0,44	4,30	2,68	3,37	34,85	6,98
t_{10}	2130	0,6634	10,99	1,60	8,45	0,56	0,38	4,55	2,86	4,27	33,66	7,18
t_{11}	1959	0,6406	13,22	1,79	9,80	0,82	0,56	4,19	2,65	2,91	35,94	4,39
t_{12}	1784	0,4305	13,06	1,74	12,44	0,96	21,69	2,86	1,79	2,41	56,95	6,84
t_{13}	1759	0,4394	11,60	1,20	11,77	0,91	24,73	2,84	1,76	1,25	56,06	5,29
t_{14}	1644	0,3662	10,71	1,09	11,68	0,97	34,18	2,37	1,46	0,92	63,38	4,14
t_{15}	1499	0,4109	7,47	1,73	12,74	0,73	30,35	2,67	1,67	1,53	58,91	1,53
t_{16}	1434	0,2476	8,23	1,32	11,58	0,35	50,42	1,60	0,98	0,76	75,24	5,65
t_{17}	1304	0,3144	19,56	2,30	11,81	0,77	29,76	1,99	1,30	1,07	68,56	4,60
t_{18}	1196	0,3788	22,83	2,41	12,46	0,75	18,90	2,43	1,50	0,84	62,12	1,67

Napomena: Raspoloživi fond efektivnih časova po radniku na godišnjem nivou iznosi 2160 (eč/rad god)



Slika 3: Dijagram korišćenja proizvodnih ljudskih resursa sa strukturom gubitaka, po uzročnicima, utvrđenih na osnovu efektivnih časova rada radnika, metodom MTZ i lošim kvalitetom

4. ZAKLJUČAK

Kvalitet proizvoda i usluga ne može se postići bez odgovarajućeg kadra koji raspolaže znanjima, sposobnostima, i ličnim osobinama primerenim delatnosti preduzeća, poslovnim ciljevima i zahtevima tržišta. Preduzeću tržišne orijentacije potreban je racionalan broj zaposlenih sa zanimanjima i sposobnostima koje omogućavaju zadovoljenje potrebe kupaca i korisnika usluga. U tom kontekstu potrebno je uočiti, istražiti i izmeriti gubitke ljudskih resursa (posebno u neposrednoj proizvodnji) kako bi se kroz simulacione procese utvrdio njihov optimalan broj, imajući u vidu, postojeću tehnologiju i organizaciju proizvodnje, zahteve tržišta i planirana investiciona ulaganja.

U cilju predviđanja mogućih gubitaka proizvodnih ljudskih resursa sa aspekta planiranja i optimizacije proizvodnog programa od značaja je utvrditi odgovarajuće aproksimativne zavisnosti.

5. LITERATURA

- [1] Đukić R., Upravljanje poslovno-proizvodnim sistemima sa aspekta istraživanja optimalnog proizvodnog programa, Festival kvaliteta, Kragujevac, 2006.
- [2] Đukić R., Đukić J., Višenivovsko dizajniranje procesa optimizacije proizvodnog programa, 33. Jupiter konferencija, Zlatibor, 2007.
- [3] Đukić R., Dobričić M., Đukić J., Projektovanje kvantitativnih modela za predviđanje stanja stohastičkih sistema, X Internacionalni simpozijum iz project managmenta, Zlatibor, 2006.
- [4] Vujić D., Menadžment ljudskih resursa i kvalitet, CPP, Beograd, 2000.
- [5] Mitsushima J., Upravljanje ljudskim resursima u SONY-u Japan, MS Hayat, Beograd 1991.
- [6] Bennet R., Organisational Behaviour, 3-rd edition, Pitman Publishing, London, 1996.

HUMAN RESOURCES IMPACT ON DYNAMIC MANAGEMENT OF PRODUCING SYSTEMS

Abstract: Human resources have crucial importance for the realization of the projected aims of an organization. Taken from the view of establishing and measuring the degree of exploiting the productive potentials, their supremacy and specificity put them first among equals comparing to all other kinds of resources and their importance for successful production makes them the most important resource for any business and production system. The research of the structure of losses as well as the degree of exploiting human resources engaged in the immediate production is very important for the dynamic management of producing systems.

Key words: human resources, management, producing potentials, losses



Mr Dragoslav Milošević, Vesna Srećković dipl.inž, Dušan Tucaković dipl.inž¹

OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJE PAKOVANJA PUTNIČKOG AUTOMOBILA U RASKLOPLJENOM (CKD -STANDARD 4) STANJU²

Rezime - Globalizacijom svetskog tržišta putničkih automobile nameće se potreba industrijske saradnje između proizvođača. Takva kretanja neminovno dovode do međusobne povezanosti proizvođača i različitog nivoa rasklopljenosti putničkog automobile. U radu je objašnjen postupak segmentiranja putničkog automobila, zaštite i pakovanja utvrđenih segmenata i otpreme do ino -kupca.

1. UVOD

U današnjim uslovima globalizacije i oštre konkurencije svako preduzeće na tržištu ne može da računa na dobru tržišnu poziciju bez obezbeđenja kvalitetne realizacije logističkih funkcija, koje su postale veoma važan faktor uspeha. Da bi se ovi ciljevi mogli ostvariti neophodna je primena odgovarajućih metoda kako u obezbeđivanju kvalitetnog planiranja, upravljanja, sprovođenja procesa poboljšavanja tako i u realizaciji logističkih aktivnosti u preduzeću. Tržište automobila karakterišu: veoma oštra konkurencija, sve izraženije skraćivanje životnog veka proizvoda permanentnim inoviranjem, diferenciranost proizvoda i asortimana ponude, i sve suptilniji zahtevi kupaca u skladu sa porastom nivoa životnog standarda.

Tokom 2007. godine proizvedeno je 66 miliona automobila, što je više za 4,3% u odnosu na prethodnu godinu. Bez obzira što su svetski kapaciteti za montažu automobila veći za oko 30% od tržišnje tražnje, i dalje se otvaraju novi pogoni posebno u zemljama (Kina, Indija, Rusija, Brazil) gde se očekuje povećana tražnja.

Mnogi novootvoreni pogoni su projektovani za sklapanje – montažu automobila od delova i sklopova koji se proizvode u matičnim fabrikama i koji se otpremaju u pogone za montažu u tzv. CKD (Complit Knock Down) standardu. Da bi se došlo do formiranja isporuke proizvoda u CKD standardu prethodi čitav niz aktivnosti, jedna od njih je projektovanje tehnologije pakovanja, koja se zasniva na dekomponovanju automobila, odnosno vrši se rasčlanjavanje proizvoda na što je moguće veći broj komponenti.

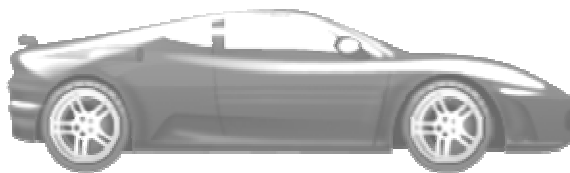
2. SEGMENTIRANJE PROIZVODA – PUTNIČKOG AUTOMOBILA

Današnji savremeni automobil predstavlja kompleksan proizvod koji se sastoji od približno desetak hiljada različitih delova, čije se dekomponovanje sastoji od više hijerarhijskih nivoa, čime su stvoreni uslovi za primenu odgovarajućih standarda koji treba da obezbede traženi nivo kvaliteta. Samo projektovanje tehnologije pakovanja automobila u rasklopljenom (CKD) stanju počiva na podeli proizvoda na komponente, odnosno na rasčlanjavanju proizvoda na što je moguće veći broj posebnih celina. Pritom nastojimo da komponente automobila definišemo tako da budu što više nezavisne. Ova podela proizvoda na grupe uslovljena je čitavim nizom zahteva, i to, pored funkcionalno tehničkih i tehnoloških ograničenja, tu su i zahtevi kupaca. Uglavnom grupe mogu biti formirane prema skladištu, transportnom sredstvu ili prema posebnoj porudžbini. Istaživanja pokazuju da su grupe najčešće stvarne celine nekog proizvoda (sklopovi i podsklopovi), i da stepen podele nekog proizvoda tj. nivoa u strukturi proizvoda zavisi na prvom mestu od

¹ Mr Dragoslav Milošević dipl.maš.ing, Vesna Srećković dipl.maš.ing , Dušan Tucaković dipl.maš.ing , Zastava automobili, 0652641630, majavankg@yahoo.com

² Rad je nastao u okviru istraživanja na projektu : **Razvoj i primena optimalnih metoda u oblikovanju lanaca snadbevanja u našoj automobilskoj industriji**, koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

složenosti samog proizvoda. Navedeno dekomponovanje proizvoda na odgovarajuće grupe je nužno sprovesti, jer je u svakom slučaju lakše izvršiti usklađivanje sredstva za pakovanje (ambalaže), predmeta rada i radne snage potrebnim iskustvom kako kvantitativno i kvalitativno. Samo dekomponovanje putničkog automobila na odgovarajuće grupe, prikazano je na sl.1.

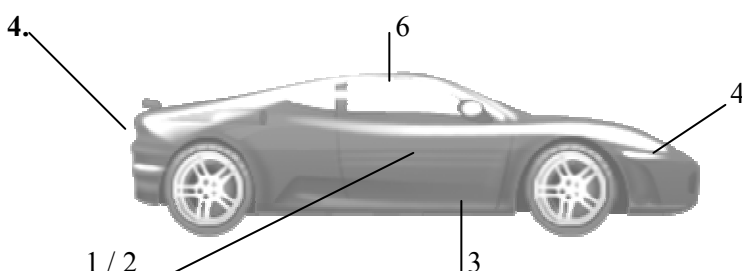


- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. karoserija | 7. stakla |
| 2. pogonska grupa | 8. sistem zaštite |
| 3. vešanje i točkovi | 9. kočioni sistem |
| 4. elektrooprema | 10. unutrašnja oprema |
| 5. sistem za grejanje i hlađenje | 11. izolacioni materijal |
| 6. upravljački mehanizam i spoljne komande | 12. ukrasi i profili |
| menjača | 13. grupa elemenata za vezivanje |

Sl.1 Struktura proizvoda

Odmah može da se uoči da navedene grupe predstavljaju posebne celine, koje podležu daljem raščlanjavanju, čime se stvaraju uslovi za optimalno pakovanje i otpremu kompletnog proizvoda. Sa slike 1 se vidi da je putnički automobil rastavljen na trinaest ujednačenih grupa, a sama podela je izvršena po mestu nastanka svake grupe i funkciji grupe u automobilu.

Obzirom da prva grupa – karoserija predstavlja najznačajniju celinu automobila i da nije pogodna za pakovanje, izvršeno je dalje rasčlanjavanje na niži hijerarhijski nivo sl.2.



1. sklop desne stranice
2. sklop leve stranice
3. pod karoserije
4. poklopac motornog prostora
5. poklopac prtljažnog prostora
6. krov
7. ostali sklopovi od lima

Sl. 2 Struktura karoserije

Ovako izvršeno dekomponovanje karoserije automobila omogućava uniformno pakovanje svakog segmenta kao posebne celine što znači da dekomponovanje automobila ima za cilj da stvori uslove da svaka celina može da se pakuje u jednu pakovnu jedinicu.

3. DEFINISANJE TEHNOLOGIJE HEMIJSKE ZAŠTITE KOMPONENATA PUTNIČKOG AUTOMOBILA

Sve komponente automobila treba privremeno zaštititi kako bi se sprečila pojava korozije pod uticajem vlage i kiseonika. Ovo se posebno odnosi na karoserijske podsklopove i sklopove koji su urađeni od čeličnog lima obradom deformacijom uz naknadnu obradu zavarivanjem, što znači da ti delovi nisu elektro – hemijski tretirani. Uglavnom postoje tri metode za privremenu zaštitu metala od atmosferskog uticaja:

- stvaranje optimalnih atmosferskih uslova, tj. optimalna količina vlage i kiseonika
- primena nepropustljivih prevlaka radi izolacije površine metala od uticaja okoline
- primena specijalnih higroskopskih folija

Stvaranje optimalnih atmosferskih uslova za sprečavanje korozije gotovih komponenti automobila sastoji se u pakovanju delova u hermetički zatvorenom sanduku sa sučivim sredstvom kao što je silikogel. Ova metoda je dosta efikasna, ali treba imati u vidu da je skupa i veoma ograničenog trajanja.

Primena nepropustljivih prevlaka na površini metala je daleko podesnija i najviše korišćena. Za formiranje zaštitnih prevlaka koriste se mineralna ulja niskog ili srednjeg viskoziteta koja sadrže dodatne supstance za pojačanje zaštite. Vremenski period zaštite koju pružaju prevlake varira zavisno od debljine i čvrstoće prevlake, a u retkim slučajevima i od prisustva dodatnih supstanci za sprečavanje korozije. Samo formiranje zaštitne prevlake vrši se grubim raspršavanjem, korišćenjem raspršivača koji radi pomoću suvog i čistog vazduha. Ova metoda se koristi za zaštitu karoserijskih elemenata automobila.

Poslednjih godina koriste se i specijalne higroskopske folije. Naime, ovom folijom se formira hermetički zatvoreni prostor u kome se nalaze upakovane komponente automobila. Preostalu vlagu i kiseonik upija sama folija, čime se stvara optimalna atmosfera u pakovnom prostoru. Ova metoda može da se koristi za zaštitu kako gotovih delova, tako i za zaštitu karoserijskih komponenti.

4. TEHNOLOGIJA PAKOVANJA I SKLADIŠTENJA KOMPONENATA PUTNIČKOG AUTOMOBILA

Pravilan izbor pakovanja omogućava optimalno iskorišćenje transportnog prostora, stabilno i bezbedno slaganje, efikasno sprovođenje operacija pretovara, kao i smanjenje obima oštećenja. Osnovne funkcije koje treba da budu zadovoljene pri optimalnom pakovanju, a u skladu sa zahtevima logistikesu: ostvarenje funkcije zaštite i racionalnog skladištenja, funkcije manipulisanja i transporta, kao i ispunjenje informacionih zahteva.

Optimalno pakovanje sa aspekta zaštite treba da obezbedi da se roba neoštećena isporuči do ino – kupca. Ovde treba imati u vidu da se pomoću pakovanja roba osigurava od: pritisaka, udara, loma, vlage i krađe.

Osnovni zahtevi za skladištenje upakovanih komponenti automobila tretira dva usko povezana zahteva: sigurnost i prostor. Naime, čvrstina transportno manipulativne jedinice (TMJ) treba da bude tako određena da omogućava prenošenje opterećenja koje zavisi od visine slaganja. To znači da se pojedine TMJ ne bi smele slagati jedna na drugu u kombinaciji koje ne garantuju sigurnost delova. Isto tako mora ispunjavati zahteve postrojenja i uređaja skladišta i svojim oblikom i dimenzijama omogućiti što bolje iskorišćenje raspoloživog prostora.

Pakovanje “ osposobljava “ robu za transport i stvara mogućnosti za sastavljanje jedinice pakovanja u TMJ. Transportno manipulativna jedinica olakšava manipulisanje robom i obezbeđuje uslove za realizaciju racionalnog manipulisanja. Standardizovane TMJ omogućuju primenu tehničkih sredstava kao što su viljuškare i druga tehnička oprema. Kod formiranja TMJ uvek se mora voditi računa o funkcijama transporta i skladištenja.

Što se tiče informacione funkcije, pakovanje je nosilac informacija za skladište i transport. Oznake proizvoda, boja, natpis itd. olakšavaju realizaciju odgovarajućih postupaka. U cilju što racionalnijeg manipulisanja zapakovanom robom od naročitog značaja je da pakovanje bude snabdeveno informacijama koje, pre svega, sadrže: težinu pakovanja, stepen osetljivosti robe i uputstvo za slaganje TMJ. Ove oznake obezbeđuju uslove za pravilno manipulisanje, skladištenje i transport robe.

Osnovni zahtev skladištenja jeste ublažavanje neravnomernosti između vremenski i količinski različitih robnih tokova koji napuštaju proizvodnju i isporučuju se ino – kupcu. Da bi skladište odgovorilo svojoj nameni (ulazak robe i izlazak robe), mora se obezbediti lokacija i razmeštaj u skladištu, kao i tehnička oprema i razmeštaj mesta za pojedine vrste robe u samom objektu. Tehnička oprema i tehnologija skladištenja u velikoj meri utiču na kvalitet isporuke i na troškove skladištenja. Za realizaciju uštede u

troškovima za radnu snagu i prostor, za sniženje obima manipulisanja i obezbeđenje brzog protoka robe i što potpuniju kontrolu svih postupaka i procesa u skladištu, tehnička oprema mora se maksimalno uskladiti sa zahtevima u pogledu vrste robe, volumena težine i veličine porudžbine.

5. ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Saznanja stečena u poslovanju i otpremi putničkih automobila u CKD stanju su pokazala da ovaj vid saradnje u proizvodnji automobila ima perspektivu. Pravilno pakovanje omogućava racionalno skladištenje i pretovar, stvara uslove za optimalno iskorišćenje transportnog prostora, smanjuje štete koje se javljaju u procesu transporta i eliminišu odnosno smanjenje praznih hodova.

Takođe, pakovanje mora u datim uslovima da zadovolji zahteve vezane za prekomorski transport (primena kontejnera) i pritom se mora obavezno izvršiti usklađivanje (čvrstina TMJ, antikorozivna zaštita) veličine troškova ambalaže, pakovanja i transporta. Što znači da pakovanje automobila u CKD stanju treba da bude efikasno i da teži što više primeni standardnih TMJ, iz razloga što se sve više dolazi do saznanja da ekonomična distribucija zavisi od ukupnih troškova i da na njih u znatnoj meri utiču upravo troškovi pakovanja.

LITERATURA

1. Perišić R. " Savremene tehnologije transporta ", Saobraćajni fakultet Beograd, 1991. godina
2. Perišić R. " Sistem kvaliteta usluga, logistika i informatika ", Institut tehničkih nauka SANU, Beograd, 2002. godina
3. Davidović B. " Audit logistike ", zbornik radova JUSK, godišnja konferencija , maj 2004. Kragujevac
4. Arsovski S., Arsovski Z., Kokić M. " Menadžment proizvodnim i informacionim komunikacionim tehnologijama ", Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac 2007. godina

OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGY OF THE PACKAGE OF THE CKD VEHICLE

Abstract - Globalization of the world car market has imposed the industrial cooperation among the producers. These trends unavoidably cause the connection among the producers and the different levels of cars disassembling. The segmentation process of the cars, the protection, the segment production as well as the shipment to the customers are exposed in this study.



Radisav Đukić⁽¹⁾, Jelena Jovanović⁽¹⁾, Milovan Mutavdžić⁽¹⁾

ISTRAŽIVANJE STEPENA KORIŠĆENJA MAŠINSKIH KAPACITETA, UZROČNIKA ZASTOJA I STRUKTURE GUBITAKA

Rezime: Kapaciteti proizvodne opreme predstavljaju jedan od ključnih činilaca pri utvrđivanju proizvodne mogućnosti poslovno-proizvodnih sistema. Kada analiziramo kapacitet proizvodne opreme moramo voditi računa o projektovanim kapacitetima pojedinih mašina, grupa mašina ili proizvodnih linija, sa jedne strane, i o eksploatacionim, organizacionim faktorima i gubicima koji utiču na ostvarive kapacitete, sa druge strane. Za definisanje matematičkih modela za dinamičko uravnotežavanje i upravljanje potrebna je njegova apsolutna eksploataciona kvantifikacija.

Ključne reči: proizvodni sistem, mašinski kapaciteti, uzročnici zastoja, gubici, metode.

1. UVOD

Proizvodni kapacitet predstavlja maksimalnu mogućnost proizvodnje određenog asortimana i kvaliteta proizvoda, na raspoloživoj proizvodnoj opremi, sa raspoloživim ljudskim i prostornim resursima, u određenom vremenskom intervalu, izražen naturalno ili vrednosno. Drugim rečima na proizvodni kapacitet utiče kapacitet proizvodne opreme, raspoloživi ljudski resursi, radne površine i prostor.

Kada u sistemu čovek-mašina-predmet rada analiziramo kapacitet proizvodne opreme moramo voditi računa o projektovanim, eksploatacionim i organizacionim faktorima i uzročnicima gubitaka koji ga determinišu. Faktori proizvodnje se manifestuju preko elemenata vremena a faktori gubitaka preko odgovarajućih uzročnika zastoja (kvar, alat, materijal, energija i fluidi, unutrašnji transport, slaba organizacija, čovek itd.). Utvrđivanje mašinskih kapaciteta služi kao osnova za merenje njihovog iskorišćenja. Zavisno od nivoa (mašina, grupa mašina, mašinski park), tehnološkog procesa (kontinualni, diskontinualni) i željene preciznosti koristi se metoda trenutnih zapažanja, metoda mašinskih časova i metode bazirane na praćenju količine strugotine, iskorišćenju instalisane snage elektromotora i optimizaciji.

2. KAPACITET PROIZVODNE OPREME

Kapacitet mašine je njena radna sposobnost da u okviru određenog vremenskog perioda (uobičajeno godinu dana) izvrši izvestan broj određenih operacija. Ovako definisan kapacitet prevashodno bi se odnosio na specijalne (namenske) mašine jer, u periodu godinu dana, samo one rade jednu te istu operaciju za koju su i namenjene. Većina poslovno-proizvodnih sistema poseduje mašine univerzalnih svojstava koje su angažovane na izradi velikog broja artikala i još većeg broja odgovarajućih elemenata koji sa svoje strane mogu biti izrađeni u više varijanti, što znači na raznim mašinama, to je jasno da za jedinicu izražavanja kapaciteta moramo usvojiti mašinski čas (mč).

Projektovan kapacitet može biti idealan i realan. Idealni tehnički kapacitet (C_{ti}) izražava neprekidan rad mašine u toku tri smene (formula 1), dok realan tehnički kapacitet (C_t) predstavlja ukupan fond mašinskih časova u kome je mašina u stanju da proizvodi. To znači da idealan tehnički kapacitet treba umanjiti za vreme (t) potrebno za održavanje radne sposobnosti (formula 2). Idealan eksploatacioni kapacitet izračunava se na osnovu radnih dana (D_r), projektovanog broja smena (S_n) i obaveznih prekida (\check{C}_s) u toku rada (formula 3). Eksploatacioni kapacitet (C_e) kao realni izraz raspoloživih proizvodnih mogućnosti mašine ili grupe mašina (formula 4 i 5), uzima u obzir gubitke mašinskih kapaciteta (g_m) zbog raznih objektivnih i subjektivnih okolnosti, kao i kvalitet utvrđene norme (p_m). Ostvareni kapacitet (C_o) iskazan formulom (6) razlikuje se od realnog eksploatacionog kapaciteta zbog toga što se stvarni uslovi rada razlikuju od

¹ Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak, E-mail: vtscacak@eunet.rs

projektovanih (neplanirani zastoji). Za utvrđivanje kapaciteta, gubitaka i projektovanog stepena korišćenja kapaciteta (η_{pm}) možemo koristiti sledeće obrasce:

$$C_{ti} = \check{C}_s \cdot S_n \cdot D_k = 24 \cdot D_k \dots\dots\dots(1)$$

$$C_t = C_{ti} - t = 24 \cdot D_k (1 - g_k) \dots\dots\dots(2)$$

$$C_{ei} = C_t - G_o = D_r \cdot \check{C}_s \cdot S_n (1 - g_k) = T_{e\check{c}} \cdot S_n (1 - g_k) \dots\dots\dots(3)$$

$$C_e = D_r \cdot \check{C}_s \cdot S_n \cdot \eta_{pm} \cdot p_m \dots\dots\dots(4)$$

$$C_{ej} = D_r \cdot \check{C}_s \cdot S_n \cdot \eta_{pmj} \cdot p_{mj} \cdot m_j \dots\dots\dots(5)$$

$$C_o = K_m \cdot C_e \dots\dots\dots(6)$$

$$T_{e\check{c}} = D_r \cdot \check{C}_s \dots\dots\dots(7)$$

$$\eta_m + g_m = 1 \dots\dots\dots(8)$$

$$g_m = \sum_{i=1}^8 g_i = g_k + g_A + g_M + g_{\check{c}} + g_I + g_V + g_O + g_X \dots\dots\dots(9)$$

$$i = K, A, M, \check{C}, I, V, O, X ; 0 \leq g_i \leq 1 \dots\dots\dots(10)$$

gde je:

C_{ti} - idealan tehnički kapacitet (mč/τ),

D_k - ukupan broj dana (kalendarski dani/τ),

τ - planski period (mesec, kvartal, godina),

C_t - realni tehnički kapacitet (mč/τ),

t - ukupan broj časova potreban za održavanje radne sposobnosti mašine (mč/τ),

g_k - gubici u radu mašine nastali zbog preventivnog i tekućeg održavanja odnosno remonta ($0 \leq g_k \leq 1$),

C_{ei} - idealni eksploatacioni kapacitet (mč/τ),

G_o - gubici u eksploataciji izazvani projektovanim uslovima rada (mč/τ),

D_r - ukupan broj radnih dana (radni dani/τ),

\check{C}_s - projektovan fond efektivnih časova rada u smeni (eč/sm),

S_n - projektovan broj smena u danu (sm/danu),

$T_{e\check{c}}$ - projektovan fond efektivnih časova rada u smeni u odgovarajućem planskom periodu (eč/τ),

C_e (C_{ej}) - realni eksploatacioni kapacitet mašine (komponentnog kapaciteta M_j) (mč/τ),

p_m (p_{mj}) - prosečno izvršenje norme mašine (grupe mašina u komponentnom kapacitetu M_j),

m_j - broj mašina u komponentnom kapacitetu M_j ,

C_o - ostvareni kapacitet mašine (mč/τ),

g_m - ukupni gubici u radu mašine izazvani planiranim i neplaniranim zastojima, $0 < g_m < 1$,

η_m - stepen korišćenja kapaciteta mašine (izmeren), $0 < \eta_m < 1$,

K_m - koeficijent koji uzima u obzir zastoje u radu mašine koji se ne mogu unapred predvideti.

g_x - gubitak mašinskih kapaciteta izazvan uzročnikom zastoja X – nedostatak posla (ugovori, radni nalog), nulti zastoj,

g_A - gubitak mašinskih kapaciteta izazvan uzročnikom zastoja A – alat (nedostatak alata, dorada, oštrenje, lom, kontrola alata), međuoperacijski i unutaroperacijski zastoj,

g_M - gubitak mašinskih kapaciteta izazvan uzročnikom zastoja M – materijal (nedostatak, trebovanje i priprema, ispitivanje, praktična proba), nulti zastoj,

$g_{\check{c}}$ - gubitak mašinskih kapaciteta izazvan uzročnikom zastoja \check{C} – nedisciplina radnika (dolazak i odlazak na posao, pauza za topli obrok), međuoperacijski i unutaroperacijski zastoj,

g_I - gubitak mašinskih kapaciteta izazvan uzročnikom zastoja I – čekanje na proizvode sa predhodne operacije, međuoperacijski zastoj,

g_V - gubitak mašinskih kapaciteta izazvan uzročnikom zastoja V – neizvršena isporuka iz druge ORJ, međuoperacijski zastoj,

g_O - gubitak mašinskih kapaciteta izazvan uzročnikom zastoja O – ostali razlozi (nedostatak vode, električne energije, tehnološke pare, štrajkovi, izvršilac uzeo izlaznicu, izvršilac nije došao na posao), međuoperacijski i unutaroperacijski zastoj.

3. METODA TRENUTNIH ZAPAŽANJA

Osnovna karakteristika Metode trenutnih zapažanja (MTZ) sastoji se u tome što na osnovu utvrđenog broja posmatranja neke pojave, koja se vrše u slučajno odabranim momentima, možemo zaključiti o vremenu trajanja i drugim karakteristikama empirijske raspodele. U oblasti industrijskog inženjerstva i inženjerskog menadžmenta metoda se koristi za utvrđivanje: stepena korišćenja mašinskih kapaciteta, ukupnih i parcijalnih gubitaka mašinskih kapaciteta po uzročnicima zastoja i procentualnog učešća raznih oblika rada u strukturi vremenske norme.

Teoretske osnove Metode trenutnih zapažanja čine najopštiji modeli matematičke statistike i teorije uzoraka, pri čemu slučajne diskretne promenljive, R – mašina radi i G – mašina ne radi, imaju Bernulijevu (binomnu) raspodelu koju je prvi uočio, poznati švajcarski matematičar J. Bernuli (1654 - 1705).

Verovatnoća slučajne promenljive R (obuhvata vreme izrade i propremno-završno vreme) prilikom izvođenja pojedinačnih eksperimenata (trenutnih zapažanja) može da uzme samo dve vrednosti 1 ili 0 zavisno od toga da li se događaj pojavio ili nije (11). Ako sa n označimo ukupan broj zapažanja (nezavisnih eksperimenata) a sa x broj opažanja kada mašina radi, tada stepen korišćenja kapaciteta η_m i ukupne gubitke g_m možemo izračunati na sledeći način:

$$R = \begin{Bmatrix} 0 & 1 \\ q & p \end{Bmatrix}, \quad p = \eta_m = \frac{x}{n}, \quad q = g_m = \frac{n-x}{n} \dots\dots\dots (11)$$

Verovatnoću da slučajna promenljiva R uzme vrednost x računamo pomoću formule:

$$P(R=x) = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} \cdot p^x \cdot q^{n-x} \dots\dots\dots (12)$$

Funkcija raspodele verovatnoća (kumulativni zakon raspodele verovatnoća) ima oblik:

$$F(x) = P(R \leq x) = \sum_{k=0}^x \binom{n}{k} p^k \cdot q^{n-k} = \sum_{k=0}^x \frac{n!}{k!(n-k)!} \cdot p^k \cdot q^{n-k} \dots\dots\dots (13)$$

Parametre binomne raspodele slučajne promenljive R : matematičko očekivanje $M(R)$, disperziju (varijansu) $D(R)$, standardno odstupanje (greška) σ , modu $M_o(R)$ i interval pouzdanosti ϵ_α odredićemo:

$$\mu = M(R) = np, \quad \sigma^2 = D(R) = npq, \quad \sigma = \sqrt{D(R)} = \sqrt{npq} \dots\dots\dots (14)$$

$$M_o(R) = np + p, \quad \epsilon_\alpha = \frac{t}{n} \sqrt{\frac{x(n-x)}{n}} \dots\dots\dots (15)$$

Stepen korišćenja kapaciteta (η_m), prema formuli (11) povezan je sa frekvencijom pojavljivanja (x) slučajnog događaja R – „mašina radi“ u jednom eksperimentu (smena, dan), odnosno u seriji eksperimenata (više smena - dana) u određenom vremenskom intervalu. To znači da stepen korišćenja kapaciteta, kao nova slučajna veličina, ima empirijski karakter povezan sa verovatnoćom pojavljivanja događaja R u seriji eksperimenata. Parametar t zavisi od usvojene verovatnoće P i rizika α . Određuje se pomoću Laplasove funkcije, odnosno iz odgovarajućih tabela:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{u^2}{2}} du = \frac{P}{2} = \frac{1-\alpha}{2} \dots\dots\dots (16)$$

Ako je slučajna promenljiva parametar p binomne raspodele tada se matematičko očekivanje, disperzija, standardno odstupanje i interval pouzdanosti (poverenja) računa po sledećim formulama:

$$\bar{\mu} = M(\bar{p}) = M(\bar{\eta}_m) = \bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} x_j}{n_1 \cdot n_2} = \frac{x}{n} = p, \quad D(\bar{p}) = D(\bar{\eta}_m) = \sigma_p^2 = \sigma_\eta^2 = \frac{\bar{p} \cdot \bar{q}}{n_2} = \frac{p \cdot q}{n} \dots\dots\dots (17)$$

$$\sigma_p = \sigma_\eta = \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot \bar{q}}{n_2}} = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}, \quad n = n_1 \cdot n_2 \dots\dots\dots (18)$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} p_j}{n_2} \left(p_j = \eta_{mj} = \frac{x_j}{n_1} \right), \quad \bar{q} = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} q_j}{n_2} \left(q_j = g_{mj} = \frac{n_1 - x_j}{n_1} \right), \quad x = \sum_{j=1}^{n_2} x_j \dots\dots\dots (19)$$

$$\varepsilon_{\alpha} = t \cdot \sigma_p = t \cdot \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}, \quad \varepsilon_{\alpha} = t \cdot \sigma_p \cdot \sqrt{\frac{N - n_2}{N - 1}} = t \cdot \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}} \cdot \sqrt{\frac{N - n_2}{N - 1}}, \quad \frac{n_2}{N} = \frac{n_2}{D_r} < 0,05 \dots (20)$$

$\bar{p} = \bar{\eta}_m$, $\bar{q} = g_m$ – aritmetičke sredine stepena korišćenja kapaciteta i ukupnih gubitaka,

n – ukupan broj zapažanja (snimanja), n_1 – ukupan broj zapažanja po danu (smeni).

n_2 – ukupan broj dana (smena) u kojima je izvršeno merenje (realizovan eksperiment),

$p_j(\eta_{mj})$, $q_j(g_{mj})$ – stepen korišćenja kapaciteta i gubici po danima (smenama),

x – ukupan broj zapažanja kada mašina radi ili se priprema za rad,

Aproksimacija binomne sa normalnom raspodelom dovoljno je tačna ako je ispunjen jedan od uslova:

1. $np > 5$ za $p \leq 0,5$; $nq > 5$ za $p > 0,5$(21)

2. $npq > 9$(22)

3. $n \geq 50 \wedge 0,1 \leq p \leq 0,9$(23)

Ako je broj zapažanja n dovoljno veliki uzročnike zastoja možemo tretirati kao slučajne veličine koje se, saglasno centralnoj graničnoj teoremi, ponašaju po normalnom zakonu raspodele. Ukupan broj opažanja

kada mašina ne radi, gubitke, aritmetičku sredinu \bar{g}_i i standardno odstupanje S_i odredićemo:

$$G = n - x = K + A + M + \check{C} + I + V + O + X \dots (24)$$

$$q = g_m = \sum_{i=1}^8 g_i = g_K + g_A + g_M + g_{\check{C}} + g_I + g_V + g_O + g_X =$$

$$= \frac{K}{n} + \frac{A}{n} + \frac{M}{n} + \frac{\check{C}}{n} + \frac{I}{n} + \frac{V}{n} + \frac{O}{n} + \frac{X}{n} = \frac{n-x}{n} \dots (25)$$

$$g_{ij} = \frac{i_j}{n_1}, i = K, A, M, \check{C}, I, V, O, X, \quad \bar{g}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} g_{ij}}{n_2} = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} i_j}{n}, \quad S_i = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (q_{ij} - \bar{g}_i)^2 \dots (26)$$

Interval pouzdanosti parcijalnih gubitaka izračunaćemo po sledećim formulama:

$$P \left(\bar{g}_i - t \frac{S_i}{\sqrt{n_2}} \cdot \sqrt{\frac{N - n_2}{N - 1}} < \bar{g}_i < \bar{g}_i + t \frac{S_i}{\sqrt{n_2}} \cdot \sqrt{\frac{N - n_2}{N - 1}} \right) = 2\Phi(t) = P = 1 - \alpha, n_2 \geq 30 \dots (27)$$

$$P \left(\bar{g}_i - t_{\alpha,k} \cdot \frac{S_i}{\sqrt{n_2}} \leq \bar{g}_i \leq \bar{g}_i + t_{\alpha,k} \cdot \frac{S_i}{\sqrt{n_2}} \right) = S(t_{\alpha,k}) = 1 - \alpha, n_2 < 30 \dots (28)$$

$t, t_{\alpha,k}$ – parametar Laplasove odnosno Studentove raspodele (zavisi od rizika α i stepena slobode $k = n_2 - 1$).

Stepen korišćenja komponentnih kapaciteta (grupe mašina) i standardno odstupanje odredićemo:

$$\bar{\eta}_m = \frac{\sum_{j=1}^k m_j \cdot \bar{\eta}_{mj}}{m} = \frac{m_1 \cdot \bar{\eta}_{m1} + m_2 \cdot \bar{\eta}_{m2} + \dots + m_k \cdot \bar{\eta}_{mk}}{m_1 + m_2 + \dots + m_k} \dots (29)$$

$$\sigma_{\eta}^2 = \sqrt{\sigma_{\bar{\eta}}^2 + \delta_{\eta}^2}, \quad \sigma_{\bar{\eta}}^2 = \frac{\sum_{j=1}^k m_j \cdot \sigma_j^2}{m} = \frac{m_1 \cdot \sigma_1^2 + m_2 \cdot \sigma_2^2 + \dots + m_k \cdot \sigma_k^2}{m_1 + m_2 + \dots + m_k}, \quad \delta_{\eta}^2 = \frac{\sum_{j=1}^k m_j \cdot (\bar{\eta}_{mj} - \bar{\eta}_m)^2}{m} \dots (30)$$

m_j -broj mašina u j -tom komponentnom kapacitetu, k -broj komponentnih kapaciteta, $m = \sum_{j=1}^k m_j$ - uk.br. maš.

$\bar{\eta}_{mj}$ - stepen korišćenja j -tog komponentnog kapaciteta, $\bar{\eta}_m$ - stepen korišćenja kapaciteta mašinskog parka,

$\sigma_{\eta}^2, \delta_{\eta}^2, \sigma_{\bar{\eta}}^2$ - srednja disperzija podskupova, disperzija između podskupova i opšta disperzija.

Za potrebe dinamičkog uravnoteženja i upravljanja složenim poslovno-proizvodnim sistemom Sloboda izvršeno je snimanje korišćenja mašinskih kapaciteta po organizacionim celinama (ORJ11, ORJ21, ORJ22, ORJ31, ORJ32). Snimanje je realizovano u periodu od godinu dana pri čemu je svaka mašina snimana po 18 puta u 1. i 2. smeni 10dana svakog meseca što ukupno iznosi 4320 zapažanja ($n = 18 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 12 = 4320$).

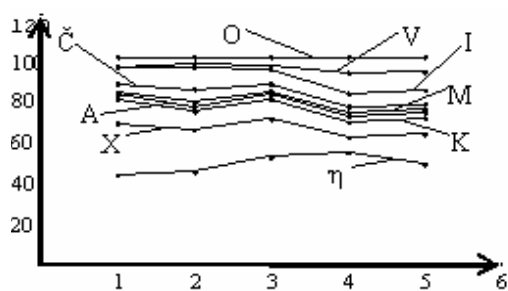
Ukupno je snimljeno 458 mašina (od 591) i to u ORJ11-87, ORJ21-127, ORJ22-164, ORJ31-17 i ORJ32-63.

Za snimače su angažovani iskusni pogonski tehnolozi (5) koji su na snimačkom listu beležili odgovarajuće oznake (od mogućih 10) koje karakterišu stanje mašina u momentu zapažanja. Snimane mašine grupisane su u komponentne kapacitete po ORJ-a. Rezultati istraživanja prikazani su u obliku dijagrama na sl.1- 6.

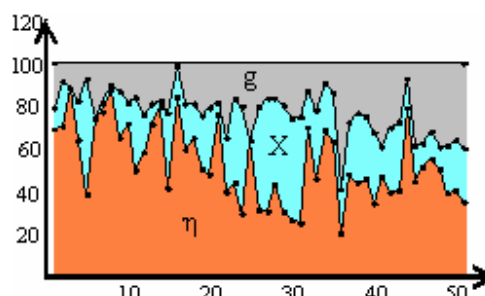
Snimački list

-		-		3	1	0	1	7	0	0	4	18	01	2008	1	17	01	2008	2	to	=	8
ORJ		Br.mašina		Snimački dan		Datum		Sm.		Datum		Sm.		Obilazak (min)								
Opaž.	Smena	Polazak	OZNAKA MAŠINE Mj , j=1,17																			
			M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	-		
1.	I	7-05	Č	T	T	T	X	K	Č	X	T	Č	Č	T	T	A	T	T				
2.		7-55	T	T	T	T	X	K	T	X	T	T	T	T	T	A	T	T				
3.		8-10	T	P	T	P	X	K	T	X	T	T	T	T	P	A	P	T				
4.		8-35	T	T	M	T	X	K	T	X	T	T	T	M	T	A	T	T				
5.		10-05	T	I	M	T	X	K	T	X	T	T	Č	M	T	A	T	T				
6.		10-15	T	I	M	V	X	K	A	X	T	T	T	M	T	A	T	T				
7.		10-45	T	T	M	V	X	K	T	X	T	T	T	M	T	A	P	A				
8.		11-00	T	I	M	T	X	K	T	X	T	T	T	M	T	A	T	T				
9.		11-10	T	O	M	T	X	K	I	X	T	T	T	T	T	A	P	T				
10.		11-25	Č	O	M	T	X	T	I	X	T	K	T	T	I	A	T	T				
11.		12-00	T	O	M	T	X	T	I	X	T	K	T	P	I	A	X	T				
12.		12-35	T	I	M	T	X	T	T	X	T	K	T	T	I	P	X	T				
13.		12-55	T	T	M	X	X	T	T	X	T	P	T	P	I	A	X	T				
14.		13-20	O	T	M	X	T	T	T	X	T	P	T	P	T	A	X	T				
15.		13-45	T	I	M	X	T	O	K	X	T	T	T	T	T	A	X	T				
16.		13-50	T	Č	M	X	T	T	K	X	T	T	V	T	T	P	X	T				
17.		14-10	T	T	M	X	T	T	T	T	T	T	V	T	T	A	X	T				
18.		14-25	K	I	M	X	Č	A	T	T	T	T	V	T	T	A	X	T				
19.	II	15-20	K	I	P	T	T	A	T	T	T	V	Č	Č	A	X	T					
20.		16-20	K	I	P	I	T	A	Č	T	T	T	T	T	T	P	X	T				
21.		16-45	K	T	T	I	T	T	T	A	X	T	T	T	T	A	X	T				
22.		17-00	T	T	T	I	T	T	T	P	X	T	T	T	T	A	X	A				
23.		17-50	T	T	T	I	T	T	T	T	X	T	T	T	X	A	X	T				
24.		18-10	T	T	T	I	T	Č	T	T	X	T	T	T	X	A	X	T				
25.		18-20	I	Č	T	I	K	Č	I	T	X	T	T	X	X	A	X	T				
26.		19-00	T	I	T	I	K	T	T	I	X	T	Č	X	X	A	X	T				
27.		19-10	T	I	Č	I	P	T	T	I	X	X	T	X	X	A	X	T				
28.		19-20	T	I	T	I	P	T	T	I	X	X	T	X	X	A	X	Č				
29.		19-30	T	I	O	I	P	T	T	T	X	X	T	X	X	A	X	T				
30.		20-20	A	I	Č	I	T	T	X	P	X	X	T	X	X	T	X	T				
31.		20-35	A	T	Č	I	T	T	X	T	X	X	T	X	X	T	X	T				
32.		20-55	P	T	T	I	T	T	X	T	X	X	T	X	X	T	X	T				
33.		21-40	T	X	T	I	T	T	X	T	X	X	T	X	X	T	X	T				
34.		21-55	T	X	T	I	M	T	X	T	X	X	A	X	X	T	X	X				
35.		22-10	T	X	T	I	M	Č	X	T	X	X	A	X	X	T	X	X				
36.		22-45	T	X	T	I	M	Č	X	T	X	X	A	X	X	T	X	X				
T - tehnološko			26	13	15	10	13	19	20	14	20	20	25	15	16	7	7	30	-			
P - pripremno završno			1	1	2	1	3	-	-	2	-	2	-	3	1	3	3	-	-			
M - materijal			-	-	15	-	3	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-			
A - alat			2	-	-	-	-	3	1	1	-	-	3	-	-	26	-	2	-			
K - kvar mašine			4	-	-	-	2	9	2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-			
Č - čovek			2	2	3	-	1	4	2	-	-	1	3	1	1	-	-	1	-			
X - nema posla			-	4	-	6	13	-	7	16	16	10	-	12	14	-	26	3	-			
I - čeka pr.operaciju			-	13	-	17	-	-	4	3	-	-	-	-	4	-	-	-	-			
O - ostalo			1	3	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
V - čeka iz druge ORJ			-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-			
UKUPNO:			36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36

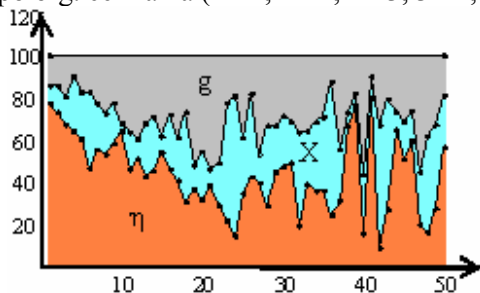
RO "FNP" Obr.br.05.01.14



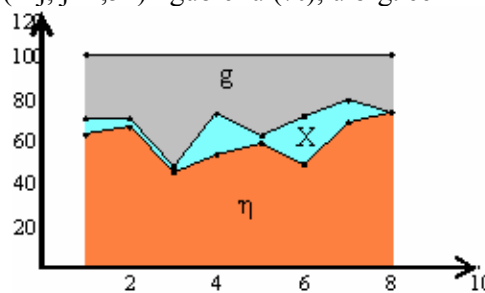
Sl.1: Stepen korišćenja kapaciteta mašina i gubici u (%) po org. celinama (11-1, 21-2, 22-3, 31-4, 32-5)



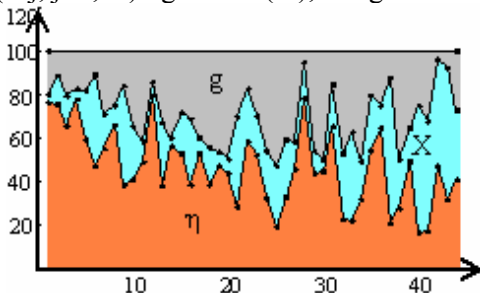
Sl.4: Stepen korišćenja komponentnih kapaciteta ($M_j, j=1,51$) i gubici u (%), u org. celini 22



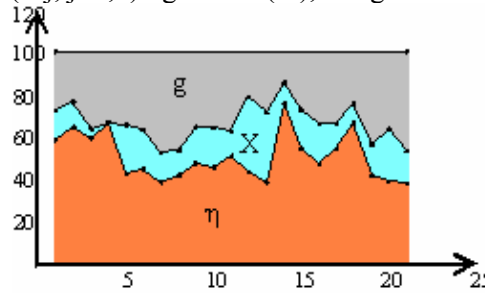
Sl.2: Stepen korišćenja komponentnih kapaciteta ($M_j, j=1,50$) i gubici u (%), u org. celini 11



Sl.5: Stepen korišćenja komponentnih kapaciteta ($M_j, j=1,8$) i gubici u (%), u org. celini 31



Sl.3: Stepen korišćenja komponentnih kapaciteta ($M_j, j=1,44$) i gubici u (%), u org. celini 21



Sl.5: Stepen korišćenja komponentnih kapaciteta ($M_j, j=1,21$) i gubici u (%), u org. celini 32

4. ZAKLJUČAK

Prosečan stepen korišćenja mašinskih kapaciteta na nivou Kompanije iznosi 47.6%, u ORJ11 – 42.9%, ORJ21 – 44.5%, ORJ22 – 51.2%, ORJ31 – 54.1% i ORJ32 – 49.3%. Struktura gubitaka na nivou Kompanije iznosi: nedostatak posla (X) 19.8%, organizacija proizvodnje (I,V) 10.9%, kvar (K) 9.3%, alat, materijal i nedisciplina (A,M,Č) 8.1% i ostali razlozi (O) 4.2% .

5. LITERATURA

- [1] Klarin M., Utvrđivanje stepena korišćenja kapaciteta primenom modifikovane metode trenutnih zapažanja, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
- [2] Gudić M., Klarin M., Đukić R. i dr, Priručnik za utvrđivanje stepena korišćenja kapaciteta u metaloprerađivačkoj industriji Namenske proizvodnje, Institut za ekonomiku industrije, Beograd, 1984.
- [3] Đukić R., Utvrđivanje i merenje uzročnika gubitaka proizvodnih kapaciteta, 30. jubilarno savetovanje proizvodnog mašinstva SCG, Čačak – Vrnjačka Banja, 2005.
- [4] Đukić R., Đukić J., Planiranje proizvodnje, Viša tehnička škola Čačak, Čačak, 2007.

THE RESEARCH ON DEGREE OF EXPLOITING MECHANICAL CAPACITIES, CAUSES OF STAGNATION AND STRUCTURES OF LOSSES

Abstract: *The capacities of producing equipment represent one of the key elements when establishing producing capabilities of business and producing systems. When analyzing the capacity of producing equipment, we must pay attention to the projected capacities of particular machines, groups of machines or production lines ,on one hand, and the exploiting, organizational factors and losses which affect possible capacities ,on the other hand. The absolute exploiting and quantification are necessary for the dynamic balance and management.*

Key words: *producing system, mechanical capacities, methods, causes of stagnation, losses.*



Marijana Marković, maš. ing., Dr Svetislav Lj. Marković*

AUTOMATIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA DROBLJENJA, SUŠENJA I SEPARACIJE UGLJA

Abstrakt: U radu je opisana automatizacija linije za oplemenjivanja uglja, koja se sastoji iz više redno vezanih operacija: mokre separacije, drobljenja, sušenja, klasiranja i suve separacije. Radi se o sistemu sa ogromnom produkcijom (kapacitet drobilice je $Q=517$ t/h, sušare $Q=102$ t/h, suve separacije $Q=4700$ t/h), od čijeg rada u najvećoj meri zavisi energetska efikasnost termoelektrana „Nikola Tesla“ u Obrenovcu i „Kolubara“ u Vreocima kod Lazarevca, a time i energetska stabilnost naše zemlje.

1. UVOD

Radi povećanja energetske efikasnosti vrši se priprema kolubarskog lignita u postrojenju mokrom separacijom, gde se čišćenje uglja odvija u teškoj sredini, priprema za sušenje pranog uglja, kao i klasiranje sušenog uglja.

2. MOKRA SEPARACIJA I DROBLJENJE UGLJA

Nakon izvršenog primarnog i sekundarnog drobljenja, obavlja se čišćenje uglja klase $-150+30$ mm. Ova klasa krupnoće se dalje šalje u proces sušenja uglja. Klasa $-30+0$ mm, odnosno $-40+0$ mm isporučuje se i sagoreva u termoelektranama „Nikola Tesla“ i „Kolubara“. Ugalj krupnoće $-400+0$ mm se doprema elektrovučom u vagonima samoistresaćima sa sedlastim dnom. Tu se izdvaja klasa $-400+30$ mm i otprema klase $-30+0$ mm u vagone TE „Kolubara“.

Ugalj se vagonima doprema u prihvatni bunker zapremine $V=2 \times 150$ m³. Iz bunkera rovni ugalj krupnoće $-400+0$ mm se izvlači pomoću člankastih dodavača DČT-1 i DČT-2 i transportnom trakom T-3 kapaciteta $Q=850$ t/h (slika 1). Ovom transportnom trakom ugalj se doprema na prosejavanje, koje se obavlja na rešetci sa rotirajućim valjcima. Prosejavanje se obavlja sa ciljem da se nadrešetni proizvod krupnoće $-400+30$ mm uputi prema fazi čišćenja, odnosno daljeg sušenja čistog uglja.

Podrešetni proizvod krupnoće $-30+0$ mm, sa rešetke pada u razdelnu sipku sa koje se prosev prve polovine rešetke upućuje na transporter T-7, a prosev druge polovine rešetke se menjanjem položaja klapne u sipki, može uputiti ili prema transporteru T-7, ili prema transporteru T-5, gde se spaja sa nadrešetnim proizvodom. Sipka R5 je tako konstruisana da sav ugalj, ili samo deo može da uputi prema transporteru T-5 koji isti šalje na transporter T-301, a potom u postrojenje sekundarnog drobljenja. Ako se samo jedan deo uglja šalje na transporter T-5, preostala količina dolazi na usitnjavanje u čekićnu drobilicu, a takođe je moguće i svu količinu nadrešetnog proizvoda sa rešetke samleti i poslati na transporter T-7, gde se spaja sa već izdvojenim podrešetnim proizvodom i dovodi se na sipku.

U toj sipki se nalazi hidraulična klapna pomoću koje se ugalj po potrebi deli, tako da se može usmeriti na transporter T-8 i dalje u bunker proseva za potrebe TE „Kolubara“ i druge korisnike. Međutim, moguće je vršiti i zasecanje tako da se prosev delimično šalje na transporter T-8 i T-9. Takođe, kada je u radu samo jedna sekcija prihvatnog bunkera i kada se ne vrši drobljenje u D-18, sav prosev sa trake T-7 može se uputiti na transporter T-9, a zatim preko transportera T-308 za potrebe Toplane, ili ka Suvoj separaciji.

* Marijana Marković, maš. ing., „Kolubara“ d.o.o., Lazarevac, „Prerada“-Vreoci, Pogon Suva separacija, e-mail: marijananedicmarkovic@gmail.com.

Dr Svetislav Lj. Marković, profesor, Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak, Ulica Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija, e-mail: svetom@nadlanu.com.

Kada su u pitanju komadi uglja čija je veličina i preko 1000 mm postupak je sledeći. Iz vagona zapremine 50 m³ (K50), a pomoću okretnog istresača (Viper), ugali se doprema u prihvatni betonski bunker, odakle se preko pločastog transportera odvodi na primarno drobljenje u drobilicu sa jednim nazubljenim valjkom. Kapacitet drobilice je Q=517 t/h i podešena je da omogućuje usitnjavanje uglja do krupnoće, 110%, -400 mm. Usitnjen ugali iz drobilice pada na kosi transporter i dalje se odvodi na sekundarno drobljenje.

U odeljenju sekundarnog drobljenja (Trijaž), prispeli ugali se preko sipke deli u dve sekcije koje rade paralelno. Ugali prvo pada na vibro-sita. Nadrešetni proizvod krupnoće -400+150 mm, ručno se odabira na transporterima radi uklanjanja krupne jalovine i eventualnih metalnih i drvenih predmeta, dok podrešetni proizvod sita, krupnoće -150+0 mm ili -150+30 mm, a u zavisnosti od toga da li se prosev rešetke upućuje na transporter T-7 ili T-5, pada na transporter T-302.

Nadrešetni proizvod, krupnoće -400+150 mm odlazi u dve drobilice za sekundarno drobljenje sa jednim nazubljenim valjkom, kapaciteta po 225 t/h i veličine otvora za pražnjenje 150 mm. Izdrobljeni ugali pada na transportnu traku T-302, gde se spaja sa prosevom vibro-sita, pa ovako dobijeni proizvod krupnoće -150+0 mm odlazi u fazu čišćenja.

Transporterom T-302, ugali se može uputiti u bunker rezerve ili u fazu prosejavanja, koja se odvija u dve paralelne sekcije na vibro-sitima. Ova vibro-sita imaju dve prosevne površine od perforiranog lima sa okruglim otvorima veličine 80 mm i 30 mm. Klase krupnoće -150+80 mm i -80+30 mm spajaju se i upućuju na dopunsko prosejavanje na vibro-sita otvora 30 mm. Spajanjem proseva ovih sita, dobija se klasa krupnoće -30+0 mm, koja se upućuje na utovar za TE "Kolubara". Odsev prve prosevne površine sita 22A i 22B, krupnoće -150+80 mm se u slučaju potrebe može uputiti u bunker za rezervu. Odsev sita 23A i 23B, klasa krupnoće -150+30 mm može se usmeriti na dopunsko drobljenje u čekićne drobilice, gde se usitnjava do krupnoće -30+0 mm, a potom odlazi u bunke sitnog uglja za potrebe TE "Kolubara". Čišćenje uglja u teškoj sredini vrši se u dve identične sekcije u uređajima tipa „Drewboy“. Tešku sredinu čini suspenzija vode i kvarcnog peska, gustine 1,3 t/m³. Proizvodi čišćenja su čist ugali i jalovina. Frakcija koja tone ili jalovina, sakuplja se na dnu uređaja „Drewboy“ i iznosi se iz njega pomoću kružnog kola sa pregradama. Čist ugali odlazi na vibro-sita za otkapavanje i ispiranje, veličine otvora 12 mm.

Na prvoj polovini sita vrši se otkapavanje guste suspenzije, dok se na drugoj vrši ispiranje čistog uglja, koji pada na transportnu traku T-30. Dobijen čist ugali krupnoće 150+30 mm, transporterom T-307 usmerava se ka postrojenjima za sušenje uglja. Jalovina, po izlasku iz "Drewboy" uređaja odlazi na vibro-sita (otvora 12 mm) za otkapavanje i ispiranje. Na prvoj polovini sita se vrši otkapavanje guste suspenzije, a na drugoj ispiranje jalovine. Isprana jalovina pada na transportnu traku T-37, kojom se otprema u prihvatni bunker, a zatim žičarom na jalovište.

Otkapana gusta suspenzija sa čistog uglja odlazi na prvi deo rezonantnih sita, veličine otvora 0,35 mm, na kojima se vrši njena regeneracija. Otkapana suspenzija sa sita za otkapavanje jalovine odlazi na prvi deo rezonantnog sita, gde se takođe vrši njena regeneracija. Nadrešetni proizvod rezonantnih sita 26A i B, odnosno čist, sitan ugali krupnoće 12,5+0,35 mm, transportnim trakama T-33 i T-34 usmerava se u bunker proseva i otprema za TE "Kolubara".

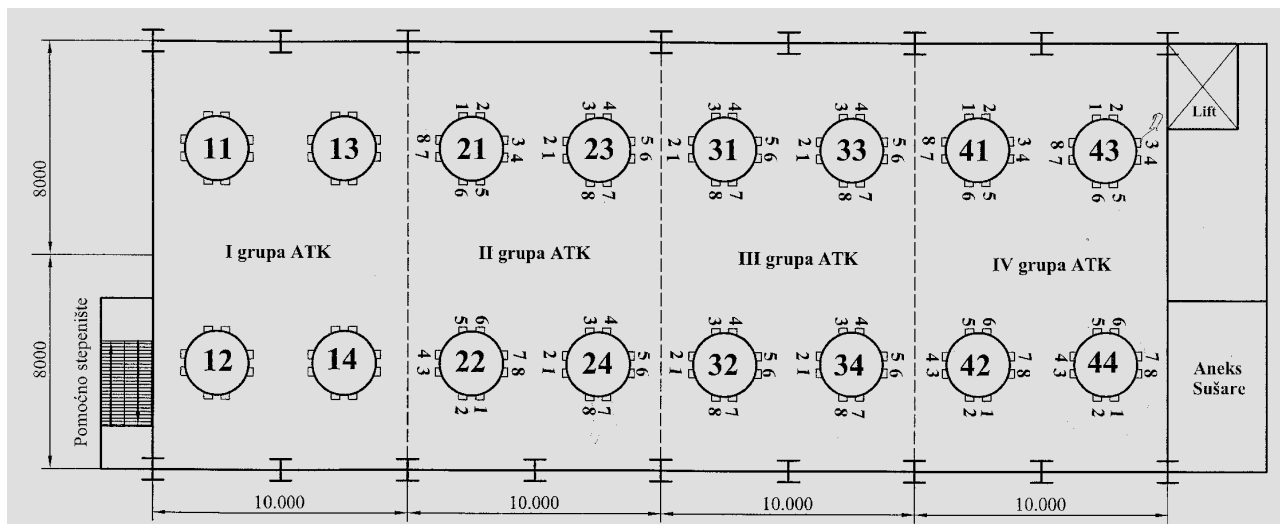
3. SUŠENJE UGLJA

Dubinsko sušenje uglja je poseban vid termičkog sušenja uglja u autoklavama. Postupak je naročito podesan za sušenje mlađih mrkih i lignitnih ugljeva, postiže vrlo efikasno odstranjivanje vlage bez raspadanja (prskanja) komada. Kod uobičajenog, klasičnog načina termičkog sušenja uglja, toplota se preko toplog vazduha ili gasa, dovodi neposredno na površinu komada uglja. Posle uklanjanja vlage sa površine dolazi do sakupljanja spoljnih slojeva ili kore uglja, koji na taj način smanjuju svoju zapreminu. Dublji, unutrašnji delovi uglja, koji nisu bili u kontaktu sa toplim medijumom i iz kojih nije došlo do otpuštanja vlage, zadržavaju svoju prvobitnu zapreminu. Posledica ovakvog ponašanja uglja prilikom površinskog sušenja, tj. promene zapremine slojeva na površini, ogleda se u prskanju spoljnog dela i nastajanju sitneži.

Uvođenjem dubinskog sušenja uglja u autoklavama izbegava se pojava prskanja i stvaranja sitneži. Ovaj postupak je razradio austrijski profesor Fleissner, po kome i sam način sušenja nosi ime. Suština sušenja po postupku Fleissnera sastoji se u tome da se ugali dovede na temperaturu sušenja, a da pri tome ne dođe do mogućnosti prelaska vode (vlage) u gasovito stanje. Zagrevanje uglja prema tome mora da se vrši zasićenom vodenom parom. Sušenje se obavlja u autoklavama i to obično tako da dve autoklave rade paralelno međusobno povezane. Autoklave su povezane i snabdevene cevovodima za dovod zasićene vodene pare i toplog vazduha (suvog) i isto tako cevovodima za odvod kondenzata (vlage).

Postrojenje za sušenje uglja koncipirano je za nominalni kapacitet od 855000 t/god suvog uglja. Postrojenje je predviđeno za trosmenski rad i u normalnom radu postiže kapacitet od 102 t/h suvog uglja, odnosno pri 8400 proizvodnih sati gore pomenutu godišnju proizvodnju sušenog uglja.

Dovod uglja koji se koristi za sušenje vrši se direktno sa pranja preko transportera (poz. 307) ili iz postojećeg bunkera za sirovi ugalj starog postrojenja, koje treba posmatrati kao među-lager. Potrebe za sirovim ugljem u postrojenju u roku od 24 h, pri trajanju ciklusa od 160 min u normalnom radu iznose 4800 tona. Sušenje uglja vrši se prema Fleissnerovom postupku pomoću zasićene pare od cca 22 bara nadpritiska i temperature od cca 236°C. Postrojenje za sušenje sastoji se od 16 autoklava koje su u toku normalnog rada obuhvaćene sa 4 radne grupe, od kojih svaku čine po 4 autoklavne jedinice. Utrošak toplote kod ovog postupka iznosi 1550-1720 kJ/kg istisnute vode i niži je za cca (50-60)% u odnosu na konvencionalne postupke. Sušeni ugalj dobijen po ovom postupku podesan je, s jedne strane, za dalje oplemenjivanje (polukoksovanje, gasifikaciju), a sa druge strane, predstavlja visoko kvalitetno gorivo za domaćinstva i industrijsku upotrebu.



Slika 2. Raspored autoklava u Sušari Vreoci

Sirovi ugalj koji dolazi sa prališta predaje se na transportnu traku T-307 jednom razdelnom sipkom RH-100, koja je opremljena pneumatski pomičnom klapnom komandovanom iz komandnog pulta, alternativno ili na transportnu traku RB-50 ili na procesno reverzibilne transportne trake T-153 i T-155. Sa transportne trake RB-50 ugalj se predaje na transportnu traku RB-100. Sa transportne trake RB-100 sirovi ugalj se deli preko dvokrake pneumatske sipke RH-200 koja je opremljena jednom pneumatski pomičnom klapnom komandovanom iz komandnog pulta, na transportne trake RB-201 i RB-202. Transportne trake izvedene procesno reverzibilno RB-201 i RB-202 dele sirovi ugalj automatski prema unapred programiranoj sekvenci punjenja ugljem u odgovarajuće ćelije bunkera za sirovi ugalj RF-101÷RF-116. Transportne trake RB-100, RB-201 i RB-202 konstruisane su za kapacitet od 400 t/h i njima se daljinski upravlja sa komandnog pulta. U transportnu traku RB-100 ugrađena je elektronska tračna vaga RH-100 kojom se registruju dopremljene količine sirovog uglja. Sledeća mogućnost dopremanja sirovog uglja data je preko transportnih traka T-153 i T-155, koje transportuju sirovi ugalj do bunkera za sirovi ugalj starog postrojenja. Pomoću sipki na četvrtom spratu za pražnjenje bunkera, sirovi ugalj direktno dospeva na transportne trake RB-301, RB-302, RB-303 odnosno direktno na sabirnu traku RB-600. Sirovi ugalj se sa transportnih traka RB-301 i RB-302 predaje na transportnu traku RB-400, a sirovi ugalj sa transportne trake RB-303 na transportnu traku RB-500. Sa ovih transportnih traka (RB-400 i RB-500) sirovi ugalj dospeva na sabirnu traku RB-600, koja doprema sirovi ugalj do razdelnog levka RH-200. Transportne trake koje vode u novo postrojenje za sušenje RB-100 i RB-600 smeštene su u posebne transportne mostove.

Postrojenje za sušenje uglja radi u normalnom radu sa 4x4 grupe autoklava (slika 2). Svaka autoklava povezana je cevovodom sa visećim rezervoarom-bidon DR 201-216. Otpadna voda od sušenja, koja se stvara tokom sušenja, skuplja se u bidonu i shodno odvijanju ciklusa dovodi se kao predgrevanje preko odgovarajućih cevovoda sa ventilima, kojima se pneumatski upravlja, do odgovarajućih autoklava. Otpadna voda od sušenja prolazi kroz autoklave napunjene sirovim ugljem (na taj način postiže se predgrevanje uglja), ponovo se sakuplja u bidonima, na kraju se preko ventila za pražnjenje sa pneumatskim upravljanjem dovodi do sabirnog rezervoara SR-101 do SR-104. Pokretanje pojedinačnih ventila, potrebnih za ostvarivanje veza između autoklava i bidona kao i za napajanje svežom parom i odvod otpadne vode tokom procesa sušenja vrši se sa komandnog pulta. Svakom autoklavu DF-101÷DF-116 pripada jedna bunkerska

ćelija RF-101÷RF-116 za sirovi uglj koji ima zapreminu od oko 3,5 punjenja autoklava. Bunker sirovog uglja opremljeni su kapacitativnim sondama sa sajlom, kojima se pokazuje minimalni, maksimalni i max-max nivo punjenja. Odvijanje procesa jedne grupe nezavisno je od broja grupa autoklava kojima se radi i vrši se na sledeći način. Sipke za punjenje autoklava koje se hidraulično mogu pokretati dopremaju sirovi uglj iz ćelija bunkera do autoklava. Kada se postigne maksimalan nivo punjenja, signaliziran radiometrijskom sondom hidrauličnim zatvaranjem bunkera za izlaz sirovog uglja stopira se dalje punjenje. Sipka za punjenje autoklava se zatim ponovo podiže. Nakon toga može da se izvrši zatvaranje gornjeg poklopca autoklava. Pre potpunog zatvaranja zaptivne površine sa mlaznicama, koje su smeštene na unutrašnjem prstenu bajoneta, čiste se od nečistoća kratkim udarima vazduha. Podmazivanje bajonetskog prstena mešavinom vazduha i dizel ulja postiže se mlaznicama koje proizvode uljnu maglu čime prevlače ozubljenje uljnim filmom. Nakon što je izvršeno potpuno zatvaranje poklopca, poklopac autoklava se zatvara bajonetskim prstenom, koji se hidraulički okreće i koji se obezbeđuje od otvaranja osiguračem koji se pneumatski aktivira. Zatvaranje poklopca autoklava ostvaruje se pritiskom na zaptivku poklopca zasićenom parom. Na taj način su izvršene sve pripreme za proces sušenja. Proces sušenja deli se na sledeće faze:

1. Prvo predgrevanje: tuširanje uglja vrelom vodom iz nekog od susednih bunkera za dosušivanje (trajanje 30 minuta).
2. Drugo predgrevanje delimično korišćenom parom iz jedne od susednih autoklava (trajanje 10 minuta).
3. Dovodenje sveže pare do potrebnog pritiska u autoklavu i dok se ne postigne istiskivanje vode iz uglja (trajanje 70 minuta).
4. Prvo rasterećenje otvaranjem predstrojnog voda delimično korišćene pare do jednog od susednih autoklava (trajanje 10 minuta).
5. Drugo rasterećenje otvaranjem voda za tuširanje do jednog od susednih autoklava (trajanje 30 minuta).
6. Pražnjenje i punjenje autoklava (trajanje 10 minuta).

Ukupno vreme ciklusa iznosi 160 minuta.

Specijalni uređaj za pražnjenje u autoklavama omogućuje brzo i sigurno iznošenje suvog uglja u bunker za dosušivanje, koji je lociran ispod istoga. Pošto se za vreme pražnjenja autoklava razvijaju komprimovane Bridove pare i prašina u isisnim kanalima za Bridove pare instalirane su klapne za upravljanje čime se omogućuje isisavanje preko ventilatora za vreme procesa pražnjenja. Na taj način postiže se dosušivanje sušenog uglja, a istovremeno se smanjuje mogućnost samoupale sušenog uglja. Osušeni uglj se rashlađuje dopremanjem svežeg vazduha na oko 30°C. Za vreme pražnjenja bunkera za sušeni uglj nikako ne sme da se vrši naknadno dosušivanje. Bridove pare koje nastaju za vreme ovog naknadnog dosušivanja isisavaju se ventilatorima, dovode do ciklona, a preko kamina za rasterećenje dospevaju u slobodnu atmosferu. Usisana ugljena prašina zajedno sa Bridovim parama dospeva u ciklon odakle se kontinualno, pomoću ćelijskog dodavača, dozira na transporter za sušeni uglj TB-100. Ovim transporterom sušeni uglj ide u postojeće bunkere za sušeni uglj.

Klasiranje je poslednja faza u procesu prerade uglja. Osnovna namena klasiranja je da se osušeni uglj iz bunkera sušenog uglja razvrstava prema klasama krupnoće. Iz bunkera sušenog uglja zvezdastim izgrtačima (157, 158, 159 i 159A) i trakama 151 i 152 uglj dolazi na transporter T-306. Ovom trakom uglj se doprema u zgradu klasirnice i preko kosog transportera T-308 dolazi do podeonog levka. Tu se uglj deli i ide na dve paralelne strane sita R-70.

Njegovim radom dobijaju se sledeći asortimani uglja:

- komad -150+60 mm,
- kocka -60+30 mm,
- orah -30+15 mm,
- grah -15+5 mm,
- prašina -5+0 mm.

Kada se pune bunker kamionskog transporta postoji mogućnost "izdizanja" transportera T-78, T-79, T-80 i T-76, koji uglj presipaju na T-44 a zatim na T-403 i T-403A u bunkere (kace). Postoji mogućnost i mešanja asortimana gde se kombinuju "komad-kocka" i "kocka-orah".

4. SUVA SEPARACIJA

Suva separacija uglja ima za cilj da izvrši prijem rovnog uglja sa površinskog kopa preko sistema transportnih traka (BTU i BTS) i da ga klasiranjem i drobljenjem prilagodi stalnim i povremenim potrošačima. Drobljenje i klasiranje na frakcije: -400+120 mm (sirovi komad), -120+30 mm (sirova kocka) i -30+0 mm (sitna klasa); utovar dobijenih frakcija u vagone i kamione; i snabdevanje Toplane klasom uglja -30+0 mm.

Kapacitet I faze je $Q=700$ t/h, a predviđena je za dobijanje tri asoritimana:

- o ugalj krupnoće -400+120 mm za široku potrošnju,
- o ugalj krupnoće -120+30 mm za potrebe Sušare i
- o ugalj krupnoće -30+0 mm za potrebe TE "Nikola Tesla" Obrenovac.

Rovni ugalj krupnoće -400+0 mm se preko trakastih transporterera (BTU) i reverzibilnog transporterera T-100 dovodi do ćelija bunkera I i II faze, odakle se rotacionim izgrtačima i trakastim transporterima (T-102A i B i T-201), doprema u drobilično postrojenje. Ovde se na rešetima sa rotirajućim valjcima (205-A i B) odvaja komadni ugalj (-400+120 mm), koji se na utovarnoj stanici (objekat br. 7) tovari u kamione ili u vagone, ili se drobi u drobilicama sa nazubljenim valjkom (206-A i B) na krupnoću -120+0 mm (primarni stepen usitnjavanja). Ovaj ugalj se sistemom transportnih traka šalje ili na II fazu ili u klasirnicu, gde se na sitima (305-A, B i C) dobijaju tri frakcije uglja:

- frakcija -30+0 mm koja se sistemom transporterera T-401 upućuje do utovarnog mesta br. 4 (utovar čiste ili prljave kocke) i T-601 do utovarnog mesta br. 10,
- frakcija -120+30 mm, koja se sa sita 305-A i B i T-401 šalje do utovarnog mesta br. 4,
- frakcija -30+0 mm, dobijena usitnjavanjem nadrešetne frakcije (-120+30 mm) u drobilicama 306-A, B i C i sistemom transporterera T-308 se šalje do Toplane.

Rovni ugalj preko trake C-13 pada u usipni levak sa sedlom, koje ga svojim pomeranjem može usmeriti na traku C-12A ili na traku C-12. Sa trake C-12A kroz levak ugalj se dozira pomoću pokretnih sipki u vagone za potrebe Mokre separacije. Sa trake C-12 ugalj kroz usipni levak, koji takođe ima hidrauličnu ploču (klapnu), pada direktno na reverzibilni transporter T-100, koji se nalazi direktno iznad samih ćelija bunkera rovnog uglja I i II faze. Bunker je dužine 200 m, usipni levak je tačno na sredini. Ukoliko je T-100 zaustavljen u levku se ploča pomera i na taj način se ugalj kroz posebni levak tzv. Bypass usmerava direktno u prvu ćeliju bunkera ispod koje se nalazi izgrtač. Bunker je trapezastog poprečnog preseka, čije su bočne strane izvedene pod uglom 60° , poprečni presek bunkera je simetričan, sa donje strane bunkera se nalazi uzdužni otvor ispod koga je postavljena betonska platforma. Sa ove platforme ugalj se uzima samohodnim rotacionom grebačima (zvezdasti izgrtači), kojih ima ukupno osam (za I fazu četiri i za II fazu četiri), i kreću se sa leve i desne strane bunkera po šinama postavljenim na konstrukciju transportnih traka. Rotacioni izgrtači se pokreću elektromotornim pogonom i preko njih se vrši regulisanje kapaciteta (zavisno od broja obrtaja radnog kola i od vrste i krupnoće uglja koji se uzima). Ugalj se na taj način dozira na transportere sa gumenom trakom T-102A i B, i T-201 posredstvom kojih se doprema u drobilično postrojenje. Ugalj se preko razdelne sipke usmerava na T-203A i T-203B, sa kojih se ugalj usmerava na prosejavanje na rešetima sa rotirajućim valjcima (Rolenrost) 205A i 205B. Nadrešetni proizvod, ugalj krupnoće -400+120 mm je moguće prema potrebi usmeriti:

1. Prema utovarnoj stanici za komadni ugalj (široka potrošnja). Nadrešetni proizvod prosejavanja na 205A i 205B se preko transporterera T-209A dozira na transporter T-209B i dalje preko spiralnog levka na 210A i B u kamione ili vagone. Druga varijanta je preko T1 i T2 u kace.

2. Ukoliko ne postoji mogućnost utovara komadnog uglja, tj. nema potreba široke potrošnje, klasa krupnoće -400+120 mm se upućuje na prvi stepen usitnjavanja na drobilicama sa nazubljenim valjkom 206A i B. Nakon prvostepenog usitnjavanja u drobilicama, ugalj krupnoće 100% -120+0 mm se preko reverzibilnog transporterera T-208 kroz levak upućuje ili u klasirnicu transporterom T-301 ili T-208. U drugom smeru se ugalj upućuje ka drugoj fazi na traku T-226.

Podrešetni proizvod prosejavanja na rešetima 205A i B, ugalj krupnoće -120+0 mm pada na reverzibilni transporter T-207, a sa njega identično kao i proizvod prvostepenog usitnjavanja nadrešetnog proizvoda na transportere T-301 i T-302, kojima se ugalj transportuje u klasirnicu ili ka drugoj fazi, preko T-226. U klasirnici ugalj sa T-301 i T-302 pada na T-303, odakle preko dodavača 304A, 304B i moguće preko dodavača 304C na rešeta 305A i 305B. U klasirnici se vrši klasiranje, gde ugalj krupnoće -30+0 mm predstavlja proizvod za termoelektrane i može biti upućen u utovarnu stanicu za TE "Kolubara" sistemom transporterera T-310A i B i T-401 ili u utovarnu stanicu za TE "Nikola Tesla" sistemom transporterera T-330, T-311, T-327, T-603. Ugalj krupnoće -120+30 mm može se sa sita 305A i 305B, kada se podignu sita na zadnjoj lađi, preko transporterera 310A i B i T-401 uputiti do utovarne stanice za TE "Kolubara" ("čista kocka"). Kada su sita na zadnjoj lađi spuštena ugalj krupnoće -120+30 mm se upućuje na usitnjavanje u drobilicama 306A i B čime se dobija ugalj krupnoće 100% -30+0 mm i preko transporterera T-310A i B upućuje na transportere za Toplanu, T-331, T-332, T-307 i T-308. Za potrebe mokre separacije se vrši spajanje podrešetnog i nadrešetnog proizvoda kada se preko transporterera 310A i B, T-311 vrši utovar "prljave kocke".

U drugoj fazi se isključivo obezbeđuje ugalj za potrebe TE "Nikola Tesla". Građena je posle I faze, pa su im pojedini objekti delimično zajednički: bunker II faze se nalazi u produžetku bunkera I faze, transportni

mostovi koji povezuju objekte drobljenja i utovarno mesto za TE "Nikola Tesla" Obrenovac su zajednički, kao i pomenuto utovarno mesto. Na isti način im se pune i prazne bunker. Sistem transportnih traka do faze usitnjavanja, T-122 i T-221, dimenzionisan je na kapacitet od $Q=1300$ t/h, a faza usitnjavanja i dalje na $Q=2000$ t/h. Ovo je zbog mogućnosti da na operaciju usitnjavanja II faze dolaze celokupne količine rovnog uglja sa I i II faze, ili ugalj II faze i samo frakcije $-120+0$ mm sa I faze (T-224, T-226 i T-227) nakon izdvajanja komadnog uglja u drobilicnom postrojenju. Operacija usitnjavanja obavlja se u drobilicama 230A, B i C, odakle ugalj preko transportera T-231 dolazi do mosta sa transporterima T-601 i T603, I i II faze, ukupnog kapaciteta 2000 t/h ($700+1300$), kojima stiže do utovarne stanice za TE "Nikola Tesla".

Treća faza je predviđena za snabdevanje ugljem TE "Nikola Tesla" u Obrenovcu. Tehnološki proces se sastoji od klasiranja uglja radi izdvajanja frakcije $-30+0$ mm u cilju rasterećenja drobilica, a zatim od usitnjavanja nadrešetne frakcije ($+30$ mm), radi dovođenja ukupnih količina uglja na krupnoću $-30+0$ mm. Ugalj krupnoće $-400+0$ mm, koji sistemom transportnih traka (BTS) dolazi sa površinskog kopa, transporterom C-11 odlazi u raspodelnu stanicu u obliku dvodelnog bunkera, koja u zavisnosti od količine rovnog uglja koji stiže, raspoređuje isti u pravcu drobilicnog postrojenja ako je kapacitet do 2000 t/h, a ako je veći, višak uglja se šalje u bunker rovnog uglja. Kapacitet III faze je 2000 t/h, pa je bunker raspodelne stanice postavljen na mernim uređajima, a takođe poseduje i kapacitativnu sondu koja kontroliše maksimalnu visinu punjenja u bunkeru, pa isključujući transporter C-11 i ceo lanac, zaustavlja dovoz uglja. Bunker rovnog uglja je betonske konstrukcije zapremine $V=3000$ m³, a puni se preko pretovarnih kolica transporter T-130 sa dvostranim levkom. Bunker se prazni sa dva rotaciona izgrtača (131A i B) i preko transportnih traka T-132 i T-240 (na koje može dolaziti i ugalj iz raspodelne stanice) dolazi u drobilicno postrojenje. Na T-240 montirana je tračna vaga kojom se ugalj sa T-129B šalje u bunker, a pražnjenje bunkera preko vage C-11, da bi se dobio kapacitet $Q=2000$ t/h (ili zadati kapacitet). Sa T-240 ugalj se pomoću raspodelnog levka sa pokretnom klapnom deli i raspoređuje na dve rešetke sa rotirajućim valjcima (242A₁ i B₁) čiji je razmak 30 mm. Nadrešetna frakcija ($-400+30$ mm) može se direktno uputiti na usitnjavanja, ili na rešetke sa rotirajućim valjcima (242A₂ i B₂) gde se izdvaja klasa uglja $-400+150$ mm za široku potrošnju, a na usitnjavanje odlazi frakcija $-150+30$ mm. Usitnjavanje frakcije $-400+30$ mm ili $-150+30$ mm vrši se u čekićnim drobilicama (243A i B), kod kojih su čekići elastično spojeni, a drobeća površina je pomerljiva, pa se može regulisati izlazni otvor drobilice, kao i granulacija izdrobljenog materijala. Pored prosejane frakcije, $-30+0$ mm, sa rešetki na T-244 dolazi i usitnjeni ugalj, pa mešajući se odlaže na T-350, kojim se transportuje do utovarne stanice TE "Nikola Tesla", gde se preko pokretnih levkova vrši utovar u vagone na kolosecima 6 i 7.

5. ZAKLJUČAK

Postrojenja za preradu uglja rade u veoma teškim uslovima, 24 sata dnevno. Postupak prerade je zahtevao automatizaciju svih operacija, a posebno transporta. Prerada uglja u Vreocima je potpuno automatizovana, čime je postignut traženi kapacitet proizvodnje.

Transport od površinskog kopa do separacije, a zatim do sušare i drobilicnog postrojenja izvodi se pomoću trakastih transporter, kontinualno ceo dan, bez gubljenja vremena za utovar i istovar i bez praznog hoda.

LITERATURA

- [1] Tehnološka dokumentacija RB "Kolubara", Lazarevac.
- [2] M. Marković: *Drobljenje, separacija, sušenje i transport uglja sa proračunom trakastog transporter, diplomski rad, Visoka tehnička škola, Čačak, 2008.*

AUTOMATION OF COIL CRUSHING, DRYING AND SEPARATION PROCESS

Abstract: In this paper we have described the process of automatization of a line for coal enrichment, and which consists of many ordinally connected operations: wet separation, crushing, drying, classification and dry separation. We have presented the system with enormous production (capacity of the crusher is $Q=517$ t/h, drying-room is $Q=102$ t/h, dry separation $Q=4700$ t/h) from whose production depends energetic efficiency of the thermo-electric power plans „Nikola Tesla“ in Obrenovac and „Kolubara“ in Vreoci near Lazarevac, thus greatly affecting the energetic stability in our country.



G. Mladenović¹

INFORMACIONI SISTEM ZA POTREBE ODRŽAVANJA PROIZVODNE OPREME U INDUSTRIJI PROIZVODNJE KABLOVA

Rezime

Informacioni sistemi za proces planiranja i upravljanja u svakom preduzeću imaju značajnu ulogu, pre svega jer pravovremena i prava informacija smanjuje ili potpuno ukida neizvesnost u procesu planiranja i upravljanja. Rad sadrži kraći opis programa za upravljanje održavanjem proizvodne opreme, njegovih funkcija i izveštaja koji se njime generišu. Program predstavlja diplomski rad razvijen na Katedri za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, a kao rešenje za potrebe odeljenja mašinskog održavanja „Fabrike kablova Zaječar“.

1. UVOD

Kako su potrebe savremenog tržišta nametnule zahteve za što većim kvalitetom proizvoda u prvi plan se stavlja unapređenje procesa proizvodnje. Samim tim je potrebno sprovesti mere neophodne da tehnički sistem funkcioniše na propisani, tj. ispravan način. Ovo podrazumeva da performanse datog sistema budu u propisanim granicama kako bi se ostvario zadovoljavajući nivo kvaliteta proizvoda. U sadašnjem vremenu, pored odgovarajuće logističke podrške neophodna je integracija podsistema u samoj fabrici.

Industrija proizvodnje kablova je specifična u odnosu na druge. Mašine su specijalne, sastavljene iz velikog broja delova koje često treba menjati, ali i podmazivati.

2. PROGRAMSKO REŠENJE

Za izradu date aplikacije korišćen je softverski alat MS Access 2007 koji je sastavni deo paketa Microsoft Office 2007. Ovaj softver je izabran prvenstveno zbog svoje jednostavnosti korišćenja i relativno lako se nabavlja na našim prostorima. U softveru je moguće pisati kodove za određene procedure za izračunavanje jer Access sadrži programski jezik VBA (Visual Basic for Application).

Za kreiranje aplikacije prethodno je bilo potrebno sprovesti sledeće aktivnosti:

- Analiza procesa i informacionih tokova u posmatranom preduzeću,
- Definisane ulaza i izlaza iz datog podsistema,
- Projektovanje baze podataka,
- Razvoj softverske podrške,
 - ✓ Izrada datoteka, sistema menia i ekranskih prikaza za unos podataka,
 - ✓ Definisane veza (relacija) između datoteka,
 - ✓ Izrada upita i izveštaja.

Treba napomenuti da Access daje mogućnost očuvanja referencijalnog integriteta baze podataka (Enforce referential integrity) pri definisanju relacija između datoteka. Podaci se kaskadno upisuju i brišu iz baze, a svaka uneta izmena za neki entitet će biti ažurirana na svim mestima gde se pojavljuje dati entitet.

¹ Goran Mladenović, dipl.inž.maš., Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd 35, e-mail: gmladenovic@mas.bg.ac.rs

3. OPIS APLIKACIJE

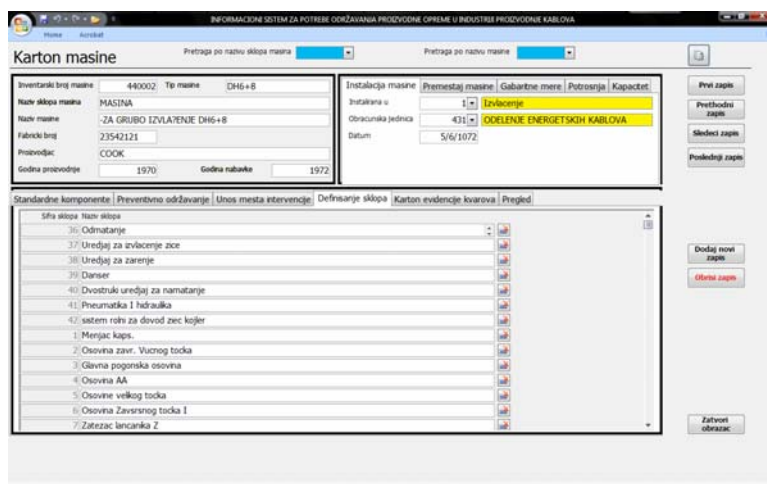
Prilikom pokretanja aplikacije otvara se ekranski prikaz na kome se nalazi sistem menia koji omogućuje ulaz u neku od 8 celina podsistema mašinskog održavanja (sistem, preventivno održavanje, tekuće održavanje, remont, revitalizacija, izrada alata i delova, pružanje usluga i pregled izveštaja).

Celina „sistem“ omogućuje unos podataka koji se odnose na entitete: Delovi, Magacini, Radnici i Poslovni partneri. Ovo je potrebno uraditi jer je na mnogim mestima u aplikaciji potrebno vući podatke vezane za pomenuta četiri entiteta.

U okviru dela aplikacije „Preventivno održavanje“ realizuje se unos, izmena i pretraživanje podataka koji se generišu prilikom raznih aktivnosti preventivnog održavanja. Aktivnosti podrazumevaju sprovođenje potrebnih mera da do kvara tehničkih sistema uopšte i ne dođe. U okviru ovog modula je moguće definisati tehnologiju preventivnog pregleda/održavanja koji podrazumeva definisanje operacija održavanja (definiše se naziv operacije i vreme trajanja operacije, a sistem sam generiše identifikacioni broj operacije) sa potrebnim sredstvima održavanja.

U nastavku rada se daje (sa slikovitim objašnjenjem) kako se pomoću aplikacije vrše funkcije planiranja i upravljanja održavanja tehničkih sistema, u ovom slučaju mašina za proizvodnju kablova.

Na slici 1 je dat ekranski interfejs na kome se nalaze svi potrebni podaci koji su potrebni da bi se nadgledalo stanje mašine. Deo podataka koji se odnose na naziv i karakteristike mašine se nalaze u gornjem levom delu ekrana, dok se ostalim podacima pristupa preko TAB – a koji se nalazi u gornjem desnom uglu i koji je podeljen na delove u kojima se upisuje kada i gde je instalisana mašina, eventualno ako je negde premeštena i kada, gabaritne mere, potrošnja električne energije, SHP sredstva i koliki je kapacitet rezervoara za ulje i rashladnog sredstva. Poslednji podaci su bitni jer je za službu održavanja potrebno da zna kapacitete pomenutih rezervoara kako bi planirali potrebne količine za zamenu potrošnih materila.



Slika 1. Karton mašine

Donji deo ekranskog prikaza je takođe organizovan preko TAB – a na šest celina, a to su:

- Standardne komponente,
- Preventivno održavanje,
- Unos mesta intervencije,
- Definisane sklopa,
- Karton evidencije kvarova,
- Pregled.

U delu sa nazivom „Definisane sklopa“ se unose podaci o strukturi mašine na prvom nivou ugradnje. Ovo je ovako projektovano samo zbog specifične strukture mašina koje se koriste u industriji za proizvodnju kablova. Ako korisnik želi da unese neki sastavni sklop mašine dovoljno je da postavi kursor u polje „Naziv sklopa“ i preko tastature unese naziv željenog sklopa. Sistem će sam generisati šifru sklopa koja je ujedno i primarni ključ za dati entitet.

Sličnim postupkom se definišu mesta intervencije. Prvo je potrebno izabrati TAB sa nazivom „Unos mesta intervencije“, postaviti kursor u polje „Naziv mesta intervencije“ i ukucati naziv. Sistem sam generiše šifru mesta. Nakon unosa naziva mesta intervencije potrebno je još uneti mazivo koje se koristi za podmazivanje datog mesta i način na koji se vrši intervencija, a podatak se bira iz odgovarajućeg COMBO

BOX – a koji može imati jednu od sledećih vrednosti: ručno, mazalicom, kanticom, uljna kupka, uljna magla, uljno kupatilo, četkicom i sprejem. Vrlo bitan podatak koji se unosi za svako mesto intervencije je interval između dve uzastopne intervencije izražen u danima jer sistem taj podatak koristi kako bi generisao datume kada je potrebno vršiti intervencije nad delovima mašina. Na istom ekranskom prikazu se unosi podatak o osobi koja je vršila unos i o osobi koja je odobrila unos.

Nakon definisanja sklopa potrebno je jos detaljnije uneti od kojih se standardnih komponenti sastoji izabrani sklop. Ovi podaci predstavljaju strukturne podatke za drugi nivo ugradnje izabrane mašine.

Sifra dela	Naziv dela	Jed. mere	Dimenzije	Kom	Sifra MU	Naziv mesta ugradnje	Per. ekspl. [dan]
6058536	REMEN ZUPČASTI	kom	850H150	1	21	Kapstan	30
6058536	REMEN ZUPČASTI	kom	700H200	1	22	Spuler	15
6058536	REMEN ZUPČASTI	kom	1700h100	1	23	Kont.toc.	15
6041904	LANAC GALOV -10B-2R	m	80 - A2	0.8	24	Vucni tockovi	100
6041915	LANAC GALOV -12B-2R	m	80 - A	1.5	24	Vucni tockovi	365
6068887	LEŽAJ	kom	22222	1	30	Osov. Namatanja	365
6068887	LEŽAJ	kom	f20/f42x12	8	31	Tocak anil.	100
6068887	LEŽAJ	kom	62-17z	2	33	Motor elektromagnetne spo	50

Slika 2. Unos strukturnih podataka za drugi nivo ugradnje

Na slici 2, koja je deo sa glavnog ekranskog prikaza, a nalazi se u okviru TAB – a „Standardne komponente“. Ovde se iz odgovarajućeg COMBO BOX – a bira šifra rezervnog dela koji se ugrađuje u mašinu, a naziv dela i jedinicu mere sistem vuče iz tabele delova. Korisnik po potrebi može da unese dimenzije dela koji se ugrađuje jer postoje neki specifični rezervni delovi kod kojih nisu definisane dimezije u matičnoj tabeli. Preko tastature se unosi sa kojom količinom se ugrađuje izabrani rezervni deo. Mesto ugradnje predstavlja jedan od prethodno definisanih sklopova i ovde se bira iz idgovarajućeg COMBO BOX – a, dok se naziv mesta ugradnje automatski vuče iz datoteke gde se čuvaju podaci o prvom nuvu ugradnje. Jedan od najvažnijih podataka je period eksploatacije koji je izražen u danima, a predstavlja period nakon koga je potrebno zameniti dati deo. Pored svakog dela postoji dugme koje, kada se klikne na njega pokreće proceduru koja u tabeli gde se čuvaju strukturni podaci o mašini menja datum poslednje ugradnje u tekući datum (datum kada je kliknuo korisnik na dugme), a datum narednje ugradnje računa tako sto na datum poslednje ugradnje dodaje period eksploatacije.

Sledeći TAB se odnosi na „Preventivno održavanje“ koji je prikazan na slici 3, a omogućuje evidenciju kada su za izabranu mašinu podmazivana već definisana mesta intervencije.

Sifra M.I.	Naziv mesta intervencije	Interval intervencije	Nacin intervencije	Mazivo tip	Proizvodjac	Izvršen rad	Kolicina	Datum
30	Hidraulicka jedinica za pogo	Po potrebi	Rucno	FAMHIDO HV-3	fam	DP - dopuna	4	6/27/2008
22	Klipni lezaj na flip. Odm.	30	Kanticom	FAMHIDO HV-3	fam	I - izmena	7	6/27/2008
27	Klizne vodjice dansera	7	Kanticom	FAMHIDO HV-3	fam	DP - dopuna	1	6/27/2008
26	Lezajevi kontaktnih tockova	30	Mazalicom	FAMTEMP 2M0	fam	Podmazivanje	9	6/27/2008
23	Lezajevi rolnica za vodjenje	30	Rucno	FOR - 2EP	fam	DP - dopuna	10	6/27/2008
24	Pogonska jedinica vucnih to	365	Uljna kupka	FAMHIDO HV-1	fam	I - izmena	6	6/27/2008
29	Pogonski elektromotor	180	Mazalicom	FAMTEMP 2M0	fam	I - izmena	2	6/27/2008
25	Pogonski elektromotor I spi	90	Mazalicom	FAMTEMP 2M0	fam	DP - dopuna	4	6/27/2008
31	Pumpa na izmenjivacu topl.	30	Mazalicom	FAMTEMP 2M0	fam	DP - dopuna	4	6/27/2008
28	Pumpa uredjaja za zarenje	180	Mazalicom	FAMTEMP 2M0	fam	I - izmena	0.5	6/27/2008

Slika 3. Preventivno održavanje

Treba napomenuti da je se pri projektovanju datog informacionog sistema pošlo od toga da se jedno mesto intervencije, za slučaj podmazivanja može samo jedanput podmazati datog dana, tj nemoguće je uneti

u sistem da je jedno isto mesto intervencije podmazano dva puta u jednom danu. Postupak rada je sledeći. Iz odgovarajućeg COMBO BOX – a se bira šifra mesta intervencije, a sistem sam vuče podatke koji se odnose na naziv mesta, interval intervencije, načinu intervencije i tipu maziva koje se koristi. Od korisnika se zahteva da unese datum kada je izvršio intervenciju nad datim mestom intervencije, koliko je maziva utrošio (za slučaj podmazivanja) i od kog je proizvođača korišćeno mazivo. Takođe, potrebno je iz COMBO BOX – a izabrati šta je urađeno konkretnim postupkom, tj. bira se jedan od sledećih podataka: Izmena, Dopuna ili Podmazivanje. Pored svakog zapisa postoji dugme koje omogućuje da se klikom na njega pokrene procedura koja u datoteci kartona intervencije datum poslednje intervencije menja u tekući datum, a datum naredne intervencije računa tako što na datum poslednje intervencije dodaje interval intervencije. Sa ekranskog prikaza je moguće dobiti štampanu verziju kartona intervencije (u ovom slučaju karton podmazivanja) koji je dat na slici 4.

Preventivno održavanje - podmazivanje mašine broj: 440003

Naziv sklopa masina	MASINA	Instalirana u	Izvlačenje
Naziv masine	-ZA SREDNJE IZVLACENJE I13-1	Godina proizvodnje	
Tip masine	I13-1	Godina ugradnje	
Proizvođač	COOK		
Fabrički broj			

Mesto intervencije	Propisani zahtevi				Izvršeni rad	Kolicina	Datum
	Interval intervencije	Nacin intervencije	Mazivo tip	Proizvođač			
Hidraulička jedinica za pogon redjalice	Po potrebi	Rucno	FAMHIDO HV-32	fam	DP - dopuna	4	6/27/2008
Klipni ležaj na flip. Odm.	30	Kanticom	FAMHIDO HV-32	fam	I - izmena	7	6/27/2008
Klizne vodjice dansera	7	Kanticom	FAMHIDO HV-32	fam	DP - dopuna	1	6/27/2008
Lezajevi kontaktnih točkova	30	Mazalicom	FAMTEMP 2M05	fam	Podmazivanje	9	6/27/2008
Lezajevi rolnica za vodjenje zice	30	Rucno	FOR - 2EP	fam	DP - dopuna	10	6/27/2008
Pogonska jedinica vucnih točkova (lancanici, lanci)	365	Uljna kupka	FAMHIDO HV-100	fam	I - izmena	6	6/27/2008
Pogonski elektromotor	180	Mazalicom	FAMTEMP 2M05	fam	I - izmena	2	6/27/2008
Pogonski elektromotor 1 spojnice masine za izvlac	90	Mazalicom	FAMTEMP 2M05	fam	DP - dopuna	4	6/27/2008
Pumpa na izmenjivacu topl. Zajed. Za DH-5+8 I I	30	Mazalicom	FAMTEMP 2M05	fam	DP - dopuna	4	6/27/2008
Pumpa uredjaja za zarenje	180	Mazalicom	FAMTEMP 2M05	fam	I - izmena	0.5	6/27/2008

6/1/2009 11:10:13 PM

Strana 1 od 1

Slika 4. Preventivno održavanje – podmazivanje mašine (štampana verzija)

Preostala dva TAB – a omogućuju da se na pregledan način vidi koja je mesta potrebno podmazati na dan kada se pokrene aplikacija i karton evidencije kvarova za datu mašinu gde se vidi po kome je zahtevu za popravku izvršena intervencija na izabranoj mašini, datum kada je kvar prijavljen i kada je otklonjen. Sistem na osnovu pomenuta dva datuma računa ukupno vreme zastoja mašine. Takođe na izveštaju se vidi spisak obavljenih intervencija po datom nalogu za popravku.

Sistem omogućuje unos podataka za radne naloge koji sadrže podatke o mašini na kojoj se vrši popravka, vrsti posla, vrsti održavanja, datum početka rada i planirani datum završetka posla. Omogućen je unos podataka o radnicima koji su radili po datom radnom nalogu (nije ograničeno koliko je osoba moguće uneti). Za svaku osobu se unosi datum kada je radio i koliko je vremena utrošio datog dana. Sa istog ekranskog prikaza se prati koja su trebovanja izdata po datom radnom nalogu i ukupna cena materijala (rezervnih delova).

Na slici 5 je prikazan ekranski prikaz koji se odnosi na entitet „Zahtev za popravku“, a koji se nalazi u celini „Tekuće održavanje“ jer se zahtev za popravku piše tek nakon što je nastao određeni kvar na nekoj od mašina. Pored unosa podataka o datumu, vremenu i smeni prijave otkaza unosi se jos i opis kvara, mašina na kojoj je kvar nastao, koji je radnik bio na mašini kada je nastao kvar, ko je izdao radni nalog i ko je primio isti radni nalog. Na posebnom mestu se unose podaci o osobi koja je odgovorna za stručnost intervencije i ko je glavni izvršioc posla. Aplikacija omogućava (ako je po nekom zahtevu za popravku potrebno više od

jednog izvršioca posla) unos neograničenog broja ostalih izvršilaca posla. Nakon izvršene popravke potrebno je uneti koje su operacije izvršene nad datim tehničkim sistemom i koji su rezervni delovi ugrađeni (bira se šifra rezervnog dela iz odgovarajućeg COMBO BOX – a, a sistem vuče naziv dela i jedinicu mere iz datoteke rezervnih delova), sa kojim količinama i koliko je vremena utrošeno za datu intervenciju. Unos ugrađene količine rezervnih delova je potreban jer je moguće po nekom trebovanju uzeti određenu količinu rezervnih delova iz skladišta, a samo neki deo od njih ugraditi u mašinu. Preostali rezervni delovi koji nisu ugrađeni se vraćaju u skladište. Nakon završetka popravke potrebno je izvršiti kontrolu izvršenog rada. Lice koje je vršilo kontrolu upisuje uzrok intervencije i primedbu proizvodnje, a odgovorno lice u proizvodnji upisuje kada je mašina primljena u rad i ko je primio ispravnu mašinu.

The screenshot shows a web-based form for creating a repair request. The title is 'Zahtev za popravku - Radni nalog'. It includes several sections:

- Opis kvara:** Description of the fault, including a dropdown for 'Polimljena slavina za vodu u anđelu'.
- Datum prijave:** Date of report (5/28/2008).
- Vreme prijave:** Time of report (12-40).
- Šifra:** A dropdown menu.
- Mašina:** A dropdown menu with '440001' selected.
- Radnik na mašini:** A dropdown menu with 'Stojanović, Slavenski' selected.
- Nalog odas:** A dropdown menu with 'Mladenović, Miroslav' selected.
- Nalog prijavio:** A dropdown menu with 'Ilićević, Nemanja' selected.
- Odgovoran za situaciju intervencije:** A dropdown menu with '100003' selected.
- Sistem vuče:** A dropdown menu with '100002' selected.
- Opis intervencije:** A table with columns for 'Ugrađeni mat.', 'Naziv robe', 'Jed. mere', 'Količina', and 'Utrošeno vreme [h]'. It lists three items: 'Zamena propusnog ventila 1/2"', 'Zamena kolena 1/2"', and 'Zamena duplog niple 1/2"'. Each item has a corresponding material code and a quantity of 1.
- Uzrok intervencije:** A dropdown menu with '1. Dotrajalost komponente' selected.
- Intervencija kontrolisao:** A dropdown menu with '100006' selected.
- Primedba proizvodnje:** A dropdown menu with 'Ne tereti proizvodnju' selected.
- Masinu prelio u rad:** A dropdown menu with '100004' selected.
- Masinu predao u rad:** A dropdown menu with '100002' selected.
- Datum prijema mašine:** 5/28/2008.
- Vreme prijema mašine:** 13:00.

Slika 5. Zahtev za popravku

Pored nabrojanih, aplikacija još omogućuje i ažuriranje:

- Plana preventivnog pregleda,
- Trebovanja,
- Naloga za nabavku,
- Plana remonta opreme,
- Zahteva za konstrukciju i izradu.

Sadržaj slogova gore pomenutih tabela nije dat jer je u radu dat akcent na praćenje izvršenih intervencija na mašinama i merama preventivnog održavanja, prvenstveno podmazivanju.

Sistem podržava generisanje sledećih izveštaja:

- Učinak radnika po radnom nalogu – za izabrani radni nalog daje spisak radnika koji su radili sa datumima kada su radili i utrošenim vremenima koje kasnije sumira i daje ukupno utrošeno vreme za izabrani radni nalog,
- Učinak radnika za izabrani vremenski period – za izabranog radnika i period za koji se traži izveštaj daje spisak radnih naloga po kojima je radio izabrani radnik sa datumima kada je radio i koliko je vremena utrošio koje kasnije sabira i daje ukupno utrošeno vreme za prethodno definisani period,
- Trošak materijala po radnom nalogu – za izabrani radni nalog daje spisak trebovanja sa trebovanim materijalima i njihovim količinama i cenama koje sabira i daje ukupnu cenu svih trebovanih delova (materijala) za izabrani radni nalog,
- Prijavljeni otkazi na dan – za definisani datum daje izveštaj prijavljenih otkaza sa opisom kvara, vremenom i smenom prijave kao i koji je radnik bio na mašini kada je nastao kvar,
- Prijavljeni kvarovi za mašinu i vremenski period – za izabranu mašinu i definisani početni datum (krajnji datum je tekući dan) daje izveštaj na kome se vidi po kom zahtevu za popravku, kada, u koliko sati i u kojoj smeni je prijavljen kvar sa opisom kvara i radnikom koji je bio na mašini kada je nastao kvar,
- Tehnološki postupak preventivnog pregleda/održavanja za izabranu mašinu – za izabranu mašinu i tehnološki postupak daje kompletan izveštaj na kome se vidi koje je operacije održavanja (sa potrebnim sredstvima za održavanje) potrebno izvršiti nad izabranom mašinom u cilju rada da do kvara uopšte i ne dođe. Sistem daje pojedinačno vreme trajanja operacija, kao i ukupno vreme trajanja tehnološkog postupka.

4. ZAKLJUČAK

Prikazana aplikacija predstavlja polaznu osnovu za izradu profesionalnog informacionog sistema za planiranje i upravljanje održavanjem proizvodne opreme koji je vrlo složen podsistem u okviru proizvodnog sistema. Aplikacija je vrlo laka za korišćenje i ne zahteva poznavanje programiranja da bi se koristila, tj potrebno je malo opširnije uputstvo za upotrebu od ovoga što je opisano u radu.

Kod ove aplikacije je potrebno malo više usavršiti izveštaje, tj ideja je da sistem na osnovu cene rada sata radnika generiše izveštaj na kome će se videti ukupna cena rada po datom radnom nalogu. Potrebno je još definisati odgovarajuće težinske koeficiente jer nije ista cena rada po smenama. Naime, kod ovog softvera, pri prijavi otkaza se samo evidentira smena u kojoj je kvar otklonjen. Kako je cena rada veća u trećoj u odnosu na prvu i drugu smenu potrebno je i to uzeti u obzir pri računanju i planiranju troškova održavanja.

Ideja je da se sistem proširi i da se pod mestom intervencije svrstaju svi sklopovi ili delovi čije se stanje nadgleda. Sadašnja verzija softvera omogućuje da se prate mesta koja se podmazuju, ali pored toga potrebno je obuhvatiti neke mašinske delove kod kojih se nadgleda stanje i na osnovu rezultata merenja donosi odluka da li je deo za zamenu ili ne, a sve na osnovu definisajna kritičnih vrednosti parametara koji definišu stanje nekog mesta intervencije.

Treba još napomenuti da je sistem namenjen samo za upotrebu u industriji za proizvodnju kablova i gotovo je nemoguće (bez nadogradnje) koristiti softver za druge grane mašinske industrije.

5. LITERATURA

- [1] Mladenović, G., Projektovanje i razvoj informacionog podsistema za planiranje i upravljanje održavanjem proizvodne opreme, Diplomski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 2008.
- [2] Ivanović, R., Neki podsistemi topis sistema u windows okruženju, XXVIII JUPITER konferencija – Zdornik radova, Beograd, 2002.

INFORMATION SYSTEM TO MAINTAIN THE PRODUCTION EQUIPMENT IN THE INDUSTRY CABLE

Summary

Information systems for the process of planning and management in every company have a significant role, primarily because the right and timely information will reduce or completely abolished the uncertainty in the process of planning and management. Work contains a short description of the program for the management of maintenance of equipment, its functions and reports that it generated. Program is a graduation work developed at the Department for Production engineering at faculty of Mechanical engineering, University of Belgrade, as a solution for the needs of the department of Mechanical maintenance "Cable Factory Zajecar".



Mihajlo J. Stojčić¹

PRIMJENA EKSPONENCIJALNOG ALGORITMA PRAKTIČNOG PRAĆENJA ZA UPRAVLJANJE JEDNIM OBJEKTOM U PROCESNOJ INDUSTRIJI

Rezime:

U radu posmatramo jedan objekat iz procesne industrije, pri čemu se za njegovo upravljanje koristi eksponencijalni algoritam praktičnog praćenja. Kako je matematički model objekta kontinualan a za njegovo upravljanje se koristi digitalni računar, to ukupni sistem postaje hibridni sistem upravljanja. Izvršena je simulacija eksponencijalnog algoritama praktičnog praćenja na jednom strujno termičkom objektu iz procesne industrije.

Ključne riječi: praktično praćenje, hibridni sistem, eksponencijalni algoritam

1. UVOD

Generalno razlikujemo dva koncepta praćenja: Ljapunovski i praktični koncept praćenja. Oba koncepta praćenja uvodi Grujić kroz više radova iz osamdesetih godina prošlog vijeka, vidi reference radova [1,2,3]. Dalji razvoj praktičnog koncepta praćenja nastavljen je radovima [1,2], za kontinualne i digitalne sisteme sledstveno, te radovima [3,4,5] za hibridne sisteme.

Praćenje u smislu Ljapunova je ostvareno ako postoji Δ okolina početnog željenog izlaza y_{d0} , koja garantuje da će svaki stvarni izlaz objekta konvergirati željenom izlazu na neograničenom vremenu, čim je njegov početni izlaz y_0 iz te Δ okoline.

Kod praktičnog koncepta praćenja uzimaju se u obzir sva tehnička i konstrukciona ograničenja realnog objekta, kao i to da se ponašanje objekta posmatra na unaprijed određenom vremenu koje može biti i konačno. Ovaj koncept polazi od tri grupe unaprijed propisanih ili određenih skupova i to: 1. vremenski skupovi, skup praćenja $\mathcal{R}_\tau = [0, \tau[$, $\tau \in \mathfrak{R}^+$, skup smirenja \mathcal{R}_s i skup dostiživosti \mathcal{R}_r , pri čemu važi $\mathcal{R}_{(s)}$ \subset \mathcal{R}_τ , $(s) =_{s,r}$; 2. skupovi dozvoljenih grešaka izlaza kojeg čine skupovi početnih \mathcal{E}_I , trenutnih \mathcal{E}_A i krajnjih \mathcal{E}_F grešaka, pri čemu važi $\mathcal{E}_F \subset \mathcal{E}_I \subseteq \mathcal{E}_A$; i 3. grupe skupova, skup željenih izlaza \mathcal{S}_{yd} , skup dozvoljenih poremećaja \mathcal{S}_z i skup ostvarivih upravljanja \mathcal{S}_u . Vremenskim skupovima je određeno željeno ponašanje izlaza tokom vremena, skupom grešaka izlaza je propisan željeni kvalitet praćenja u odgovarajućim vremenskim skupovima, dok treća grupa skupova uzima u obzir tehnička i konstrukciona ograničenja realnog sistema. Zbog toga skupovi \mathcal{S}_{yd} i \mathcal{S}_u su odabrani tako da su skupovi željenih izlaza i zahtjevana upravljanja ostvarivi, a skup poremećaja \mathcal{S}_z sadrži poremećaje koji su za taj sistem dopustivi. Skupovi grešaka $\mathcal{E}_{(s)}$, $(s) =_{I,A,F}$ su povezane okoline nulte greške izlaza θ_e . Kako se praćenje realizuje u prostoru izlaza, to je skupove dozvoljenih grešaka izlaza i skup željenih izlaza na odgovarajućim vremenskim skupovima potrebno preslikati u prostor izlaza u odgovarajuće vremenske promjenljive skupove dozvoljenih izlaza: početnih \mathcal{Y}_I , kad je $t = 0$, trenutnih $\mathcal{Y}_A(t)$, $t \in \mathcal{R}_\tau$ i krajnjih $t \in \mathcal{R}_{(s)}$, $(s) =_{s,r}$, pri čemu je skupovna funkcija preslikavanja definisana kao

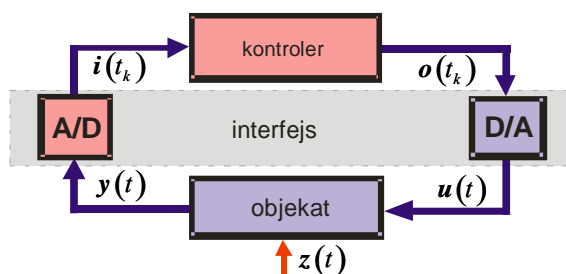
¹Univerzitet Banja Luka, Mašinski fakultet, Republika Srpska, B i H e-mail address : stojcicmihajlo@gmail.com

$$\mathcal{Y}_{(\cdot)}(t; \mathbf{y}_d(t), \mathcal{E}_{(\cdot)}) = \{ \mathbf{y} : \mathbf{y}(t) = \mathbf{y}_d(t) - \mathbf{e}(t), \mathbf{e} \in \mathcal{E}_{(\cdot), (\cdot)} =_{I,A,F} \}. \quad (1)$$

Sada je praktično praćenje (PP) ostvareno ako postoji upravljanje iz skupa ostvarivih upravljanja $\mathbf{u}(t) \in \mathcal{S}_u$, koje će stvarni izlaz objekta $\mathbf{y}(t)$ prevesti iz skupa početnih izlaza \mathcal{Y}_i u skup krajnjih izlaza $\mathcal{Y}_f(t)$ u toku unaprijed poznatog vremena τ , ali tako da stvarni izlaz ni jednog trenutka ne smije napustiti skup trenutnih izlaza $\mathcal{Y}_d(t)$. U isto vrijeme, poremećaji koji su iz skupa dozvoljenih poremećaja, djeluju na objekat.

Zavisno od kvaliteta praćenja razlikujemo tri vida PP i to: (i) *praćenje* – stvarni izlaz je u toku $t \in \mathcal{R}_\tau$ unutar skupa $\mathcal{Y}_d(t)$, (ii) *praćenje sa vremenom smirenja* – važi (i) i dodatno, tokom vremena $t \in \mathcal{R}_s$ stvarni izlaz pripada skupu $\mathcal{Y}_f(t)$ i (iii) *praćenje sa vremenom dostiživosti* - važi (i), i u toku vremena $t \in \mathcal{R}_r$ stvarni i željeni izlaz su jednaki $\mathbf{y}(t) = \mathbf{y}_d(t)$. Pored navedenih, postoji i eksponencijalni vid PP, koji je za kontinualne sisteme uveden u [1], za digitalne u [2] a za hibridne sisteme u [4].

U ovom radu posmatramo eksponencijalno praktično praćenje hibridnog sistema (HS). Kod HS postoji interakcija dvije različite dinamike, kontinualnog objekta (opisan diferencijalnim jednačinama) i digitalnog kontrolera (opisan diskretnim jednačinama). Ako se kao kontroler koristi digitalni računar, onda on spojen sa objektom i objekat čine HS upravljanja, slika 1. Interakcija između objekta i kontrolera (računara) odvija se preko interfejsa (sastavljen od A/D i D/A pretvarača), i događa se samo u diskretnim trenucima koji mogu biti sinhroni ili asinhroni. Ovdje mi pretpostavljamo da je ta interakcija sinhrona.



Slika 1. Hibridni sistem upravljanja

U računaru su pohranjeni skupovi sa podacima o željenim izlazima, dozvoljenim greškama izlaza, vremenski skupovi, skupovi dozvoljenih poremećaja, te upravljački algoritam. U svakom diskretnom, k -tom trenutku, računar "čita" podatke sa objekta o njegovim trenutnim izlazima, stanjima i poremećajima. Na osnovu pročitanih i memorisanih podataka, računar generiše novo k -to upravljanje, kojim djeluje na objekt, slika 1. Za realizaciju upravljačkog algoritma koristi se greška izlaza, pri čemu je korišten fundamentalni upravljački princip, princip negativne povratne veze po izlazu.

Prije nego što nastavimo, uvodimo neke oznake koje koristimo u nastavku ovog rada kako slijedi: $\mathbf{e}(t_k) = \mathbf{y}_d(t_k) - \mathbf{y}(t_k) = \mathbf{e}_k$ - vektor greške izlaza; $t \in \mathcal{R}_\tau$ - vrijeme; $k \in \mathcal{Z}_n$ - diskretno vrijeme, $T = t_{k+1} - t_k$ - perioda odabiranja; $\mathfrak{R}, \mathfrak{T}^+, \mathfrak{T}$ - skup realnih, prirodnih i cijelih brojeva; $n_p \in]0, \infty]$, $n_p \in \mathfrak{T}^+$ - diskretno vrijeme praćenja; $\tau = n_p T$, \mathcal{Z}_n - diskretni skup praćenja definisan kao $\mathcal{Z}_n = [0, n_p[$; $\alpha, \beta \in \mathfrak{R}^+$, $\alpha, \beta \geq 1$, $\gamma \in [\beta, \infty[$ - realni brojevi; dijagonalna matrica $\Lambda = \text{diag}\{\alpha_i\}$, $\Gamma = \text{diag}\{\frac{\gamma_i - 1}{\gamma_i}\}$, $i \in [1, r]$; $\mathbf{u}_m, \mathbf{u}_M$ - minimalna i maksimalna vrijednost ostvarivog upravljanja; $B \in \mathfrak{R}^{n \times m}$ -matrica koja opisuje djelovanje upravljanja na unutrašnju dinamiku sistema.

U algoritmima u nastavku koristimo vektorsku funkciju označenu sa $\mathbf{v} : \mathfrak{R}^r \rightarrow \mathfrak{R}^r$ koja pripada klasi „agregacionih funkcija“ \mathcal{V} detaljno opisane u [2,4] i njihovim referencama. Ove funkcije mogu, ali ne moraju, biti Ljapunovljeve funkcije. Ovdje one nisu Ljapunovljeve funkcije, nego pripadaju klasi Lurijevih funkcija $\mathcal{N}(\mathcal{L})$, $\mathcal{L} \in [L_1, \Lambda L_1]$, vidi [1,2,4]. Koristimo oznake: $v_{iM(\cdot)} = \min\{v_i(e_i) : e_i \in E_{(\cdot)}\}$, $v_{iM(\cdot)} = \max\{v_i(e_i) : e_i \in E_{(\cdot)}\}$, $(\cdot) =_{I,A}$ - minimum i maksimum od $\mathbf{v} \in \mathcal{V}$ za svaku komponentu; $\mathbf{v}_{E(\cdot)}(\mathbf{e}_0)$ - vektor minimuma ili maksimuma od \mathbf{v} u smislu $v_{iE(\cdot)}(e_{i0}) = \{(v_{iM(\cdot)}, e_{i0} < 0) \vee (0, e_{i0} = 0) \vee (v_{iM(\cdot)}, e_{i0} > 0)$.

2. POSTAVKA PROBLEMA

Posmatramo nelinearni stacionarni sistem čiji je matematički model zajedno sa aktuatorima i sensorima opisan vektorskim diferencijalnim jednačinama kao

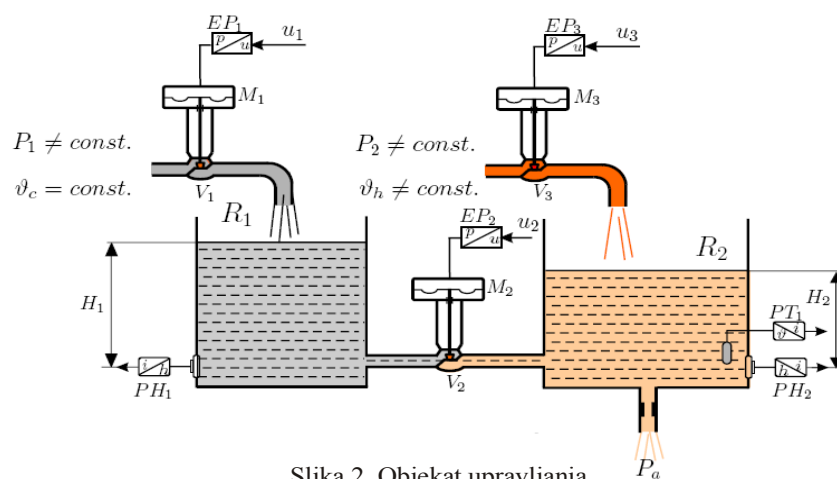
$$\begin{aligned} f(\mathbf{x}(t), \dot{\mathbf{x}}(t), \dots, \mathbf{x}^{(\alpha)}(t), \mathbf{z}(t)) &= \mathbf{B}\mathbf{b}(\mathbf{u}(t)) \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{g}(\mathbf{x}(t), \mathbf{z}(t)) \end{aligned} \quad (2)$$

gdje su $\mathbf{x} \in \mathfrak{R}^n$, $\mathbf{z} \in \mathfrak{R}^p$, $\mathbf{u} \in \mathfrak{R}^m$ i $\mathbf{y} \in \mathfrak{R}^q$ vektori stanja, poremećaja, upravljanja i izlaza sledstveno. Vektorske funkcije: $f: \mathfrak{R}^{n \times (\alpha+1)} \times \mathfrak{R}^p \rightarrow \mathfrak{R}^n$, $\mathbf{g}: \mathfrak{R}^n \times \mathfrak{R}^p \rightarrow \mathfrak{R}^q$ i $\mathbf{b}: \mathfrak{R}^m \rightarrow \mathfrak{R}^m$ opisuju unutrašnju dinamiku, izlaze i upravljanja sledstveno ($n, m, r, q, \alpha \in \mathfrak{T}^+$). Za realne sisteme važi $n \geq m \geq q$, tj. broj stanja nije manji od broja upravljanja, niti je broj upravljanja manji od broja izlaza. Da bi objekat (2) ostvario PP, u svakom trenutku $k \in \mathcal{Z}_n$, moraju biti ispunjene sledeće pretpostavke: **[P1]** Sve komponente vektora izlaza $\mathbf{y}(t_k)$ i vektora poremećaja $\mathbf{z}(t_k)$ su mjerljive. **[P2]** Svaka komponenta vektora stanja $\mathbf{x}(t_k)$ je mjerljiva ili se može izračunati kao $\mathbf{x}(t_k) = \mathbf{g}^{-1}(\mathbf{y}(t_k), \mathbf{z}(t_k))$. Sve komponente vektora $\mathbf{x}^{(i)}(t_k)$, $i = 1, \dots, \alpha$ su poznate. **[P3]** Vektorske funkcije: interne dinamike $f(\cdot)$, izlaza $\mathbf{g}(\cdot)$ i upravljanja $\mathbf{b}(\cdot)$ su poznate. Postoji jedinstvena inverzna funkcija funkcije $\mathbf{b}(\cdot)$ u odnosu na $\mathbf{u}(t_k)$. tj. $\mathbf{u}(t_k) \equiv \mathbf{b}^{-1}[\mathbf{b}(\mathbf{u}(t_k))]$.

Kriteriji i upravljački algoritmi koji obezbeđuju eksponencijalno PP sistema (1) su detaljno opisani u [4,5]. U ovom radu koristimo te rezultate, tako da bi za bolje razumjevanje ovog rada trebalo proučiti jedan od pomenutih radova.

3. EKSPONENCIJALNI ALGORITMI PRAKTIČNOG PRAĆENJA

U ovom radu upravljamo objektom iz procesne industrije, koji je prikazan na slici 2, detaljno opisan u [2,4,6]. Sastoji od dva rezervoara R_1 i R_2 kroz koje protiče voda. Hladna voda temperature $\vartheta_c = const.$, kroz ventil V_1 utiče u rezervoar R_1 i preko ventila V_2 utiče u rezervoar R_2 gdje se miješa sa toplom vodom promjenljive temperature $\vartheta_h \neq const.$, koja opet preko ventila V_3 utiče u ovaj rezervoar. Ventile: V_1, V_2 i V_3 pokreću pneumatski motori M_1, M_2 i M_3 koji su preko elektropneumatskih pretvarača: EP_1, EP_2 i EP_3 upravljani naponima u_1, u_2 i u_3 . Veličine stanja x_1, x_2 i x_3 su visine tečnosti u rezervoarima R_1 i R_2 i temperatura vode ϑ_h . Njihove nominalne vrijednosti su: $x_{1N} = H_{1N}$, $x_{2N} = H_{2N}$ i $x_{3N} = \vartheta_{hN}$. Na ovaj sistem djeluju poremećaji u obliku promjene pritiska hladne vode z_1 , pritiska tople vode z_2 i promjena temperature tople vode z_3 .



Slika 2. Objekat upravljanja

Matematički model ovog objekta je nelinearan i dat je diferencijalnim jednačinama stanja i izlaza kao

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{h}[\mathbf{x}(t), \mathbf{z}(t)] + \mathbf{B}[\mathbf{x}(t), \mathbf{z}(t)]\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{x}(t) \end{aligned} \quad (3)$$

gdje su, [6]:
$$\mathbf{h} = \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{C_{d2}A_4\sqrt{2g}}{A_2}\sqrt{x_2} \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{B} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & 0 \\ 0 & b_{22} & b_{23} \\ 0 & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}; b_{11} = \frac{C_{d1}w_1k_1}{A_1}\sqrt{\frac{2}{\rho}z_1}, b_{12} = -\frac{C_{d1}w_2k_2}{A_1}\sqrt{2g(x_1-x_2)},$$

$b_{22} = \frac{C_{d1}w_2k_2}{A_2}\sqrt{2g(x_1-x_2)}, b_{23} = \frac{C_{d1}w_3k_3}{A_2}\sqrt{z_2\frac{2}{\rho}}, b_{32} = \frac{C_{d1}w_2k_2}{A_2}\sqrt{2g(x_1-x_2)}\frac{\vartheta_{cN}-x_3}{x_2}, b_{33} = \frac{C_{d1}w_3k_3}{A_2}\sqrt{z_2\frac{2}{\rho}\frac{z_3-x_3}{x_2}}$, sa vrijednostima: $A_1 = 0.04m^2$, $A_2 = 0.06m^2$, $A_4 = 2.54 \cdot 10^{-4}m^2$ - su površine R_1 i R_2 i cijevi koja spaja R_1 i R_2 ; $P_{1N} = P_{2N} = 10^5 Pa = 1bar$ - pritisci hladne i tople vode; $\vartheta_{cN} = 20^{\circ}C, \vartheta_{hN} = 80^{\circ}C, \vartheta_N = 50^{\circ}C$ - nominalne temperature hladne, tople i pomješane vode u R_2 ; $H_{1N} = 0.8m, H_{2N} = 0.4m$ - nominalne visine vode u R_1 i R_2 ; $w_1 = w_3 = 0.721 \cdot 10^{-2}m, w_2 = 1.27 \cdot 10^{-2}m$ - gradijenti protočnih površina ventila V_1, V_3 i V_2 ; $k_1 = k_3 = 1.7 \cdot 10^{-3}m/V$, $k_2 = 2 \cdot 10^{-3}m/V$ - koeficijenti koji uzimaju u obzir pojačanja odgovarajućih EP pretvarača i servomotora; $C_{d1} = C_{d2} = 0.8$ - koeficijenti isticanja i pražnjenja; $\rho = 1000kg/m^3$ - gustina vode i $g = 9.81m/s^2$ - ubrzanje. Stavljajući $\mathbf{f}(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, \mathbf{z}) = \dot{\mathbf{x}} - \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{z})$, jednačina (3) se svodi na oblik (2), što dalje znači da eksponencijalni upravljački algoritam

$$\mathbf{b}(\mathbf{u}(t)) = F^T (FF^T)^{-1} [F(CB)^{-1} C\mathbf{f}_k(\bullet) + \Delta\mathbf{v}(\mathbf{e}_{k-1}) + \Gamma\mathbf{v}(\mathbf{e}_{k-1})], \forall [k, \mathbf{e}_o, \mathbf{y}_d(\bullet), \mathbf{z}(\bullet)] \in \mathcal{Z}_n \times E_I \times \mathcal{S}_{yd} \times \mathcal{S}_z \quad (4)$$

dat i dokazan u [4,5] za (2), vrijedi i za objekat (3). U konkretnom primjeru matrica $F = I$, I - jedinična matrica, tako da je $F^T (FF^T)^{-1} = I$ i $F(CB)^{-1} C = B^{-1}$, što znači da u našem slučaju taj algoritam postaje²

$$\mathbf{u}_k = B^{-1}(\mathbf{x}(t_k), \mathbf{z}(t_k)) [\dot{\mathbf{x}}(t_k) - \mathbf{h}(\mathbf{x}(t_k), \mathbf{z}(t_k)) + \Delta\mathbf{v}(\mathbf{e}_{k-1}) + \Gamma\mathbf{v}(\mathbf{e}_{k-1})]; \quad (5)$$

$$\forall [k, \mathbf{e}_o, \mathbf{y}_d(\bullet), \mathbf{z}(\bullet)] \in \mathcal{Z}_n \times E_I \times \mathcal{S}_{yd} \times \mathcal{S}_z.$$

Kao što smo na početku opisali, kod PP potrebno je definisati tri grupe skupova. Prva grupa skupova su vremenski skupovi. Ako je u pitanju eksponencijalno PP, onda je dovoljno definisati samo skup \mathcal{Z}_n na kojem je ostvareno praćenje. U našem slučaju usvajamo da je vrijeme praćenja $\tau = 150s$, što za periodu odabiranja od $T = 0.1s$ (usvojena na osnovu linearizovanog modela i Šenonove teoreme) daje diskretno vrijeme praćenja $n_p = 1500$ i skup $\mathcal{Z}_n = [0, n_p[= [0, 1500[$. Preko skupova grešaka izlaza definišemo željeni kvalitet praćenja. Kod eksponencijalnog praćenja dovoljno je zadati skup početnih grešaka \mathcal{E}_I i skup trenutnih grešaka \mathcal{E}_A , u kojem izlaz objekta mora ostati u toku praćenja. U našem slučaju usvajamo da su ovi skupovi $\mathcal{E}_I = \{\mathbf{e} : (-0.06 \quad -0.04 \quad -5)^T \leq \mathbf{e} \leq (0.06 \quad 0.04 \quad 5)^T\} = \mathcal{E}_A$. Pored ovih skupova, potrebno je definisati vektor početne greške $\mathbf{e}_o \in \mathcal{E}_I$ trenutku $t = 0$. U našem slučaju ovaj vektor je $\mathbf{e}_o = (-0.06 \quad 0.02 \quad 4.5)^T$. I na kraju, treću grupu skupova čine skup željenih izlaza \mathcal{S}_{yd} , dozvoljenih poremećaja \mathcal{S}_z i ostvarivih upravljanja \mathcal{S}_u . U konkretnom slučaju, na osnovu tehničkih i konstruktivnih ograničenja, ovi skupovi su:

$$\mathcal{S}_{yd} = \left\{ \mathbf{y}_d : \mathbf{y}_d(t) = \begin{pmatrix} H_{1N} - \frac{0.125}{150}t \\ H_{2N} + \frac{0.125}{150}t - \frac{0.125}{2.5}(1 - e^{-t/15}) \\ \vartheta_N + \frac{5}{150}t + \sinh^{-1}\left(\frac{t}{15} - 10\right)(1 - e^{-t/15}) \end{pmatrix} \right\}, \text{ gdje je inicijalno } \mathbf{y}_d(0) = (0.8m \quad 0.4m \quad 50^{\circ}C)^T,$$

$\mathcal{S}_z = \{\mathbf{z} : (0.9bar \quad 0.85bar \quad 78^{\circ}C)^T \leq \mathbf{z} \leq (1.1bar \quad 1.2bar \quad 87^{\circ}C)^T\}$ i $\mathcal{S}_u = \{\mathbf{u} : \mathbf{u}_m \leq \mathbf{u} \leq \mathbf{u}_M\}$, sa naponima od $u_m = -12V$ i $u_M = 12V$ za svaki elektropneumatski pretvarač. Na osnovu skupa željenih izlaza i dozvoljenih grešaka izlaza i funkcije preslikavanja (1), na odgovarajućim vremenskim skupovima, dobijamo skupove dozvoljenih izlaza, početnih \mathcal{Y}_I i trenutnih \mathcal{Y}_A kao

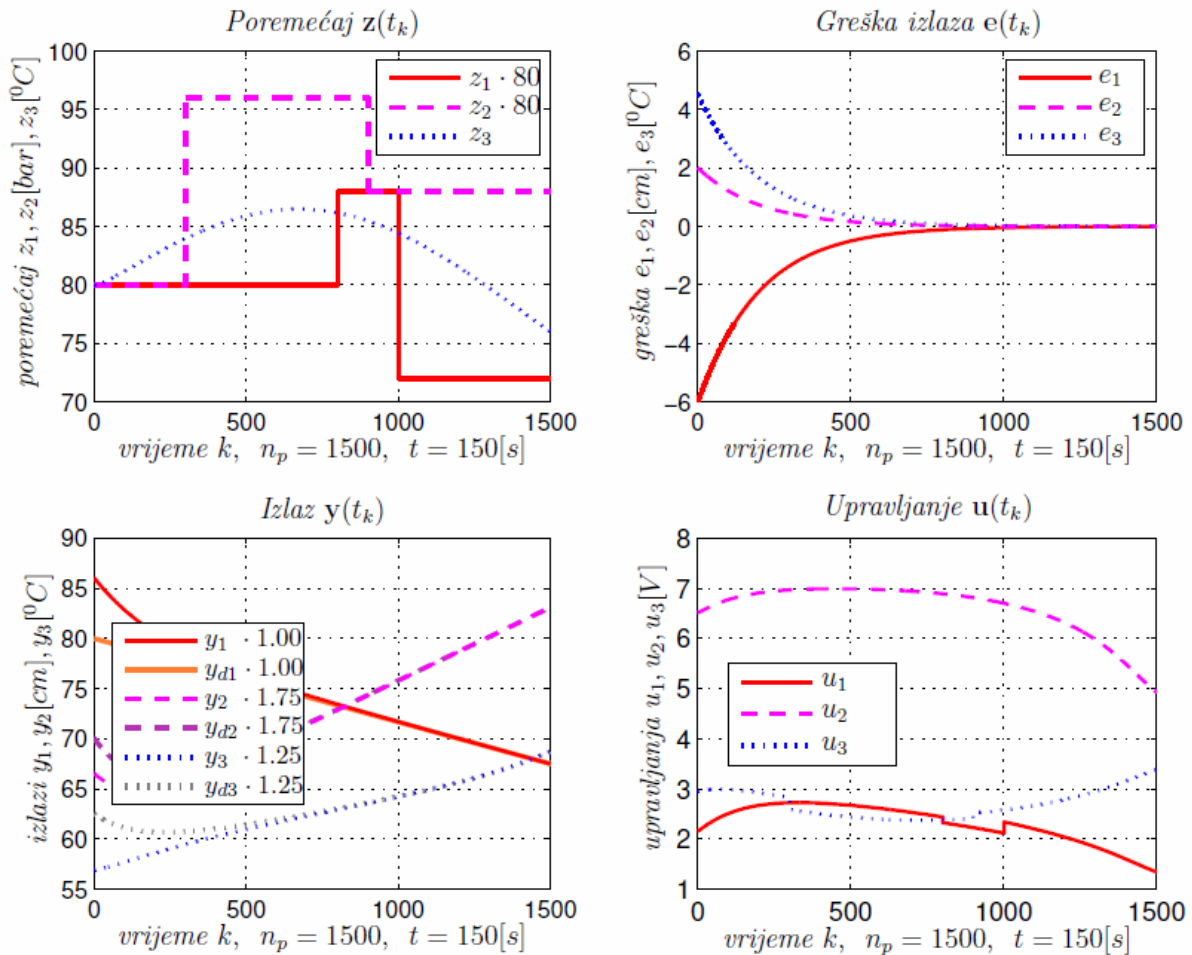
² neka je $(CB)^{-1}C = R$, što množenjem sa desna matricom B daje $I = RB \Rightarrow R = B^{-1}$

$$\mathcal{Y}_i = \left\{ \mathbf{y}_0 : (0.74 \ 0.36 \ 45)^T \leq \mathbf{y}_0 \leq (0.86 \ 0.44 \ 55)^T \right\} \text{ i}$$

$$\mathcal{Y}_A(t) = \left\{ \mathbf{y} : \begin{pmatrix} 0.74 \\ 0.36 \\ 45 \end{pmatrix} + \mathbf{w} \leq \mathbf{y} \leq \begin{pmatrix} 0.86 \\ 0.44 \\ 55 \end{pmatrix} + \mathbf{w} \right\}, \mathbf{w} = \begin{pmatrix} -\frac{0.125}{150}t \\ \frac{0.125}{150}t - \frac{0.125}{2.5}(1 - e^{-t/15}) \\ \frac{5}{150}t + \sinh^{-1}\left(\frac{t}{15} - 10\right)(1 - e^{-t/15}) \end{pmatrix}.$$

Kako su skupovi grešaka \mathcal{E}_i i \mathcal{E}_A identični, to su koeficijenti $\alpha_i = 1, i=1,2,3$, vidi [4,5], pa je matrica Λ jedinična. Koeficijentima β i γ_i određujemo brzinu konvergencije greške nultoj grešci. U našem slučaju $\beta = 1.005$ i $\gamma_1 = 1.005, \gamma_2 = 1.0251, \gamma_3 = 1.0553$ tako da je matrica $\Gamma = \text{diag}\left(\frac{\gamma_i - 1}{\gamma_i}\right)$, što daje $\Gamma = \text{diag}(0.005 \ 0.0245 \ 0.0524)$. Za svaku komponentu sistema kao agregaciona funkcija usvojena je funkcija $v_i(\bullet) = \sqrt[3]{\bullet}$.

Na osnovu datih i usvojenih podataka izvršena je simulacija algoritma (5) pomoću *MATLAB-a*. Rezultati simulacije dati su na slici 3.



Slika 3. Rezultati simulacije

4. ZAKLJUČAK

U radu posmatramo nelinearan stacionaran kontinualan objekat, koji je upravljan preko računara, i koji zajedno sa tim računarom čini hibridni sistem. Za upravljanje objektom koristimo eksponencijalni algoritam

praktičnog praćenja. Izvršena je simulacija tog algoritma, pri čemu su u obzir uzeta sva praktična i konstrukciona ograničenja realnog objekta.

Rezultati simulacije pokazuju, da upravljanje sintetizovano na bazi predloženog algoritma, primorava objekat da ostvari PP, uprkos tome što istovremeno na objekat djeluju poremećaji koji su iz skupa dozvoljenih poremećaja. Isto tako, rezultati simulacije pokazuju da su vrijednosti iz skupa ostvarivih upravljanja, kao da su i izlazi iz skupa dozvoljenih. Praćenje je ostvareno na unaprijed propisanim vremenskim skupovima, koji su od tehničkog interesa za posmatrani objekat.

Predloženi algoritmi su odlikuju velikom fleksibilnošću u pogledu realizacije željenog kvaliteta praćenja. S jedna strane, na kvalitet se može uticati izborom različitih koeficijenata γ_i a sa druge strane, izborom različitih agregacionih funkcija $v_i(\bullet)$.

LITERATURA

1. Dragan V. Lazić: “Analiza i sinteza praktično pratećeg automatskog upravljanja”, Doktorska disertacija, Beograd 1995
2. Mihajlo J. Stojčić: “Praktično praćenje digitalnih sistema automatskog upravljanja”, Doktorska disertacija, Banja Luka, Mart 2005
3. Mihajlo J. Stojčić: “Eksponecijalno praktično praćenje digitalnih sistema automatskog upravljanja”, IRMES06, Banjaluka 21-22 septembar 2006, pp 337-348
4. Mihaylo Y. Stoychitch (in Serb language: *Muxajlo J. Cmojčuh*), “On Practical Tracking of Hybrid Systems”, Nonlinear Analysis: Hybrid Systems 1 (2007), pp 280-295
5. Mihajlo J. Stojčić: “Control Algorithms of Exponential Practical Tracking of Hybrid Systems“, VI International Triennial Conference Heavy Machinery – HM’08, Kraljevo 24-29, June 2008, pp A.57 – A.60.
6. M.J. Stojčić: “Primjena praktičnog praćenja hibridnog sistema u procesnoj industriji“, 31 Kongres Hipnef 2008, Vrnjačka Banja, 15-17 Oktobar, 2008, pp 441-448

Application of exponential control algorithms of practical tracking in process industry

Abstract

In this paper we consider a plant from process industry that is controlled using exponential control algorithm of practical tracking. Since the mathematical model of the plant is continuous and since, for its control we use digital computer, so that overall system becomes the hybrid control system. We carried out simulation the algorithm of exponential practical tracking using the plant from fluid transportation industry.

Key words: practical tracking, hybrid systems, exponential control algorithms



Miroslav Pilipović¹

DISTRIBUIRANI SISTEMI UPRAVLJANJA I PROGRAMIRANJE PROGRAMABILNIH KONTROLERA

Rezime

Trenutni trend istraživanja u automatizaciji i upravljanju je prema sistemima upravljanja otvorene arhitekture, novim generacijama sistema upravljanja – kontrolerima programabilne automatizacije i distribuiranim sistemima upravljanja. Ovi trendovi menjaju softversko okruženje, upravljački softver i sisteme programiranja za savremene sisteme upravljanja. U radu su prikazani trendovi razvoja sistema programiranja programabilnih kontrolera sa posebnim akcentom na razvoj softvera i programiranje za distribuirane sisteme upravljanja.

1. UVOD

Koncepti savremene proizvodnje kao što su fleksibilna automatizacija, kompjuterski integrisana proizvodnja, holonički proizvodni sistemi, agilni proizvodni sistemi, inteligentni proizvodni sistemi i drugi, su stepenice u pravcu razvoja fabrika u 21. veku - fleksibilne, potpuno automatizovane i po nekim vidjenjima inteligentne fabrike bez ljudi. Svi navedeni koncepti za osnovu imaju programabilnu automatizaciju i savremenu proizvodnu programabilnu opremu kao što su CNC mašine alatke, industrijski roboti i drugi automatizovani sistemi upravljani programabilnim kontrolerima ili industrijskim računarima. Dalji razvoj navedenih sistema zahteva bitno poboljšanje i promene u sistemima upravljanja i kraj 20. veka i početak 21. veka karakterističan je za intezivna istraživanja i razvoj ovoj oblasti. Između ostalog ova istraživanja idu u pravcu upravljačkih sistemi otvorene arhitekture, modularnih sistema za distribuirano upravljanje i nove generacije sistema upravljanja za programabilnu automatizaciju - kontrolera programabilne automatizacije. Nove generacije sistema upravljanja bitno menjaju fizionomiju i preformanse fabrika budućnosti i postavljaju nove zahteve i standarde kako pred proizvođače, tako i pred korisnike savremenih sistema upravljanja. Koncept distribuiranih sistema upravljanja doveo je i do promene mesta i uloge svih sistema upravljanja u savremenoj automatizaciji i između ostalog do razvoja novih softverskih okruženja i sistema programiranja programabilnih kontrolera.

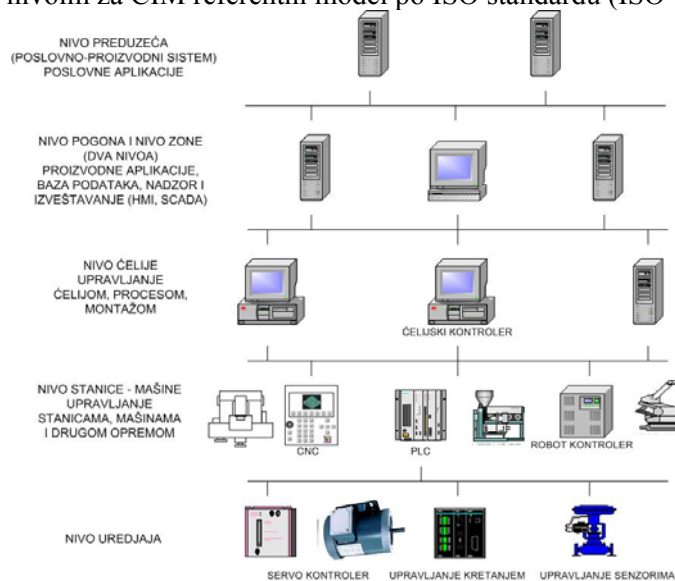
2. SISTEMI UPRAVLJANJA U SAVREMENOJ AUTOMATIZACIJI

Savremena programabilna oprema koristi specijalizovane – namenske sisteme upravljanja (CNC upravljačke jedinice, robot kontroleri, ćelijski kontroleri), industrijske sisteme upravljanja opšte namene za ostalu programabilnu opremu (programabilni kontroleri) i personalne računare za ostale funkcije u ukupnoj strukturi sistema upravljanja ili kao zamenu za neki od specijalizovanih sistema. Dalja modularizacija sistema dovela je i do posebnih sistema upravljanja na najnižem nivou posebnih funkcionalnih sistema i uređaja kao što su sistemi za upravljanje kretanjem, upravljanje servo i drugim pogonim, upravljanje senzorima i slično.

Navedena programabilna oprema i odgovarajući sistemi upravljanja su u isto vreme osnova za integraciju svih automatizovanih i kompjuterizovanih aktivnosti preduzeća u izgradnji koncepta kompjuterski integrisane proizvodnje (CIM – *Computer Integrated manufacturing*). Od 1970-ih godina dvadesetog veka, kada je postavljen koncept kompjuterski integrisane proizvodnje, definisano je više referentnih modela koji su početni korak u razvoju za CIM sistema za partikularno preduzeće. Primeri referentnih modela su CIM-OSA, CASA-SME, i Jupiter [1]. Za ilustraciju mesta i uloge različitih sistema

¹ Prof. dr Miroslav Pilipović,
Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, e-mail:mpilipovic@mas.bg.ac.yu

upravljanja u CIM konceptu na slici 1. je data struktura poslovno-proizvodnog sistema sa sistemima upravljanja na pojedinim nivoim za CIM referentni model po ISO standardu (ISO TR10314-1 [2]).

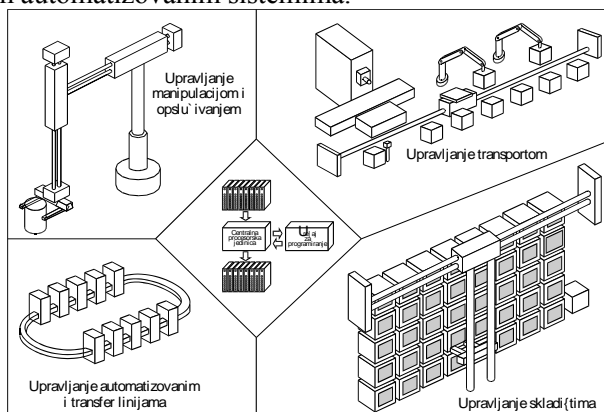


Slika 1. Struktura poslovno-proizvodnog sistema sa sistemima upravljanja po nivoima

Uvažavajući navedenu strukturu poslovno-proizvodnog sistema, karakteristike raspoloživih sistema upravljanja i komunikacionih mreža do kraja dvadesetog veka prusutna arhitektura sistema upravljanja u CIM konceptu i u automatizaciji je bila hijerarhijska i centralizovana. Savremene tehnologije programabilne automatizacije su vrlo sofisticirane i dalja integracija ovih složenih sistema zahteva prelaz sa kovencionalne arhitekture sistema upravljanja na distribuiranu arhitekturu, ne-hijerarhijsku sa široko distribuiranim uređajima, autonomnim i ko-operativnim (u potpunosti odgovara konceptu „Holoničkih proizvodnih sistema“ – *Holonic Manufacturing Systems – HMS*) [3]. U okviru Jupiter referentnog CIM modela, koji sa razvija na Mašinskom fakultetu u Beogradu, postavljen je model informacione integracije i distribuiranog sistema upravljanja baziranog na primeni programabilnih kontrolera i računara [1], koji je osnova za dalji razvoj primenom savremenih sistema upravljanja.

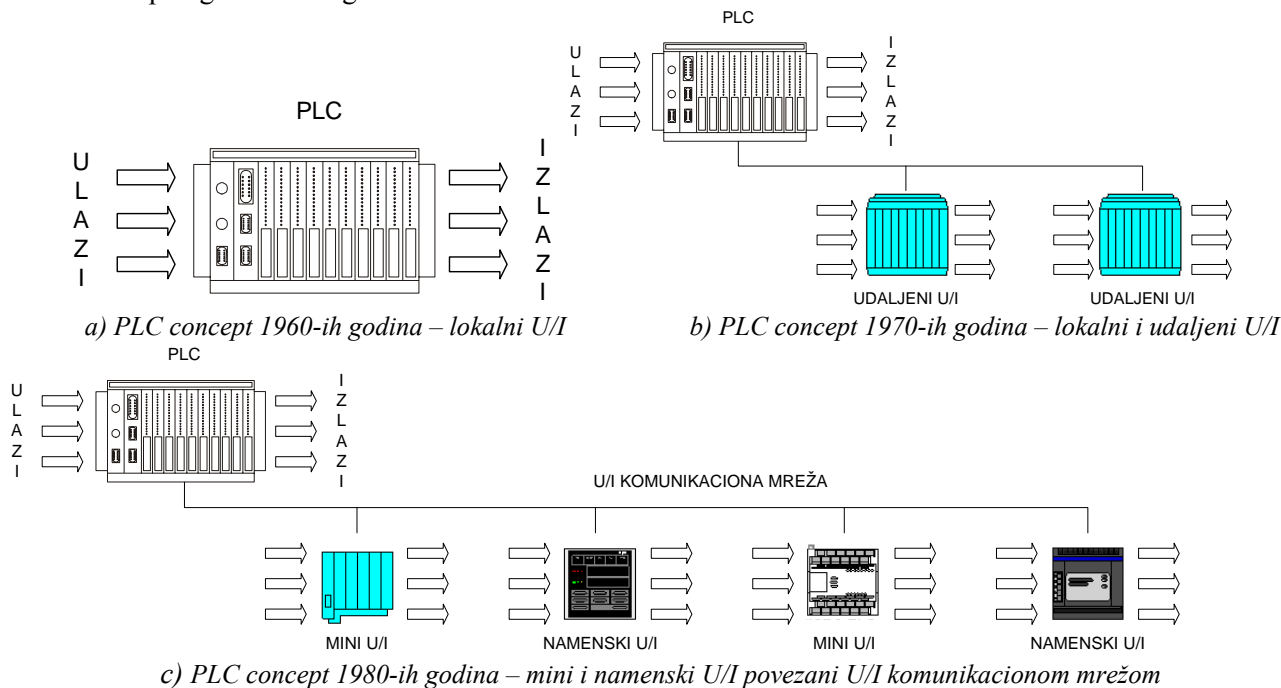
3. PROGRAMABILNI KONTROLERI I SAVREMENA AUTOMATIZACIJA

Programabilni kontroleri (PC) ili programabilni logički kontroleri (PLC) uvode se krajem šezdesetih godina kao zamena za ožičene prekidačke i relejne mraže i realizaciju tzv. logičkog upravljanja. Početne funkcije upravljanja (osnovne logičke funkcije, vremenske i brojačke funkcije) bitno su poboljšane i proširene tako da danas programabilni kontroleri raspolažu sa nizom instrukcija karakterističnih za opštu automatsku obradu podataka i komunikacije (aritmetičke instrukcije, instrukcije za kontrolu toka programa, instrukcije za transfer podataka, itd.). Ovo je dovelo do proširenja primene PLC-a kako za upravljanje prostim procesima i pojedinačnim mašinama do upravljanja vrlo kompleksnim sistemima u svim oblastima proizvodnje, od procesne do diskretne i potpuno automatizovanih fleksibilnih fabrika budućnosti. Na slici 2. dati su primeri primene PLC-a u savremenim automatizovanim sistemima.



Slika 2. Primeri primene PLC-a u savremenoj automatizaciji

Koncept i struktura programabilnih kontrolera menjao se sa godinama i prema [4] razlikujemo kompaktnu strukturu sa lokalnim ulazima/izlazima uz programabilni kontroler (tržište automatizacije 1960-ih godina), strukturu sa udaljenim U/I modulima (tržište automatizacije 1970-ih godina) i sa distribuiranim mini ili specijalizovanim U/I sistemima povezanim preko namenske U/I komunikacione mreže (tržište automatizacije 1980-ih godina) (slika 3). Od 1990-ih godina namenska U/I komunikaciona mreža zamenjuje se otvorenim komunikacionim mrežama koje omogućavaju povezivanje sa drugim sistemima upravljanja i definišu prvi korak ka savremenom konceptu distribuiranih sistema upravljanja koji će se detaljnije prikazati u narednim paragrafima ovog rada.



Slika 3. Tržište automatizacije i struktura U/I sistema programabilnih kontrolera

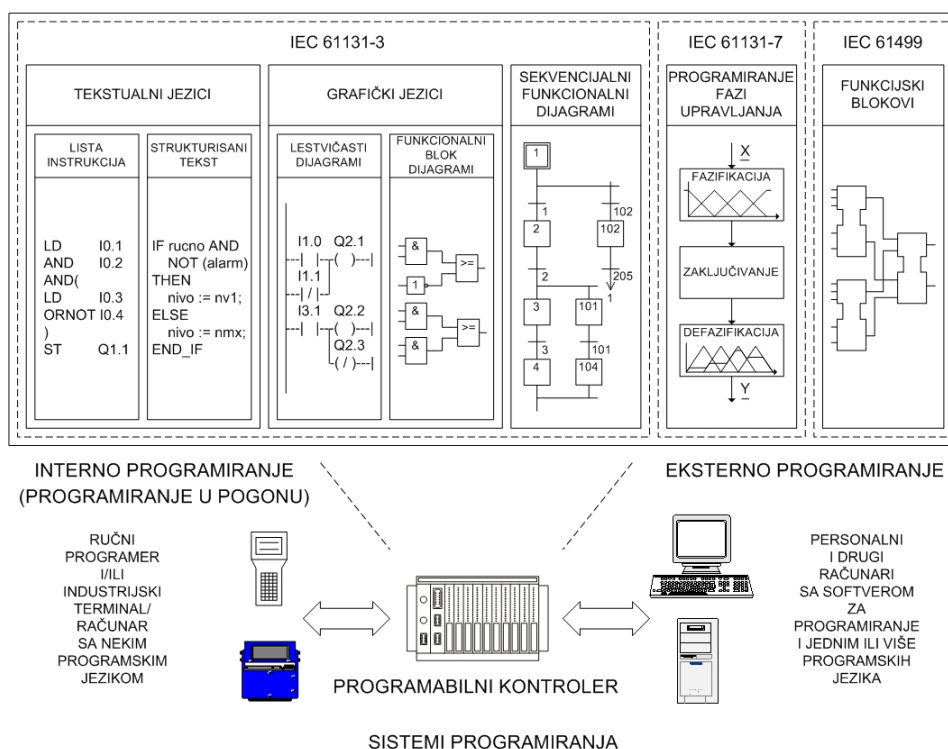
Od 2000-te godine, na bazi sve veće primene personalnih računara u oblasti sistema upravljanja imamo i novi proizvod na tržištu – kontroler programabilne automatizacije. Termin "Kontroleri programabilne automatizacije" (*Programmable Automation Controllers - PAC*) uveden je 2001. godine od strane *ARC Advisory Group* (*Craig Resnick*, direktor istraživanja) za novu klasu sistema upravljanja u razvoju namenjenju upravljanju programabilnom opremom u automatizaciji [5]. Skraćenica "PAC" iskorišćena je da opiše novu generaciju industrijskih sistema upravljanja koji kombinuju funkcionalne mogućnosti programabilnih logičkih kontrolera (*Programmable Logic Controller - PLC*) i personalnih računara (*Personal Computer - PC*). Oblasti primene kontrolera programabilne automatizacije odgovaraju funkcionalnim i softverskim mogućnostima personalnih računara uz robustnost i pouzdanost programabilnih kontrolera. Fleksibilnost „PAC“ sistema, visoke komunikacione mogućnosti i više-funkcionalnost čine da se na toj osnovi vidi arhitektura sistema upravljanja fabrika budućnosti bazirana na platformi više-funkcionalnih kontrolera i svakako po konceptu distribuiranih sistema upravljanja. Paralelno sa novim terminom "PAC", pojavili su se i proizvođači kontrolera programabilne automatizacije. Jedan od prvih proizvođača je OPTO22 sa serijom kontrolera programabilne automatizacije *SNAP PAC*, i GE Fanuc sa *PACSystems RX7i*.

4. PROGRAMIRANJE PROGRAMABILNIH KONTROLERA

U početnoj fazi razvoja programabilnih kontrolera, sistemi za programiranje i programski jezici razvijani su od strane proizvođača programabilnih kontrolera. Karakteristike tih sistema i programskih jezika bile su različite, zavisno od koncepta proizvođača, i između ostalog mogli su se koristiti za programiranje samo određenih tipova programabilnih kontrolera. Usvajanjem standarda IEC 61131-3 - Programabilni kontroleri - programski jezici [6] definisani su standardni programski jezici za programiranje programabilnih kontrolera i njihova detaljna struktura. Standard je obezbedio uslove za prenosivost programa i između ostalog doprineo pojavi većeg broja nezavisnih proizvođača softvera za programiranje programabilnih kontrolera. Dalji razvoj sistema upravljanja a posebno distribuiranih sistema upravljanja u automatizaciji

doveo je do pojave novog standarda IEC 61499 i novog programskog jezika – modela funkcijskih blokova za distribuirano upravljanje. Na slici 4. dati su programski jezici za programiranje programabilnih kontrolera klasifikovani prema standardima IEC 61131-3 i IEC 61499.

PROGRAMSKI JEZICI ZA PROGRAMIRANJE PROGRAMABILNIH KONTROLERA



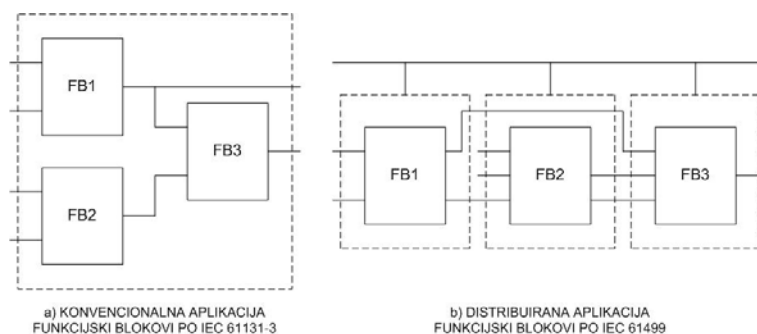
Slika 4. Sistemi programiranja i programski jezici programabilnih kontrolera

5. SISTEMI DISTRIBUIRANOG UPRAVLJANJA

Istraživanja sistema upravljanja za distribuiranu arhitekturu vrši se na različitim mestima i u više projekata a izmedju ostalog jedna od važnih aktivnosti sprovedena je od strane Medjunarodne elektrotehničke komisije (*International Electrotechnical Commission – IEC*). 1990. godine IEC Tehnički komitet 65, primio je novi radni predlog da standardizuje izvesne aspekte primene softverskih modula nazvanih „Funkcijski blokovi“ za distribuirano upravljanja i merenje industrijskih procesa. Zahtev je vezan sa razvojem standarda IEC 61158 „*Fieldbus*“ ali kako su i isto vreme „Funkcijski blokovi“ bili jedan od osnovnih delova standarda IEC 61131-3 Programabilni kontroleri – programski jezici, otvoren je novi projekat 61499 i nova radna grupa 6 u okviru tehničkog komiteta 65. Rezultat je novi standard IEC 61499 koji se sastoji iz četiri dela i koji je usvojen u periodu 2004-2005. godine [7]. Standard je namenjen razvoju modularnog softvera za distribuirane sisteme upravljanja i merenja industrijskih procesa (*Distributed Industrial Process Measurement and Control Systems – DIPMCS*).

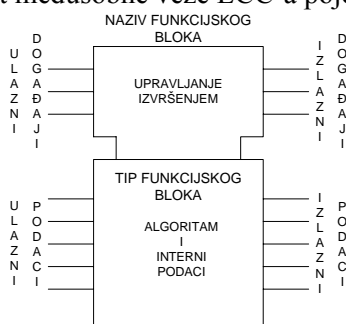
Glavni doprinos standarda je da je evoluirao konvencionalni koncept primene i programiranja programabilnih kontrolera u primenu i programiranje distribuiranih sistema upravljanja a koristeći koncept „Funkcijskih blokova“ već uveden u jezike za programiranje programabilnih kontrolera kroz standard IEC 61131-3. Ne ulazeći u sve detalje standarda, na slici 5.a. dat je klasičan koncept primene funkcijskih blokova a na slici 5.b. koncept funkcijskih blokova za distribuirane sisteme upravljanja. Klasičan koncept podrazumeva kompaktan program primenjen na jednom programabilnom kontroleru sa eventualno udaljenim ulazno/izlaznim uređajima (koncept tržišta automatizacije za 1970-te i 1980-te godine). Kontinualni trend razvoja malih jeftinih programabilnih kontrolera i inteligentnih uređaja sa lokalnim ulazom/izlazom omogućava da u konceptu distribuiranih sistema imamo distribuirane funkcionalne jedinice duž mreže komunikacionih procesora.

Model funkcijskih blokova za distribuirane sisteme upravljanja. Funkcijski blok (slika 6) je softverska funkcionalna jedinica i sastoji se iz dva dela: upravljanja izvršenjem funkcijskog bloka (kreiranje i obrada događaja sa upravljanjem ulazom i izlazom - tok upravljanja) i algoritma obrade sa ulazom/izlazom podataka (tok podataka i obrade).

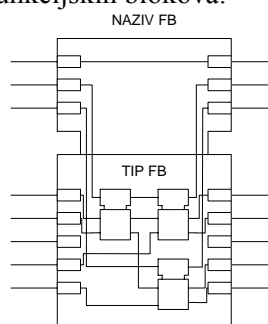


Slika 5. Funkcijski blokovi za konvencionalnu i distribuiranu aplikaciju

Upravljanje izvršenjem funkcijskog bloka (*ECC - Execution Control Chart*) je preko dijagrama stanja programiranog u vidu sekvencijalnog funkcionalnog dijagrama (*SFC - Sequential Function Charts - prema IEC 61131*). Algoritam obrade se programira u izabranom programskom jeziku za programiranje programabilnih kontrolera (*prema IEC 61131*). Više funkcijskih blokova se mogu povezati i formirati kompozitni funkcijski blok (slika 7). Kompozitni funkcijski blok ne sadrži sopstveno upravljanje izvršenjem (*ECC*) i ono je rezultat međusobne veze *ECC*-a pojedinačnih funkcijskih blokova.



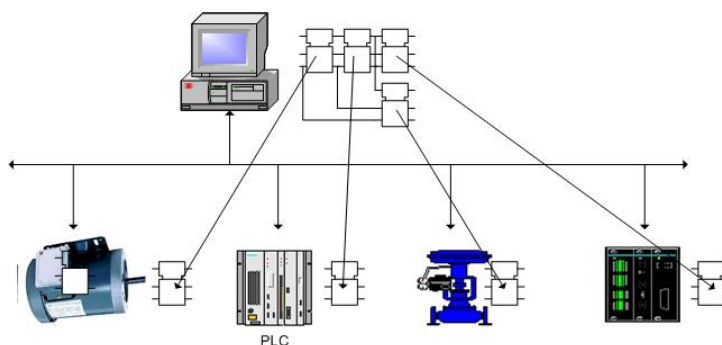
Slika 6. Model funkcijskog bloka



Slika 7. Kompozitni funkcijski blok

5.1. Model distribuiranog sistema upravljanja sa funkcijskim blokovima

Sistem upravljanja kompleksnim industrijskim procesom/mašinom uobičajeno se modelira podelom na manje funkcionalne celine i module. Ukoliko je funkcionalni modul u isto vreme i funkcijski blok, distribuiran sistem upravljanja formira se alokacijom funkcijskih blokova različitim resursima u jednom ili više nezavisnih fizičkih entiteta – uređaja (*Device*). Aplikacija – softver za dati zadatak upravljanja prikazuje se na jednom dijagramu međusobno povezanih funkcijskih blokova distribuiranih na veći broj uređaja međusobno povezanih komunikacionom mrežom. Uređaj može biti: proizvoljan kontroler koji raspolaže procesorom i memorijom i može se povezati u komunikacionu mrežu, programabilni kontroler, inteligentni aktuator ili senzor ili drugi sistem upravljanja u primeni u automatizaciji industrijskih procesa. Različiti komunikacioni protokoli se mogu primeniti u okviru komunikacione mreže distribuiranih sistema upravljanja. Na slici 8. prikazan je koncept distribuiranog sistema upravljanja sa alokacijom pojedinih funkcijskih blokova pojedinim uređajima u komunikacionoj mreži.



Slika 8. Distribuirani sistem upravljanja

5.2. Softver za distribuirane sisteme upravljanja

Ne ulazeći u sve detalje standarda i novog koncepta distribuiranog upravljanja, novi pristup funkcionalnim blokovima zahteva i novo razvojno softversko okruženje za programiranje. Jedan od široko korišćenih istraživačkih alata za razvoj aplikacija za distribuirane sisteme upravljanja je *Function Block Development Kit FBDK* [3], originalno razvijen od strane *Rockwell Automation* a sada pod menadžmentom *Holobloc Inc* [4]. Softver je razvijen sa osnovom na Java programskom paketu i slobodno se distribuira za potrebe istraživanja i edukacije. Drugi primer softverskog okruženja za razvoj aplikacija za distribuirane sisteme upravljanja je softver ISaGRAF, poznati proizvod nezavisnog proizvođača softvera za programiranje programabilnih kontrolera [8]. ISaGRAF je jedan od prvih softver proizvoda na tržištu koji je prihvatio standard IEC 61131-3 i omogućio jedinstvenu softversku platformu za programiranje programabilnih kontrolera u svim IEC 61131-3 programskim jezicima (Liste instrukcija, Funkcijski blokovi, Lestvičasti dijagrami, Strukturisani tekst i Sekvencijalni funkcionalni dijagrami). Od verzije 5.0 ISaGRAF softver podržava razvoj programa po standardima IEC 61131-3 i IEC 61499. Ovim je omogućen razvoj programa tradicionalnim sistemima programiranja a dizajniranje distribuirane aplikacije po IEC 61499.

7. ZAKLJUČAK

Polazeći od mesta i uloge programabilnih kontrolera u savremenim konceptima proizvodnje u radu je istaknut značaj prelaska sa konvencionalne hijerarhijske arhitekture na arhitekturu distribuiranih sistema upravljanja. Sistematizovani su sistemi programiranja u primeni kod programabilnih kontrolera i date osnovne karakteristike i model distribuiranog sistema upravljanja baziranog na konceptu funkcijskih blokova. Ukazano je na nova softverska okruženja koja integrišu konvencionalne sisteme programiranja programabilnih kontrolera sa modelom funkcijskih blokova a za razvoj softvera za distribuirane sisteme upravljanja.

Napomena: Rezultati prikazani u ovom radu deo su istraživanja na projektu „Primena inteligentnih senzorskih sistema u razvoju integrisane automatizacije realnih i virtuelnih procesa proizvodnog preduzeća“, Projekat TP-14035, koji finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Stojadinović, A., Stefanović, N., Spasić, Ž., Pilipović, M., *Informaciona integracija distribuiranih sistema upravljanja*, XII skup "INFO-TEH '97", str. 405-410, Vrnjačka Banja 1997.
- [2] ISO, "ISO/TR10314-1 – Industrial Automation: Shop Floor Production: Part1: Reference Model for Standardiz. and Methodology for Identification of Requirements", ISO, Geneve 1990.
- [3] Chouinard, J., Brennan, R., *Software for Next Generation Automation and Control*, 4th International Conference on Industrial Automatic - INDIN, 2006.
- [4] Christensen, J., *IEC 61499 Standard Concepts and R&D Resources*, Presentation, Rockwell Automation Advanced Technology, www.holobloc.com 2008.
- [5] Bell, I., *The future of Control*, IEE Manufacturing Engineer, August/September 2005.
- [6] *IEC 61131-3 Programmable Controllers - Part 3: Programming Languages*, - IEC, Geneva 2003.
- [7] *IEC 61499: Function Blocks - Part 1: Architecture; Part 2: Software Tools Requirements; Part 3: Tutorial Information, Part 4: Rules for Compliance Profiles*, IEC, Geneva 2004-2005.
- [8] ICS Triplex, *ISaGRAF 5.12, Demo Software*, ICS Triplex Isagraf Inc. 2008.

Miroslav Pilipović

DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM AND PROGRAMMABLE CONTROLLERS PROGRAMMING

Resumé

The current trend in automation and control research has been toward open architecture control system, new generation of control systems – programmable automation controllers and distributed control systems. These trends are changing software environment, control software and programming systems for advanced control systems. The paper describes trends in development of the programmable controllers programming systems with special emphasis on the software development and programming for distributed control systems.

35. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

35th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



15. simpozijum

MENADŽMENT KVALITETOM

Beograd, jun 2009.

MENADŽMENT KVALITETOM QUALITY

Bulatović, M. ODLUČIVANJE U FUNKCIJI USPJEŠNOSTI MENADŽMENTA	5.1
Stoiljković, V., Stoiljković, P., Stoiljkovic,B. PROCES MENADŽMENTA ODNOSIMA SA KUPCEM.....	5.7
Majstorović, V., MANUFUTURE AND SERBIAN INDUSTRY	5.13

← NAZAD

Miodrag Bulatović¹

ODLUČIVANJE U FUNKCIJI USPJEŠNOSTI MENADŽMENTA

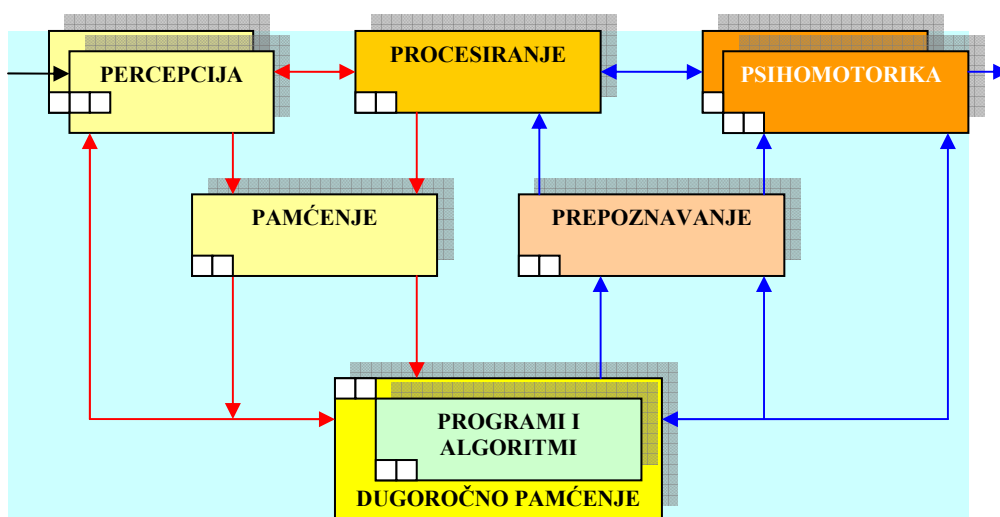
Rezime

Za pozitivan ishod aktivnosti na uspostavljanju ravnoteže između ciljeva i resursa organizacije s jedne strane i tržišnih uslova s druge stran, potrebno je donošenje ispravnih poslovnih odluka. Od mnoštva modela i vrsta odluka definisanih u Teoriji odlučivanja, posebno je značajan model odlučivanja na procesnom principu koji postoji kao princip modeliranja nezavisno od procesnog modela na kome se zasnivaju standardi ISO 9001/2000. Standardi ISO 9001/2000 su za osnovu prihvatili procesni model, upravo zbog njegove logičnosti i usmjerenosti od resursa do realizacije uz organizacijsku logistiku i neophodnu viziju mjerljivog i ostvarljivog unapređenja procesa. U ovom radu se kroz Teoriju odlučivanja i još nekoliko primjera afirmiše opravdanost primjene procesnog modela u QMS.

Ključne riječi: proces, procesni pristup, teorija odlučivanja, odluka.

1. PROCESNI MODEL INTELEKTA [2]

Procesni model intelekta, prikazan na slici 3, prikazuje glavni proces korišćenja mentalnih sposobnosti podijeljen na osnovne faktorsko-analičke elemente intelekta. Pravouganici predstavljaju široke sklopove mentalnih sposobnosti (na primjer u fazi percepcije široki vizuelni i čulni faktor), dok kvadratići unutar pravougaonika predstavljaju primarne mentalne sposobnosti (na primjer: brzina percepcije, prostorni osjećaj, verbalnu sposobnost, originalnost ideje, psihomotornu koordinaciju itd.).



SI.3 Procesni model intelekta

2. TEORIJA ODLUČIVANJA [1]

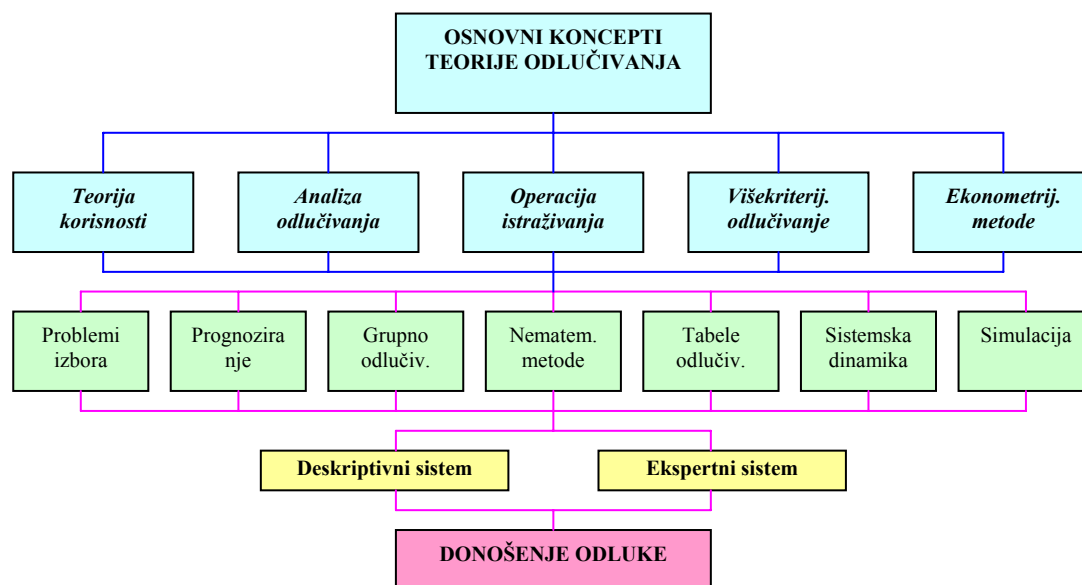
Naučno proučavanje odlučivanja kao pretpostavke određenih aktivnosti počelo je 30 – tih godina XX vijeka. Teorija (**poslovnog**) odlučivanja obuhvata opus fundamentalnih područja - ekonomiju, matematiku, statistiku, psihologiju, sociologiju, teoriju organizacije, filozofiju, ali i područja

¹ Prof. dr Miodrag Bulatović, akad. JINA, Mašinski fakultet u Podgorici, e-mail: bulatovm@yahoo.com

tehnike, tehnologije i svih egzistencijalnih i drugih umnih i materijalnih prostora. Tako je teorija odlučivanja dobila interdisciplinarni karakter.

U savremenim uslovima mogu se izdvojiti osnovni činioci teorije poslovnog odlučivanja: **organizacijska psihologija** – čovjek je sociološko i psihološko biće, što je ključni faktor koji utiče na odlučivanje, **pravo** – subjekti odlučivanja moraju poznavati određene pravne zakone da bi mogli donositi odluke, **ekonomika** – poznavanje ekonomskih zakona, zakona tržišta, finansijskog poslovanja i njihovih interakcija predstavlja neizbježan uslov pri donošenju određenih odluka i **informatika** – predstavlja neizbježnu logistiku u teoriji odlučivanja.

Složenost koncepta teorije odlučivanja prikazana je na sl.1.



Sl.1 Osnovni koncepti teorije odlučivanja

2.1 Vrste teorije odlučivanja

S obzirom na interdisciplinarni karakter teoriju odlučivanja moguće je podijeliti na: normativnu, deskriptivnu i preskriptivnu.

Normativna teorija odlučivanja zasniva se na ekonomiji, matematici i statistici, bavi se utvrđivanjem kako idealna, super – racionalna osoba treba da misli i djeluje i prepostavlja potpunu racionalnost donosioca odluke - »racionalni model odlučivanja«.

Deskriptivna teorija odlučivanja karakteristična je prije svega po tome što pokušava da opiše ono što se događa u realnoj situaciji odlučivanja bez stvaranja vrijednosnih sudova o kvalitetu odluke. Zatim bitna karakteristika deskriptivne teorije odlučivanja je korišćenje eksperimenata. U suštini ne postoji jedinstvena deskriptivna teorija odlučivanja, ona je doprinos više naučnih disciplina – psihologije, socijalne psihologije, sociologije i td.

Preskriptivna teorija odlučivanja razvijena je 50-tih godina XX vijeka, kao proširenje normativne teorije u područje rješavanja realnih problema odlučivanja. Ona premošćuje prostor između teorije u odlučivanju i stvarnog ponašanja subjekta prilikom donošenja odluke. Preskriptivna teorija odlučivanja naziva se još i »kvantitativnom teorijom odlučivanja« ili »management science«.

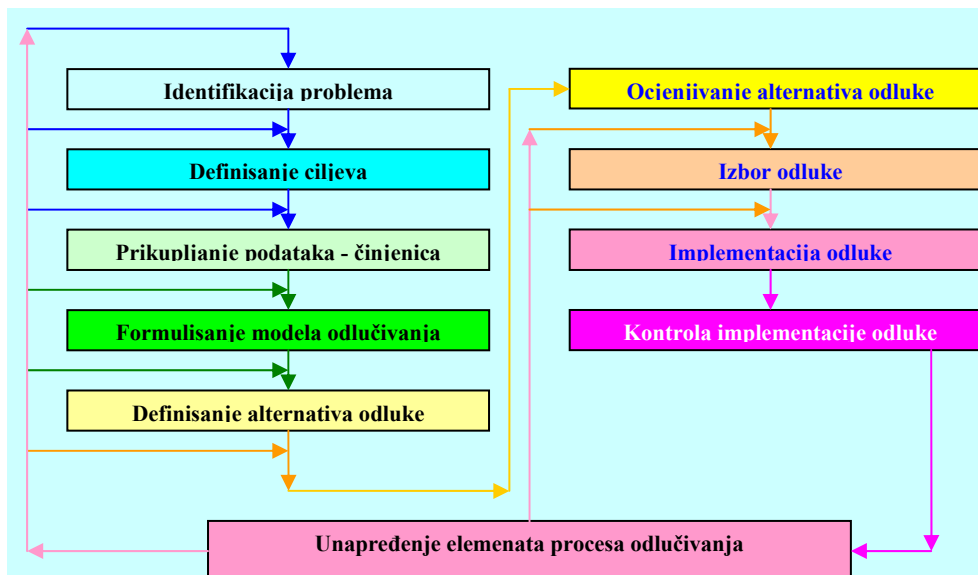
2.2 Osnovni modeli teorije poslovnog odlučivanja – procesni model

Različiti interdisciplinarni pristupi odlučivanju vode do različitih modela odlučivanja. Modeli odlučivanja koji sadrže koncepte značajne za poslovno odlučivanje su: **racionalni model** - koji se oslanja na klasične ekonomske teorije, **organizacijski model** - koji predstavlja uvođenje ideja i pretpostavki deskriptivne teorije, ukazuje na ograničenja pod čijim uticajem djeluje menadžment, obuhvata složenost i nesigurnost okoline i **procesni model odlučivanja**.

Procesni model odlučivanja predstavlja sjedinjeni doprinos racionalnog i organizacijskog modela. On predstavlja praktičan pristup odlučivanju. Osnovne karakteristike procesnog modela odlučivanja su:

- usmjerenost na dugoročne rezultate, što nije slučaj sa drugim modelima odlučivanja,
- korišćenje kvantitativnih disciplina na bazi eksperimentalnih rezultata i
- uzimanje u obzir subjektivna (kognitivna), psihološka i druga ograničenja.

Faze procesa odlučivanja prema procesnom modelu prikazane su na slici 2.



Sl.2 Procesni model odlučivanja

3. MODEL SIX THINKS HATS (Šest pametnih šešira) [4]

Six thinks hats je korisna tehnika koja se koristi da bi se odluke sagledavale iz više različitih uglova. To vas prisiljava da izađete izvan uobičajenog načina razmišljanja i dobijete obuhvatniji pogled na situaciju. Alat je kreirao Edward de Bono.

Mnogi uspješni ljudi razmišljaju sa veoma racionalne, pozitivne tačke gledišta. To je dio razloga zašto su uspješni. Često, i oni mogu posustati i gledati na problem sa intuitivne, emocionalne, kreativne ili negativne tačke gledišta.

To može značiti da oni podcjenjuju mogući otpor planovima i neće uspjeti da naprave kreativne korake i načine neophodne planove nepredviđenih situacija. Slično tome pesimisti će pružati pretjerano odbrambeni stav. Emocionalni ljudi neće uspjeti da na problem gledaju smireno i racionalno.

Ako gledate na problem sa tehnikom šest pametnih šešira, onda ćete ga riješiti koristeći sve pristupe. Vaše odluke i planovi će uzeti u obzir ambicije, iskustvo, osjetljivost i dobro planiranje slučajeva.

Kako upotrijebiti alat. Možete ga upotrebljavati na sastancima ili u sopstvenim situacijama. Na sastancima ima prednost kod blokiranja nepotrebnih suprotstavljanja kada ljudi koji različito razmišljaju raspravljaju o istom problemu. Svaki pametni šešir je drugačiji stil razmišljanja.



BIJELI ŠEŠIR Sa ovim šešišrom se fokusirate na raspoložive činjenice. Pogledat ćete na informacije koje imate i vidjeti šta možete naučiti iz njih. Obratite pažnju na “pukotine” u vašem znanju i pokušajte da ih ispunite ili da napravite njihov obračun. Na ovaj način analizirate prošle trendove i pokušate izvršiti ekstrapolaciju “historijskih” činjenica. Prethodnih vlastitih ili tuđih iskustava koja se odnose na sličan slučaj.



CRVENI ŠEŠIR Oblačeći crveni šešir vi gledate na probleme koristeći intuiciju, lančanu reakciju i emocije. Takođe pokušavate da pretpostavite kako bi drugi ljudi emocionalno reagovali. Pokušavate da razumijete odgovore onih ljudi koji ne razumiju sasvim vaše razloge.



CRNI ŠEŠIR Koristeći crni šešir mišljenja sagledavate sve loše tačke odluke. Na njih gledate sa oprezom i suzdržano. Pokušavate da vidite zašto odluke ne bi mogle uspjeti. To je važno zato što ukazuje na slabe tačke u planu. Pokreće vas da ih izmijenite te da pripremite i dodatni plan, u slučaju da se počnu odvijati i negativna predviđanja.

Mišljenja crnog šešira vam pomažu da vaše planove učinite “grubljim” ili “elastičnijim”.

Takođe vam može pomoći da uočite fatalne nedostatke i rizike prije nego što krenete u smjeru akcije.

Mišljenje crnog šešira je jedna od glavnih prednosti ove tehnike.

Mnogo ljudi se toliko navikne na pozitivno razmišljanje da često ne mogu da vide moguće probleme koji će nastati tokom realizacije plana.

Ovo ih ostavlja nesposobnim i nespremim da se da se snađu kada nastanu teškoće.



ŽUTI ŠEŠIR Žuti šešir vam pomaže da mislite pozitivno. To je optimistička tačka koja vam pomaže da sagledate koristi odluke i njene vrijednosti.

Žuti šešir misli da bi vam pomogao sačuvati pravac kod eventualnih sumornih razmišljanja ili poteškoća.



ZELENI ŠEŠIR Zeleni šešir znači kreativnost. Ovdje možete razviti kreativna rješenja problema.

Ovaj način mišljenja je “slobodna vožnja” u kojoj postoje i kritike, ideje te čitav domet kreativnih alatki koje nam mogu pomoći.



PLAVI ŠEŠIR Mišljenje plavog šešira znači kontrolu procesa.

Ovaj šešir oblače ljudi koji vode sastanak. Kada upadnete u teškoće zbog toga one vam mogu preusmjeriti aktivnost u mišljenje zelenog šešira. Kada su potrebni planovi slučaja on će pitati za mišljenje crnog šešira i tako dalje.

- Šest mislećih šešira je dobra tehnika za gledanje na efekte odluke sa više različitih tački gledišta.
- Ona dozvoljava da se unesu i neophodne emocije i skepticizam nasuprot onoga što bi bile čisto racionalne odluke
- Otvara mogućnost kreativnosti kod donošenja odluka
- Pomaže uporno pesimističnim ljudima da budu pozitivni i kreativni
- Pomaže nekritičkim optimistima da sagledaju i slabe tačke odluke.
- Plan razvijen sa šest mislećih šešira će biti više ispitan , više provjeren i više elastičan nego što bi inače bio slučaj.
- Takođe može pomoći da se izbjegnu greške u javnim odnosima, da se uoče dobri razlozi, da se slijedi pravac akcije prije nego što se na nju obaveže.

Drugi oblik ove tehnike je da gledate na probleme sa tačaka gledišta različitih profesija. (npr. standardnog gosta, biznismena, čovjeka koji drži do zdravlja, čovjeka koji drži do ugleda, vaših zaposlenika, vlasnika, ili različitih klijenata - kupaca.)

4. ODLUKE U FUNKCIJI USPJEŠNOSTI MENADŽERA

ADIŽES:

- Najvažniji alat za uspeh u modernom životu jeste znati kako da razlikujemo šta treba, a šta ne treba da radimo. Trik je kako da radimo više stvari, a da pritom znamo šta da eliminišemo ili bolje čega da se ne dotičemo.
- Samodisciplina je veoma važna, ako nemate samodisciplinu šta da radite, a šta ne, šta da pričate, a šta ne itd. onda će se desiti da ne možete da upravljate situacijama već da situacije upravljaju vama. Tada ste propali....
- Osnovno je da menadžeri shvate da sami mogu da reše samo veoma mali broj problema. Što više delite probleme sa svojim saradnicima moći će te da ih rešite u većem obimu i kvalitetnije...
- Rukovođenje nije premeštanje sistema iz faze u kojoj postoje problemi u fazu u kojoj problema nema. Rukovođenje znači napredovanje u sledeći nivo, sledeću generaciju problema. Na taj način organizacija raste.
- Veliki ste onoliko koliko su veliki problemi sa kojima se suočavate.

DEMING:

- Kreirati stalnost namjera za unapređenje proizvoda i usluga.
- Usvojiti novu filozofiju.
- Prekinuti zavisnost od masovnog kontrolisanja.
- Prekinuti praksu biranja dobavljača na osnovu cijena.
- Unapređivati stalno svaki postupak (P-D-C-A)
- Uspostaviti obuku na poslu (P-D-C-A) prelazi u (S-D-C-A).
- Uspostaviti liderstvo /aktivno vođenje.
- Isključiti strah/osloboditi kreativne sposobnosti
- Srušiti barijere između odjeljenja i radnih grupa.
- Eliminirati parole iza kojih ne stoje metode za izvršenje.
- Eliminirati norme raditi mudrije a ne snažnije.
- Ukloniti barijere koje oduzimaju pravo na rad.
- Usvojiti program obrazovanja/ljudski resursi.
- Postaviti svima cilj/qm je trajni program.

JURAN:

- Graditi svijest o prilikama za poboljšanje.
- Kompletirati ciljeve za poboljšanje.
- Organizirati ispunjenje ciljeva.
- Obezbediti obuku.
- Realizovati projekte za rješavanje problema.
- Izvještavati o progresu.
- Davati priznanja.
- Saopštavati rezultate.
- Čuvati rezultate.
- Održavati zamah praveći godišnje programe poboljšanja kao dio sistema u kompaniji.

CROSBY:

- Angažiranje menadžmenta
- Timovi za unapređenje kvaliteta
- Mjerenje kvaliteta
- Troškovi kvaliteta

- Svijest o kvaliteti
- Korektivna akcija
- Planiranje nula defekata
- Obuka svih nivo menadžmenta
- Dan nedostataka nula
- Postavljanje ciljeva
- Eliminisanje uzrika grešaka
- Priznanje/publicitet
- Odbor za kvalitet početi sve iznova

UMJESTO ZAKLJUČKA

- Procesni pristup je logičan slijed transformacije ulaznih u izlazne veličine u materijalnoj i duhovnoj sferi.
- Donošenje odluka je rezultat informacija koje moraju biti tačne, pravovremene i kompletne.
- Svaki problem treba posmatrati sa više strana, na različite načine i timski, tada ima manje šansi da ostane problem.
- Složen problem ne može imati jednostavno rješenje.
- Uslovi uspješnosti izvedeni iz preporuka gurua kvaliteta:
 - kontrolisanjem se ne gradi kvalitet,
 - uključivanje top menadžmenta,
 - program je dugoročan za cijelu kompaniju,
 - obuka je obavezna
 - kvalitet je prioritetan u kompaniji.

PROCESS APPROACH IN DECISION MAKING

RESUME

Correct decisions making is necessary for positive effect on activity that set to right balance of goals and organizations resources on the one hand, and market conditions, on the other. Model of decisions making based on process approach is especially important. It exists as a modeling principle irrespective of processing model that is base for standards ISO 9001/2000. Processing model is a base for standards ISO 9001/2000, because of its consistence and tendency from resources to the realization, beside organization support and vision of measurable improved process. This paper promotes validity of processing model usage in QMS, through Theory of decisions making and several other examples.

Key words: process, processing approach, theory of making decisions, decision

LITERATURA

- [1] Sikavica; Skoko; Tipurić; Dalić: POSLOVNO ODLUČIVANJE, Informator, Zagreb, 2003.
- [2] Pogacnik V, TEORIJA INTELIGENTNOSTI, [http:// geocities. com/](http://geocities.com/), 2006.
- [3] Bulatović M., PROCESNI PRISTUP U ODLUČIVANJU, JUPITER, Zlatibor, 2006
- [4] IDEA-CO, ALATI ZA DONOŠENJE ODLUKA, Prevod sa engleskog: Jahić Alma, Zagreb, 2005.



Prof. Dr Vojislav Stoilković, Predrag Stoilković, dipl.el.ing., Bratislav Stoilkovic,bba¹

PROCES MENADŽMENTA ODNOSIMA SA KUPCEM

Rezime

Fokus na kupca je jedan od osnovnih principa u sistemu menadžmenta kvalitetom. Organizacija treba da ima proces za identifikovanje i korišćenje specifičnih zahteva kupca za sistem menadžmenta kvalitetom. Preuzimanje glasa kupca i ispunjenje svih njegovih zahteva je imperativ opstanka organizacije.

U ovom radu se izlaže softver CRM .Net koji omogućava menadžment odnosima sa kupcem u svim fazama životnog ciklusa procesa od prijema porudžbine do uklanjanja proizvoda ili usluge iz upotrebe. CRM – Customer Relation Management softver je razvio CIM College d.o.o. Softver omogućava praćenje svih relacija sa kupcem, uključujući prodaje, reklamacije, komunikaciju i još mnogo toga.

Ključne reči: kupac, fokus, softver, zadovoljstvo kupca, proces

1. UVOD

Standard ISO 9001:2008 ima zahtev 5.2 Fokus na kupca [1], [2]. Po tom zahtevu top menadžment treba da osigura da se zahtevi kupca odrede i ispune sa ciljem povećanja zadovoljstva kupca. Radi ispunjenja tog cilja organizacija treba da odredi zahteve specificirane od strane kupca, uključujući zahteve za isporuku i za aktivnosti posle isporuke (zahtev 7.2.1). Isto tako organizacija treba da odredi i zahteve koji nisu formulisani od strane kupca, ali su neophodni za specificirano ili nameravano korišćenje. Pored toga, organizacija treba da odredi zakonske i regulatorne zahteve za proizvod / uslugu, kao i dodatne zahteve od strane organizacije. Tako određeni zahtevi će pomoći da se ispuni zahtev 8.2.1 Zadovoljstvo kupca. To znači da organizacija treba da nadgleda informacije koje se odnose na percepciju kupca kao i da prati ispunjenje tih zahteva koje je preuzela. Standard zahteva da se u tu svrhu odrede metode za dobijanje i korišćenje informacija.

Customer Relationship Management (CRM) – omogućava dobijanje i korišćenje informacija koje se odnose na kupca. Ovaj program predstavlja način organizacije poslovnih procesa putem kojih jedna kompanija upravlja kontaktima i podacima o svojim kupcima, njihovim potrebama i svim relevantnim informacijama o nastupu na tržištu. Softver **CRM .Net** se koristi kao podrška ovim procesima tako što čuva i upravlja podacima o trenutnim i potencijalnim kupcima i korisnicima usluga kompanije. Informacijama i podacima u sistemu mogu da pristupe zaposleni u različitim odeljenjima kompanije, kao što su npr.: prodaja, marketing, usluge kupcima, razvojno odeljenje, odeljenje za upravljanje kvalitetom, odeljenje za ljudske resurse, ... Detaljni podaci o svim zahtevima kupca dobijenim u kontaktima sa kupcima takođe mogu biti uneti u sistem. Ovakav pristup omogućava ispunjenje zahteva standarda ISO 9001:2008 koji se odnose na fokus na kupca. Isti se ogleda kroz poboljšanje usluga i proizvoda direktno okrenutih ka kupcu i pravovremenu upotrebu postojećih podataka radi usmerenja i ciljanja pravog tržišta za plasman i prodaju.

U ovom radu se daje prikaz procesa koji upravlja odnosima sa kupcem. Ovaj proces je podržan softverom CRM .Net koji je razvio CIM College d.o.o. Program **CRM .Net** (Customer Relationship Management) obezbeđuje osnovu za dostizanje lojalnosti kupca i uspostavljanja efektivnog i efikasnog poslovanja. Ovaj softver predstavlja intuitivno softversko rešenje koje će motivisati i podstaći zaposlene u kompaniji da koriste vreme na optimalan način, da isporuče usluge i proizvode pravovremeno i visokog kvaliteta i poboljšaju rezultate u prodaji i pružanju usluga kupcu.

¹ CIM College d.o.o., 18000 Niš, Srbija, www.cimcollege.rs

2. PROCES MENADŽMENTA ODNOSIMA SA KUPCEM

Menadžment odnosima sa kupcem obuhvata mnoge aspekte tih odnosa koji su povezani. U delu procesa okrenutom prema kupcu (Front office operacije) dolazi do direktne interakcije i komunikacije sa kupcima kojom prilikom se preuzimaju zahtevi kupca, odnosno „**sluša se glas kupca**“. Ti kontakti mogu da budu kroz održavanje sastanaka, putem telefonskih razgovora, e-mail kontakta ili kroz druge kanale.

Pošto se preuzmu zahtevi kupca i utvrde specifikacije od strane kupca proces prelazi u Back office operacije, odnosno na aktivnosti koje se realizuju u organizaciji, bilo da je reč o izradi proizvoda, pripremi usluge ili novom dizajnu proizvoda ili usluge. Neke od Back office operacija direktno utiču na aktivnosti u kontaktu sa kupcem (na primer: naplata faktura, održavanje, marketinški nastupi, finansije...).

U procesima koje kompanija realizuje u cilju ispunjenja zahteva kupca često postoji potreba da se koriste proizvodi ili usluge drugih organizacija. To znači da se proces menadžmenta odnosima sa kupcem proteže i do drugih organizacija i partnera kao što su isporučiooci, distributeri, državne institucije ili nadzorni državni organi. Tu može da se uključi i spoljna mreža saradnika koji porđavaju front office i back office aktivnosti.

Da bi se utvrdilo u kojoj meri se uspešno ispunjavaju zahtevi kupca neophodno je da se kontinualno vrše analize. To znači da je jedan od važnih podprocesa u procesu menadžmenta odnosima sa kupcem upravo podproces analiza podataka. Za analizu podataka neophodno je da se koriste metode i alate kvaliteta počev od Pareto metode, koja treba da izdvoji vitalnu manjinu (kupaca, proizvoda, problema, prilika), preko Ishikawa metode koja omogućava da se nađe koren uzroka, pa zatim SPC – statistička kontrola procesa da se odredi sposobnost procesa, i na kraju napredni alati kao što su QFD – Quality Function Deployment za preuzimanje glasa kupca, MCS – Measure Customer Satisfaction, FMEA – Failure Mode and Effect Analysis itd.

Na osnovu informacija dobijenih iz analize podataka primenom metoda i alata kvaliteta pokreću se korektivne i preventivne mere i vrši se kontinualno poboljšanje proizvoda i usluga, kao i samog procesa menadžmenta odnosima sa kupcem. Tako se organizacija kreće ka izvrsnosti, a to znači da dostiže najbolje prakse i modele izvrsnosti, odnosno da sposobnost njenih procesa teži ka $C_p = 2,0$ što odovara Six Sigma nivou kvaliteta.

Postavljeni ciljevi procesa menadžmenta odnosima sa kupcem moraju uzeti u razmatranje specifičnosti svake kompanije, kao i potrebe i očekivanja kupaca. Informacije i podaci dobijeni kroz implementaciju procesa menadžmenta donosima sa kupcem predstavljaju snažnu podršku i bazu za razvoj strategije marketinga, pospešujući bazu znanja organizacije na područjima segmentacije tržišta, zadržavanja kupaca, osvajanja novih tržišta, poboljšanja načina i same ponude proizvoda (kroz bolje razumevanje potreba kupaca) i identifikaciju najznačajnijih i najprofitabilnijih kupaca.

3. SOFTVER CRM .Net

Svaka kompanija želi da njeno poslovanje proizvede dodatnu vrednost efikasno zadovoljavajući kritične zahteve kupaca. Program **CRM .Net** (Customer Relationship Management) razvijen od strane **CIM College d.o.o.** obezbeđuje osnovu za dostizanje ovog cilja i uspostavljanja uspešnog načina poslovanja. **CRM .Net** je intuitivno softversko rešenje koje omogućava i podstiče zaposlene u kompaniji da koriste vreme na optimalan način, da isporuče usluge i proizvode pravovremeno i visokog kvaliteta, kao i da poboljšaju rezultate u prodaji i pružanju usluga kupcu.

Customer Relationship Management (CRM) - predstavlja način organizacije poslovnih procesa putem kojih jedna kompanija upravlja kontaktima i podacima o svojim kupcima, njihovim potrebama i svim relevantnim informacijama o nastupu na tržištu. Softverska podrška **CRM .Net** se koristi kao podrška ovim procesima, čuvajući i upravljajući podacima o trenutnim i potencijalnim kupcima i korisnicima usluga kompanije. Informacijama i podacima u sistemu mogu da pristupe zaposleni u različitim odeljenjima kompanije, kao što su npr.: prodaja, marketing, usluge kupcima, razvojno odeljenje, odeljenje za upravljanje kvalitetom, odeljenje za ljudske resurse, Detaljni podaci o svim kontaktima sa kupcima takođe mogu biti uneti u sistem. Smisao ovakvog pristupa se ogleda u poboljšanju usluga i proizvoda koji se isporučuju kupcu kroz pravovremenu upotrebu i analizu postojećih podataka koji se dobijaju od kupca.

CRM predstavlja kombinaciju osnovnih načela kompanije, poslovnih procesa i strategije, implementirane od strane kompanije koja vodi računa o svojim kupcima i korisnicima usluga i obezbeđuje mehanizam za praćene podataka o svojim kupcima.

CRM može da analizira sve podatke radi planiranja ciljanih marketinških akcija, definisanja biznis strategija i procene uspešnosti aktivnosti na poboljšanju poslovanja i nastupa kod kupaca. **CRM .Net** u posebnom režimu rada obezbeđuje punu komunikaciju sa setom alata i metoda kvaliteta, koji obezbeđuju adekvatne

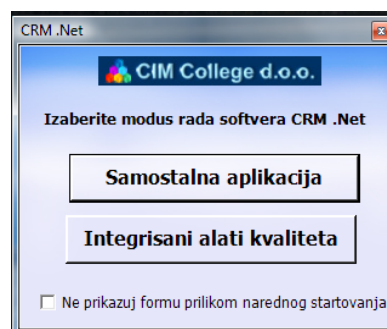
analize postojećih parametara poslovanja i donošenje odluka rad pravilnog usmerenja poslovnih aktivnosti u budućnosti.

CRM uzima u razmatranje specifičnosti svake kompanije, kao i potrebe i očekivanja kupaca. Informacije i podaci dobijeni kroz implementaciju CRM sistema predstavljaju snažnu podršku i bazu razvoja strategije poslovanja, strategije marketinga, pospešujući bazu znanja organizacije na područjima segmentacije tržišta, zadržavanja kupaca, osvajanje novih tržišta, poboljšanje načina i same ponude proizvoda (kroz bolje razumevanje potreba kupaca) i identifikaciju najznačajnijih i najprofitabilnijih kupaca.

CRM .Net nije samo tehnologija i savremeno rešenje, već svestran pristup filozofiji organizacije u pogledu orijentacije prema kupcu i zadovoljenju njegovih sadašnjih i budućih potreba. Ovakav pristup podrazumeva postojanje osnovnih načela i definisanih poslovnih procesa, adekvante obuke zaposlenih, odgovarajući marketing kao i sistem upravljana informacijama i dokumentacijom jedne kompanije, orjentisan prevashodno prema kupcu.

CRM softver može da se koristi u dva modusa rada: a) kao samostalna aplikacija i b) aplikacija sa integrisanim alatima kvaliteta [4] (slika 1).

Slika 1 Modusi rada CRM softvera



Samostalna aplikacija obezbeđuje podršku procesa menadžmenta odnosima sa kupcem, ali bez korišćenja metoda i alata kvaliteta. Kada kompanija želi ne samo da sakuplja podatke od kupca, već i da ih analizira, tada se koristi drugi modus rada koji integriše sve potrebne metode i alate kvaliteta, U ovom trenutku CIM College d.o.o. obezbeđuje 20 alata kvaliteta koji, po Pareto principu čine vitalnu manjinu i mogu da zadovolje najmanje 80% svih potreba kompanija koje imaju najbolje prakse i Lean Six Sigma nivo kvaliteta.

Izborom samostalne aplikacije CRM softvera korisniku se otvaraju mogućnosti biranja 7 različitih panela: odnosi sa kupcem; odnosi sa isporučiocem; izveštavanja; kompanije; obaveze; proizvodi i usluge i podešavanja. Izborom panela **Odnosi sa kupcem** sa glavne forme, korisniku CRM sistema su predstavljene sve neophodne opcije i funkcionalnosti prilikom upravljanja odnosima sa kupcem. Na jednom mestu odgovorni saradnici mogu idetifikovati sve potrebne podatke i informacije i realizovati sopstvena zaduženja (slika 2).

Slika 2 Panel Odnosi sa kupcem



Prilikom pokretanja panela korisnik, shodno nivou privilegija, može izvršiti pregled definisanih kampanja, prilika za prodaju, ponuda, narudžbina, sklopljenih ugovora i realizovanih prodaja proizvoda / usluga, faktura, otpremnica, kao i postojećih reklamacija na isporuku, odnosno izvršiti pripreme za ankete merenja zadovoljstva kupaca i adekvatne analize. Klikom na odgovarajuću opciju u panelu, korisnik pokreće pregled liste sa odgovarajućim podacima.

QFD – Quality Function Deployment metoda za prauzimanje glasa kupca [3] zahteva, a to je zahtev i standarda ISO 9001:2008, da kompanija prati najmanje 5 konkurenata u svojoj oblasti kako bi mogla da obezbedi iste ili bolje odgovore na identične zahteve kupaca. Preko opcije KOMPANIJE korisnici u kompaniji imaju mogućnost da prate nastupe svojih najvažnijih konkurenata, kao i da izvrše pregled podataka o svojim definisanim marketinškim nastupima u cilju promocije proizvoda / usluga. Korisnici sistema sa privilegijama menadžera mogu izvršiti kreiranje i delegiranje odgovornosti za pojedine aktivnosti u okviru realizacije odnosa sa kupcima.

Prilikom pokretanja panela korisnik, shodno nivou privilegija, može izvršiti pregled definisanih kampanja, prilika za prodaju, ponuda, narudžbina, sklopljenih ugovora i realizovanih prodaja proizvoda / usluga, faktura, otpremnica, kao i postojećih reklamacija na isporuku, odnosno izvršiti pripreme za ankete merenja zadovoljstva kupaca i adekvatne analize. Klikom na odgovarajuću opciju u panelu, korisnik pokreće pregled liste sa odgovarajućim podacima.

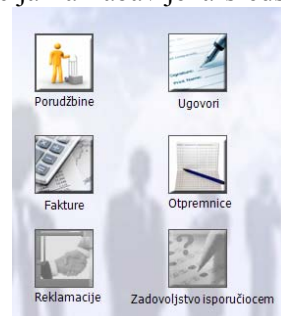
Isto važi i za ostale opcije koje nudi panel odnosi sa kupcem. To znači da sa jednog mesta mogu da se vide sve prilike za prodaju, da pregledaju sve upućene ponude za prodaju proizvoda ili usluga kupcima, da vide sve pristigle narudžbenice, sklopljeni ugovori, otpremnice za isporučene proizvode i usluge, uključujući i sama dokumenta. Opcija koja se odnosi na realizaciju prodaje obezbeđuje evidenciju podataka o realizovanim prodajama sa svim neophodnim finansijskim i ostalim paramterima. Naravno, podaci su dostupni samo odgovornim osobama sa odgovarajućim nivoom privilegija. Menadžeri za finasnsijsko poslovanje mogu da pristupe opciji fakture, preko koje mogu da pregledaju sva dokumenta i sve podatke koji se odnose na zakonske elemente u finansijskom poslovanju.

CRM .Net softver u modusu rada sa integrisanim alatima omogućuje korisnicima da pokreću jedinstvenu aplikaciju za definisanje i upravljanje reklamacijama od strane kupaca koršćenjem softvera **RMS .Net**. **RMS .Net**, u sklopu Integrisanih alata i metoda kvaliteta obezbeđuje upravljanje reklamacijama od njihovog evidentiranja do samog rešavanja uzroka reklamacije.

Pored upravljanja reklamacijama CRM .Net softver u modusu rada sa integrisanim alatima omogućuje korisnicima da mere i zadovoljstvo kupca. U modusu rada Integrisanih alata obzbeđena je jedinstvena podrška **MCS .Net**, putem koje možete izvršiti pripremu bilo koje vrste ankete i obradu rezultata na osnovu sprovedenog ispitivanja.

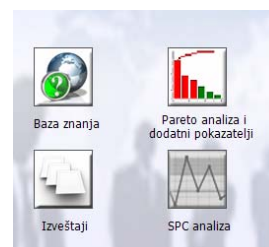
Izborom panela **Odnosi sa isporučiocem** sa glavne forme, korisniku CRM sistema su predstavljene sve neophodne opcije i funkcionalnosti prilikom upravljanja odnosima sa isporučiocem. Na jednom mestu odgovorni saradnici mogu idetifikovati sve potrebne podatke i informacije i realizovati sopstvena zaduženja (slika 3). Prilikom pokretanja panela, korisnik, shodno nivou privilegija može izvršiti pregled definisanih porudžbina, sklopljenih ugovora, fakture i otpremnica kao i postojećih reklamacija na nabavljena sredstva, odnosno izvršiti pripreme za ankete merenja zadovoljstva isporučioaca i adekvatne analize. Klikom na odgovarajuću opciju u panelu, korisnik pokreće pregled liste sa odgovarajućim podacima.

Slika 3 Opcije za odnose sa isporučiocem



Izborom panela **Izveštavanje** sa glavne forme, korisniku CRM sistema su predstavljene sve neophodne opcije i funkcionalnosti prilikom kreiranja potrebnih analiza poslovnih procesa i izveštavanja (slika 4).

Slika 4 Opcije za izveštavanje



Prilikom pokretanja panela korisnik, shodno nivou privilegija, može izvršiti pregled definisanih podataka baze znanja, adekvatnih izveštaja o svim parametrima poslovnih procesa prilikom upravljanja odnosima sa kupcima i isporučiocima. U slučaju modusa Integrisanih alata i metoda kvaliteta i postojanja instaliranih adekvatnih softverskih podrški korisnik može izvršiti analizu vitalne manjine podataka primenom Pareto metode (Pareto Analysis .Net) ili analizu stabilnosti i sposobnosti poslovnih procesa primenom SPC metode (SPC .Net). Klikom na odgovarajuću opciju u panelu, korisnik pokreće pregled liste sa odgovarajućim podacima.

Opcija **Baza znanja** obezbeđuje pregled i evidenciju svih podataka i informacija koje korisnici sistema unesu, na osnovu saznanja, nastalih rešenje ili postupanja po određenim pitanjima u odnosima sa kupcima, odnosno isporučiocima. **Pareto analiza** - u slučaju modusa rada sa integrisnim alatima kvaliteta i instalirane aplikacije **Pareto Analysis .Net** - korisnik pokreće jedinstvenu aplikaciju za izdvajanje vitalne manjine podataka po Pareto principu. Tako menadžment usmerava fokus na aktivnosti koje donose 80% potrebnih poboljšanja u poslovnim procesima kompanije. Za određivanje stabilnosti i sposobnosti procesa, u modusu rada integrisani alati kvaliteta, koristi se softver SPC .Net. Ovaj softver omogućava definisanje parametara kritičnih za kvalitet, prikupljanje podataka iz procesa, analizu podataka i određivanja stabilnosti i sposobnosti procesa korišćenjem varijaibilnih i atributivnih kontrolnih karti.

Svi relevantni podaci koji se odnose na proces menadžmenta odnosima sa kupcem, ali i sa isporučiocem, uključujući i analize dobijene korišćenjem metoda i alata kvaliteta na raspolaganju su odgovornim rukovodiocima preko odgovarajućih izveštaja. Za to služi opcija Izveštaji.

Izborom panela **Kompanije** sa glavne forme, korisniku CRM sistema su predstavljene sve neophodne opcije i funkcionalnosti prilikom evidencije i pregleda osnovnih i detaljnih podataka o kompanijama, bilo da je reč

o kupcima, isporučiocima ili partnerima (slika 5). Na jednom mestu odgovorni saradnici mogu identifikovati sve potrebne podatke i informacije o kompanijama - saradnicima i o osobama za kontakt iz odgovarajućih kompanija.

Slika 5 Opcije panela **Kompanije**



Prilikom pokretanja panela Kompanije korisniku stoji na raspolaganju veći broj opcija. Shodno nivou privilegija, korisnik može da izvrši pregled podataka o kompanijama - kupcima, isporučiocima ili partnerima, da definiše podatke nove kompanije, da pregleda listu osoba za kontakt iz kompanija sa kojima se saraduje, da definiše novo lice za kontakt iz određene kompanije, da definiše i pregleda detaljne podatke o matičnoj kompaniji i da definiše sve neophodne podatke o svim zaposlenim kompanije. Na taj način, korisnici CRM .Net softvera imaju detaljan pregled o svim kompanijama sa kojima saraduje njihova matična kompanija, imaju registrovane sve kontakte i sve informacije potrebne za održivo poslovanje i poboljšanje zadovoljstvo kupca. Istovremeno korisnici vide i sve zaposlene u svojoj kompaniji, mogu da vide sve podatke o njima i njihovim kompetencijama i da ih anagažuju ukoliko to zahteva biznis.

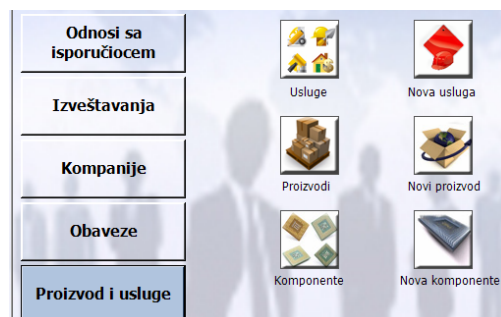
Izborom panela **Obaveze** sa glavne forme, korisniku CRM sistema su predstavljene sve neophodne opcije i funkcionalnosti prilikom evidencije i pregleda osnovnih i detaljnih podataka o planiranim sastancima u okviru kompanije ili na lokacijama klijenata, izdatim zadacima i stepenu realizacije tih zadataka, kao i zaključcima razgovora predstavnika kompanije sa kupcima i klijentima (Slika 6).

Slika 6 Opcije panela **Obaveze**



Prilikom pokretanja panela **Obaveze** korisniku stoji na raspolaganju veći broj opcija. Shodno nivou privilegija, korisnik može da izvrši pregled podataka ili zakazivanje novih sastanaka saradnika, da pregleda pozive i razgovore koji se realizuju sa klijentima, da izda zadatke saradnicima i da prati stepen njihove realizacije. Takođe CRM .Net obezbeđuje korišćenje email centra, tako da na jednom mestu korisnik može ostvariti potpun uvid u sve vidove i rezultate komunikacija sa klijentima kompanije, ili sa saradnicima unutar svoje kompanije. Na taj način ovako urađen proces praćenja obaveza i komunikacije sa partnerima oduzima odgovornim rukovodiocima minimalno vreme. Primenom ovako uređenog i podržanog procesa obaveza potvrđuje se Pareto princip, ali u pozitivnom smislu. U klasičnom procesu menadžeri troše 80% vremena na manuelni rad, a 20% na kreativni rad. U uređenom procesu menadžmenta odnosima sa kupcem koji je podržan softverom to se menja tako da sada rukovodilac troši 20% vremena na manuelni rad, a 80% na kreativni rad i stvaranje prilika za poboljšanje biznisa i zadovoljstva kupca.

Slika 7 Opcije panela **Proizvodi i usluge**



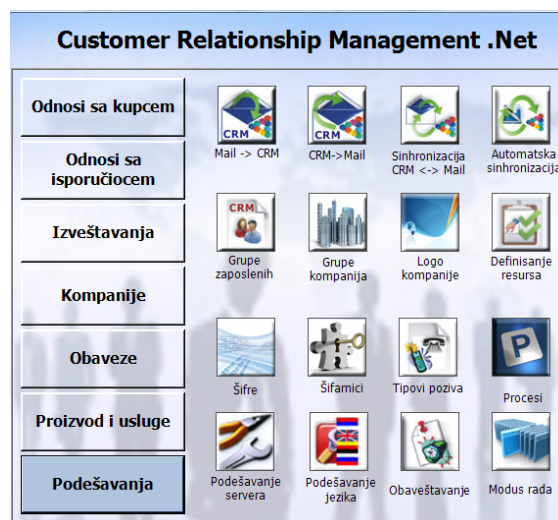
Izborom panela **Proizvodi i usluge** sa glavne forme, korisniku CRM sistema su predstavljene sve neophodne opcije i funkcionalnosti prilikom evidencije i pregleda detaljnih podataka o proizvodima / uslugama koje organizacija ostvaruje u okviru poslovnih procesa kao i o komponentama koje ulaze u sastav proizvoda kompanije (slika 7).

Prilikom pokretanja panela **Proizvodi u usluge** korisniku stoji na raspolaganju veći broj opcija. Shodno nivou privilegija, korisnik može da izvršiti pregled ili definisanje podataka novih usluga, proizvoda ili odgovarajućih komponenti. Korisnici sistema mogu izvršiti pregled liste definisanih usluga i / ili proizvoda kompanije. Nakon unosa podataka u listu može se izvršiti pretragu i pregled svih usluga i / ili proizvoda koje obezbeđuje kompanija u okviru poslovanja, uključujući i sve podatke o usluzi i / ili proizvodu. Ukoliko kompanija razvije novi proizvod ili uslugu ista se dodaje u postujuću listu proizvoda i usluga. Usluge i proizvodi prate i sve komponente koje ulaze u sastav proizvoda / usluge, uključujući i komponente isporučioaca. Na taj način, korisnik CRM .Net softvera ima na jednom mestu kompletan proizvodni program kompanije sa svim relevantnim podacima koji su neophodni za uspešan plasman na tržište. Povezivanjem

CRM .Net sa programom za magacinsko poslovanje korisnik sistema može da zna u svakom trenutku sa kojom količinom proizvoda i usluga raspolaže kompanija.

CRM .Net obezbeđuje poseban panel za podešavanja koja koristi administrator sistema ili lice za to ovalašćeno. Po ukazanoj potrebi i nadležnostima, korisnik kontaktira administratora CRM sistema. Administrator CRM sistema može da izvrši podešavanje nivoa privilegija korisničkog naloga za upotrebu odgovarajućih opcija (slika 8).

Slika 8 Opcije panela **Podešavanja**



Administratoru sistema stoji na raspolaganju veliki broj opcija za podešavanje počev od: Mail-CRM; CRM – Mail; Sinhronizacija Mail; Automatska sinhronizacija; Grupe zaposlenih; Grupe kompanija; Logo kompanije; Definisane resursa; Šifre; Šifarnici; Tipovi poziva; Prosesi; Podešavanje servera; Podešavanje jezika; Obaveštavanje i Modus rada. Da se zaključiti da se radi o složenom sistemu koji je pojednostavljen tako da je dovoljna obuka od 3 dana za administratora sistema. Posle te obuke administrator sistema je dovoljno osposobljen da samostalno vrši sva potrebna podešavanja i da tako doprinosi efektivnom i efikasnom radu korisnika CRM .Net softvera.

4. ZAKLJUČAK

Svaka kompanija ima pet interesnih grupa: kupce, isporučioce, vlasnike kapitala, zaposlene i državu. Samo kupac „**ubacuje**“ novac u kompaniju. Sve ostale interesne grupe „**uzimaju**“ novac iz kompanije. Zato je posebno važno ispuniti svaki zahtev kupca kvalitetno, na vreme i **po ceni koju je kupac spreman da plati**. To zateva svakodnevni fokus na kupca da bi kompanija obezbedila održivi razvoj.

Kompanija ne treba da ispuni samo zahteve koje je specificirao kupac. Kompanija treba da ispuni i one zahteve koje kupac nije video, ali čije ispunjenje će ga učiniti oduševljenim, odnosno steći će uverenje da isporučini proizvod ili usluga više vredi od cene koju je platio. Tako će taj kupac postati **lojalan kupac** proizvoda i usluga kompanije.

Za dostizanja održivog razvoja kompanije potrebno je, ne samo podizanjem nivoa kvaliteta proizvoda i usluga tako da kupac bude zadovoljan, već i prevazilaženjem očekivanja kupca tako da on postane oduševljen. Oduševljen kupac postaje lojalan kupac.

CRM .Net softver podržava proces menadžmenta odnosima sa kupcem na način da se dostigne visok nivo zadovoljstva kupca, ali i da se kupac postane lojalan kompaniji.

LITERATURA

- [1] ISO 9001:2008 – Quality management systems – Requirements
- [2] Vojislav Stoilković i drugi autori, Integrisani sistemi menadžmenta, CIM Colelge & Mašinski fakultet Niš, Niš, 2007.
- [3] QFD - Omachonu V, Barach P, QFD in a Managed Care Organization, Quality Progress, 2005.
- [4] Uputstvo za korišćenje softvera CRM .Net, CIM College d.o.o., 2008.

CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT PROCESS

Summary: Customer focus is one of the basic principles of quality management system. Organization has to have process for identification and usage of specific customer requirements for quality management system. Acquiring voice of the customer and fulfilment of all requirements is imperative for organization's survival.

This paper present CRM .Net software that enables management of all interactions with clients in all phases of process life cycle. CRM – Customer Relation Management software developed by CIM College d.o.o. enables tracking, analysing and improving all relations with customers and includes communication, contracting, sales analyses, reclamations, collection of payment, forecasting, ...

Key words: Customer relationship management, focus, software, customer satisfaction, process



Prof. Dr. Vidosav D. MAJSTOROVIĆ

MANUFUTURE AND SERBIAN INDUSTRY

Abstract: *The Manufuture Technology Platform was launched in December 2004 in Enschede (NL), with the aim of enabling Europe to begin providing answers to the challenges facing its manufacturing industries. At that time, Manufuture – a Vision for 2020 was published, recommending the development of a strategic research agenda that would propose framework conditions for the transformation of the European manufacturing sector. In this paper we show Manufuture vision towards a SRA from Serbian point of view. It is the roadmap for European industrial transformation, with prioritised technology and research areas, requirements and implementation plans for initiatives/activities. It also considers possibility to initiate Manufuture Cluster in Serbia since 2008, based on experience of such initiatives at European level, EU Members States levels – national and regional levels, taking in account specific conditions, requirements, limitations and needs of manufacturing industry in Serbia.*

Key words : *Manufuture, Strategic Research Agenda, European Technology Platform, National level, Serbian cluster.*

Note: Author is national representative in EC Manufuture program and also he is member MHLG, Brussels.

1. INTRODUCTION

In *Manufuture* document science, technology and innovation plan that follows is designed to foster a call for European organizations to invest in a brave new effort to create a manufacturing industry capable of generating strong economic growth for the EU in the globalize marketplace. A distinguished group of industrialists and academics from across Europe collaborated to produce this first evaluation of research priorities. This document represents a step towards a Europe-wide consultation process that would ensure the appropriateness of its proposals for all regions and all stakeholders within the Community. It well known that, in high income countries, the services sector has been growing more rapidly than industry and agriculture in the last two decades. On the contrary, in the rest of the world, the most dynamic sector has been manufacturing. In other words, the tertiarisation of the richest economies has been accompanied by a gradual shift of manufactured productions towards low and middle income countries. The share of manufacturing in GDP has been falling for all the main country groupings in the nineties (from 22 to 20% in high income countries, from 23 to 22 % in low and middle income countries), with the significant exception of East Asia and Pacific where the manufacturing share of GDP rose from 28% in 1990 to 33% in 2008. Similar trends appear in the data on employment where the share of industry fell from 33% to 27% in the EU.

Serbia is last two decade in transition process and industrial and manufacturing parameters are totally opposite from EC. This paper support references [1 - 9].

2. ECONOMIC IMPORTANCE AND THE MANUFUTURE PROCESS IMPLEMENTATION

Key to economy and sustainability. Around 280.000 European manufacturing enterprises with 20 and more employees provide 27 million people with jobs. In 2008, the last available reporting year, the value added by manufacturing amounted to more than 1 380 billion € Some 75% of this total was derived from six main areas – *automotive engineering, electrical and optical equipment, foodstuffs, chemicals, basic and fabricated metal products, and mechanical engineering.* The European Manufacturing Statistics outlined the role of manufacturing in Europe and enabled to find common grounds with the stakeholders and with sector specific European technologies platforms. Manufacturing covers the "Man-Industry Value Chain", responding to human needs by the provision of products, processes and services. In broad terms, manufacturing is "the general transformation of all resources to meet human needs" and this is why a

smooth relationship must exist between supply and demand. The trend to move manufacturing physically abroad places strains upon the communication channel between manufacturing and R&D centers.

Leading the world. Manufacturing in Europe is characterized by its societal role towards economy, employment and quality of life and by its creativity. Public authorities at regional, national and European level provide significant support to manufacturing research as the industry is currently undergoing radical changes: **(i)** the international context is evolving, primarily due to the emergence of new actors in manufacturing and to economic fluctuations; **(ii)** the need for innovation is increasing, while the complexity of problems to be solved is growing, and; **(iii)** customers' demands are increasing; in addition, individual needs have to be balanced with the necessity for products and production processes to be safe and eco-efficient. Moreover, European manufacturing is a dominant force in international trade. In 2008, the EU's share of total global manufacturing trade was 21%, while the US had 11% and Japan 8%. In some key sectors such as automobiles, mechanical engineering, agricultural engineering and certain categories of telecommunications equipment, EU companies have achieved global leadership. These show above-average competitiveness and account for 44% of total manufacturing exports, although mechanical engineering and chemicals alone account for 33%. Pursuit of the technological and organizational transformation described in the *Manufuture* vision document will be crucial in sustaining and strengthening this vital activity. The activities recommended in the following pages focus on the realization of a set of four strategic objectives: **(i) Competitiveness of sustainable European manufacturing industries**, as: (i1) to survive in a turbulent economic environment (world financial crisis) by improving economic results (slow growth); (i2) to benefit from migration of technologies; (i3) to create more and high-added-value jobs; and (i4) to install a culture of continuous innovation in products and services, concentrating on innovation efforts on cross-sectorally important technologies; **(ii) Leadership in manufacturing technologies**: (ii1) to support innovative products and platforms; (ii2) to lead manufacturing with global standards; (ii3) to reach the forefront in networking; and (ii4) to ensure competitive efficiency and labor productivity; **(iii) Eco-efficient products and manufacturing**: (iii1) to reduce adverse environmental impact; (iii2) to cut the consumption of limited resources; (iii3) use of renewable resources, and (iii4) to maximize the benefits of each product throughout its life cycle, and **(iv) European leadership in cultural, ethical and social values and also in processes and products**: (iv1) to understand the interrelationship between social and ethical values and the prosperity of an enterprise; (iv2) to ensure welfare and social standards of living, supportive of innovative and entrepreneurial business, and (iv3) to guarantee human and social standards of work. *Manufuture*, an industry-led initiative, aspires to promote investment in innovation that will ensure the future of European manufacturing in a knowledge-based economy. It represents a planning and implementation initiative that defines, prioritizes and coordinates the necessary scientific technical and economic actions to achieve the objectives set out above.

EU manufacturing industry: strengths, weaknesses and threats. In most sectors, global comparisons show that European manufacturing industry has been, and continues to be, successful in maintaining its leadership. However, this position is menaced on two fronts. On the one hand, EU industry faces continuing competition from the other developed economies, particularly in the high-technology sector. On the other, low-wage economies are increasingly threatening the more traditional manufacturing sectors. It should be noted that, while even today there are marked differences between the individual Member States, the industrial landscape of the EU will change considerably following its enlargement next spring. At that time, the community will embrace a group of countries with relatively low-wage economies, yet considerable technological experience. The implications for industrial policy have been discussed in a Commission Communication 'Industrial Policy in Enlarged Europe'⁹, which identifies a number of strengths and weaknesses of European industry: **(i) Strengths**: (i1) European industry is modern and competitive in many respects. Most sectors have made significant efforts to upgrade their production infrastructures and integrate new forms of organization; (i2) A long lasting industrial culture exists, with large European networks, linking suppliers, manufacturers, services and user companies; (i3) Europe has taken on board the sustainable development dimension. Significant investment in environmental protection, clean technologies and environment friendly production processes have led to new manufacturing and consumption paradigms. This could give a strong impetus to EU industry, offering the potential to expand and/or create new markets; **(ii) Weaknesses**: (ii1) Productivity growth in European manufacturing industry as a whole has been below US levels in recent years; Increases in ICT and new technology spending over years seems not yet to be translated into productivity gains; (ii2) The Commission's competitiveness reports of 2001 and 2002 have identified insufficient innovative activity and weak diffusion of new technologies as key determinants for low productivity growth; (ii3) EU tends to specialize in medium- to high technology and mature capital-intensive industries, while competitiveness in some of the highest value-added segments of the economy is

less encouraging; and (ii4) Structural problems in the European economy remain, e.g. fragmentation of research activities, obstacles to geographical mobility and pervasive skill gaps for many categories of worker. Although a traditional characteristic of Europe has been a good high-level education system, and the average time spent under education by the working population has increased steadily, the EU is currently under-performing the US and Japan. Spending on education as a percentage of GDP has been in steady decline, potentially leading to a weakness in the long term. Threats also exist with countries such as India, China and Brazil. Another characteristic of European enterprises is that the majority are SMEs (93% micro enterprises, 6% small, less than 1% medium and only 0.2% large). On average, a manufacturing enterprise provides employment to 16 persons. This characteristic can be related to opportunities (flexibility, innovative character) but also to weaknesses (e.g. smaller export impacts: SMEs export only 13% of turnover, whereas large enterprises gain 21% of their total turnover from abroad). Furthermore, as far as research is concerned, SMEs are more interested to short-term activities, rather than longer-term commitments. **(iii)** Finally, while the pursuit of new production paradigms might involve significant disruption, failure to break the current pattern gives rise to equally serious *threats* for European industry: (iii1) Competition with low-wage countries in labor-intensive, mass-consumption products will be more and more difficult for EU manufacturers; and (iii2) European companies could increasingly resort to delocalization if the region's environment for business and innovation is not sufficiently favorable.

3. LONG-TERM GOALS FOR EU MANUFACTURING INDUSTRY

Manufacturing and geopolitics. Two elements – wealth creation and employment – place manufacturing more and more at the core of geopolitics. As already stated, manufacturing activities are an essential part of nearly every regional economy. Nevertheless, manufacturing (and the related employment) is under pressure in the EU due to many factors, ranging from the need for continuous innovation to continuous productivity gains, from the current macroeconomic conditions to the globalization of markets or from the relocation of enterprises to the emergence of new competitors. It is a fact that the future of manufacturing in Europe could differ greatly, depending on whether economic factors alone are considered, or if more emphasis is given to societal parameters. A strong transformation of industry and of the industrial environment is necessary to cope with the various challenges, but any action should ensure that both “knowledge” and “manufacturing capacities” remain in Europe, since these are the keys to European independence, wealth creation, quality of life and employment prospects.

The need for change – world financial crisis. If the manufacturing sector is to survive over the next two decades, it will have to undergo dramatic changes in technological, environmental, economic, and social terms. The principal drivers of these changes are: **(i)** an increasingly competitive economic climate. The context in which manufacturing companies will work in the future will depend even more on flexibility and speed as well as on localized production. Manufacturing is also likely to become increasingly service-intensive. This servation of manufacturing will have consequences for the organization of production, supply-chain management and customer relations, **(ii)** advances in science and technology, specifically in the fields of materials science, electronics, information technology and biotechnology. The development of new production processes based on research results, and the integration of hitherto separate technologies, may radically change both the scope and scale of manufacturing. Nanotechnology and new energy technologies (e.g. fuel cells) could offer prospects for a wide range of product and process innovations, **(iii)** environmental challenges and sustainability requirements. The manufacturing sector will have to comply with stricter environmental regulation in the future. Markets, too, may demand more environment-friendly materials and products. To realize efficiency gains, manufacturers should adopt energy- and resource-saving technology. It should be also noted that ‘new technologies’ offering remedies to current environmental problems, could also create new ones, **(iv)** socio-demographic aspects. Manufacturing in 2015-2025 will be called upon to provide solutions meeting new societal needs and the demands of an ageing society. Concerning the labor supply, the manufacturing and research sectors will be confronted with the retirement of the current large age groups. Radical innovation might require completely new sets of skills, the availability of which, both in manufacturing and in research, could become a critical factor, **(v)** the regulatory environment, standards, and IPR. Stricter environmental and safety regulation may facilitate change in manufacturing industry. The intellectual property rights (IPR) system might have to respond to changes in an innovation process that is increasingly based on knowledge sharing and networking. The adoption of new technologies in manufacturing will also depend on the availability of industrial standards and testing procedures to ensure reliable and interchangeable devices, and **(vi)** values and public acceptance of new technology. Recent

debates on genetically modified food and stem cell research highlight the need to take ethical concerns into account when science and new technology is being adopted and exploited.

From resource-based to knowledge-based manufacturing. A critical step in preparing for the future is the laying of an underlying sociotechnological foundation, through integrated actions between research, education and innovation, carried out by industry, academia, and public institutions. Decision-makers must be guided by a clear vision of manufacturing in the next decades and an understanding of the fundamental challenges that must be met to realize this vision. The following statements reflect visions in manufacturing, which the conference may confirm, extend or adapt. Manufacturing is the key element of the value chain. However, it should be considered from a holistic perspective. The future of manufacturing is indeed linked with the realization of benefits for the final customers and society in general; companies should view their respective individual evolution in this context. For example, if industry is able to deliver a customized product in few days, it is clear that the major part of the value chain will be in Europe, with obvious consequences for employment. Future manufacturing will be confronted with a society-driven, high-value-added environment. Mass customization will remain an important paradigm, which brings the benefits of customized manufacture – individually tailored products that better satisfy the needs of the customer – to mass production. The extended manufacturing enterprise must therefore comprise all functions that together generate and service customers’ and society’s needs in connection with the manufactured product. Logistics, finance, maintenance, end-of-life treatment, data management and R&D are all parts of the value chain.

The Manufuture paradigm. A new mode of knowledge generation is emerging in the form of a knowledge-supply network. Hence the key opportunity for future manufacturing may be seen as the efficient integration – within appropriate domains – of knowledge demand and supply networks to attain strategic competitiveness and sustainability. The great challenge facing us is to foresee how this global ‘fabric’ may develop, implementing the Research-Industrial Innovation Value Chain and combining national interests with global advantages. The above concepts can be distilled to a paradigm we shall call *Manufuture*, based on: (i) The value chain linking “human and societal needs” to both the industrial and education systems; (ii) The value chain linking research and industrial innovation, that helps and drives the evolution of the Man-Industry Value Chain; and (iii) The networks of enterprises and universities, research institutes and centers, continuously ‘manning’, integrating and managing the above globalizing value chains, within a changing natural, economical, social and technological context. European leadership will rely on the *Manufuture* paradigm considering that the generation of knowledge (K Generation) involved will depend on RTD activities as well as best use of the special European cultural heritage and environment (such as for design).

Creating the right environment for innovation and employment. What drives innovation in products and processes? The innovative spirit promoted by company culture, giving everyone possibilities for self-fulfillment is the strongest driver for creating a learning innovative organization. Customer requirements are according to several recent surveys driving up to 80% of the cases leading to major innovations. The areas of innovation are concentrated to products and teamwork between customer and supplier. Investment in research allowing companies to fulfill their innovation potential including changing the image of manufacturing to one of high-tech, clean, safe and service-oriented, maintaining sufficient employment in the manufacturing sector, creating an environment that improves skills and stimulates creativity, ensuring public acceptance of new technology. However, innovative spirit, customer – supplier partnership and research will not provide every required solution. Progress in these areas should be integrated with other innovation-related actions such as those dealing with regulation or entrepreneurship, as well as with better education.

Challenges for EU manufacturing industry can be summarized as follows: (i) *expanding highly skilled organizations and fostering an innovation culture in industry*: The answer is to support the development of a high-tech industry, based on an effective, knowledge-based workforce. There is a need for effective approaches to innovation and for best organizational methods in businesses; (ii) *based on an increased knowledge of industrial processes, and of lifecycle parameters of manufactured products*: The aim should be to help develop long-term visions, compatible with sustainable development and the growth of industrial activities in Europe, based on effective collaborative research activities; (iii) *supported by schools and universities*: Improved education and training schemes, easier mobility for researchers and engineers; and stimulation of an entrepreneurial spirit are all desirable. Life-long learning should not be forgotten, considering the demographic changes in Europe in the years to come; (iv) *better infrastructures*: Such infrastructures should help industry, in particular SMEs, to implement new technologies and organizational practices. Europe-wide networks that give access to innovation possibilities are required, thereby stimulating implementation of paradigm shifts in industry; and (v) *a framework conducive to entrepreneurship*: Adaptation and simplification of the legal and regulatory environment, especially with respect to intellectual

property rights, and the provision of easier access to finance would be important ways to motivate innovative enterprises;

4. RESPONSE BASED ON STRATEGIC ANALYSIS

The socio-economic and technological drivers identified in the *Manufuture* vision document⁶ pose various challenges for future European manufacturing. To address these challenges proactively and in a timely manner, industry, and policy-makers need to reconcile policies and approaches with the objectives of competitiveness and sustainable development.

Knowledge-based manufacturing. European manufacturing has huge potential for generating wealth, jobs and a better quality of life. It is generally knowledge-intensive, and embraces many different sectors: from the supply of capital equipment – machinery, systems and their related technologies and services – to the production of goods ranging from aircraft and spacecraft to intermediate-tech traditional products up to more labor-intensive industries. As the mainstay of the European economy and employment, however, manufacturing industry must continually adapt itself in order to survive in a globalized economy. Active and far-sighted technology development is indispensable, as is a rapid response to social and economic change. The current industrial paradigm is no longer adequate to meet these needs. On the one hand, the EU faces continuing competition from other developed economies (i.e. Korea), particularly in the high-tech sector. On the other, manufacturing in more traditional sectors is increasingly taking place in low-wage countries such as China, Brazil and India. The real threat of this process for Europe lies in the rapid take-up of automation in these countries. Europe must respond by strengthening its ability to compete in terms of added value, meant as hi-tech competitive advantage; this added value is the leverage to achieve dominance in markets, since purely cost-based competition is not compatible with the goal of maintaining the Community's social and sustainability values. This added value can be increased by introducing: innovative materials RTD-based; production systems; processes and products; developing new business models; and teaching/nurturing high-level skills and competences. However, certain industries are physically tied to the European region. Therefore R&D in manufacturing must also support continuous productivity and efficiency gains in order to maintain the competitiveness of these industries.

A roadmap for industrial transformation. In the medium-term – i.e. up to the 2025 time horizon of the *Manufuture* vision – foresight studies indicate both demand and opportunities for manufacturing. In summary, the main drivers of change are: competition, especially from emerging economies; the shortening life cycle of enabling technologies; environmental and sustainability issues; socio-economic environment; regulatory climate and values and public acceptance. The competitive and sustainable reaction to such challenges is seen in terms of five pillars and their associated enabling technologies: (i) *new, added-value products and services*, (ii) *new business models*, (iii) *new advanced industrial engineering*, (iv) *new emerging manufacturing science and technologies*, and (v) *transformation of existing R&D and education infrastructure to support world-class manufacturing*. Appropriate knowledge-based solutions can be derived using the industrial transformation reference model⁷ was developed, and research areas and targets be prioritized on the basis of criteria such as the expected value addition. This document proposes a framework for the necessary transformation of European industry, and of the related RTD and educational infrastructures, under headings that correspond to each of the five pillars.

Multi-level action. For Europe to move towards knowledge-based manufacturing and, hence, shift from cost-based to high-added-value competition, it is essential to combine the interests of the various sectors of industry, and to coordinate their RTD efforts. Collective research will evidently have a central part to play in this process – reinforcing the European fabric by building networks of OEMs, technology services providers and SMEs; creating new kinds of supply chain, establishing R&D centers, etc. Attaining the objectives of the Lisbon and Barcelona Councils will only be possible by involving the largest possible number of stakeholders. In this context, the benefit of cooperation between *Manufuture* and the various existing and proposed Technology Platforms focusing on common goals and action plans – whether applied at EU or national/regional level, and whether sectoral or technological in scope – relates to the process of sharing the *Manufuture* concepts and results, together with assessing a common “core” of business or areas of interest: (i) **At European level** - With the common purpose of overcoming problems posed by the complexity and diversity of the EU manufacturing scene, European Technology Platforms (ETP) can be considered as ‘collective’ stakeholders. They include: (i1) Sectoral European Technology Platforms such as in road transport, construction, aerospace, textile, food, etc., (i2) Trans-sectoral ETPs such as in industrial safety, micro-nano technologies, etc., (i3) Enabling technologies ETPs such as in embedded systems. The objective of collective activities, resulting from the interaction between *Manufuture* and the other technology

platforms, is to define an all-inclusive strategic research agenda taking into account Europe's overall manufacturing needs from sectoral, trans-sectoral and enabling technologies viewpoints. The mode of intervention will be to further promote the new industrial paradigm of high added value, using the industrial transformation reference model for coordination of manufacturing R&D actions at all interrelated levels, **(ii) At National/Regional level** - National Technology Platforms related to the *Manufuture* European Technology Platforms should be created in individual EU Member States, all adopting the main development goals identified in both *Manufuture – a vision for 2020* and the current document. Other initiatives can also stimulate the emergence at regional levels of equivalent concepts promoting competitiveness via synergy between sciences, education and industry. At the end, a coordinated effort at all levels is working with the aim of defining the manufacturing research priorities and committing to make it happen. Aligning the development goals and priorities of all 25 Member States is therefore crucial in building a common interest in close co-operation between production companies and R&D organizations as a foundation for expansion into global markets. National and local initiatives will be particularly important in the new Member States. After many years of socialist regulation, their move towards market economy – in R&D, as in other spheres – is a major mental, organizational, technical and financial challenge, and **(iii) At SME level** - Another stakeholder group of outstanding importance is the innovative SMEs and other independent enterprises, which figure largely in the structure of all manufacturing sectors. SME's are main players in several sectors, capable to develop, produce and sell innovative products and services to more and more demanding consumers. In others, they are linked in diverse networks with OEMs in the value chains of: (iii1) product engineering and design; (iii2) production of parts, components and systems; (iii3) supply and distribution of materials and products; (iii4) supply of manufacturing equipment; and (iii5) services. Their participation in integration activities in engineering platforms will engage them in a long term partnerships across Europe reinforcing the reliability of the manufacturing critical infrastructure for quick transfer of research results to marketable products.

3. SERBIAN MANUFUTURE PROGRAM

Serbian as National Technology Platforms related to the *Manufuture* ETP was created as individual Member States and adopt the main development goals identified in both *Manufuture – a vision for 2020* and the current document. This initiatives can also encourage the emergence at regional levels of equivalent concepts promoting competitiveness by stimulation of the synergy between sciences, education and industry in Serbia. Our national *Manufuture* initiatives, while adopting different models of organisation, should share the common *Manufuture* vision and aim to promote widening acceptance of, and participation in, *Manufuture* by Serbian industry, by: (i) alerting public opinion and politicians to the challenges that Serbian manufacturing faces, as well as to industry's critical role in delivering economic output, skilled employment and sustainable growth, (ii) aligning the interests of the R&D community and technology providers in strong and effective cooperation networks that develop and source knowledge and technology, (iii) identifying and strengthening the highly competitive local networks of large companies, SME suppliers, technological partners, consultants and R&D contractors. The most important contributions of these Serbian initiatives should be in: (i) build a clear link to and incorporate a wide SME participation, as especially smaller SMEs can harder participate on European levels of platforms than international large companies, (ii) horizontal integration, coordination and synchronisation of R&D efforts in Serbia, (iii) vertical application of competitive technologies, products, methods and processes in enterprises, including multidisciplinary networks coordinating R&D activities in new industrial sectors such as medical technologies, telematics, nanotechnologies and mechatronics in EU and Serbia.

Manufuture will promote successful Europe-wide implementation of solutions at various levels facilitating the structuring of effort and funding, and encouraging pan-European convergence between regional centres of industrial competitiveness. Over the next decade, the integration of Serbia in EU will have a significant influence on European manufacturing of products for global markets. In a strategy of integration and cohesion, they could become world-class suppliers. This can be seen as an EU/Serbia strategy of transition, to maintain strong national/regional sectors in the interim period, opening a competition between EU members in all areas, even in R&D as a key factor to promote excellence and fostering the European manufacturing progresses connected to the high-added-value industrial paradigm. Aligning the development goals and priorities of crucial in building a common interest in close cooperation between production companies and R&D organisations as a foundation for expansion into global markets. Serbian as national initiatives will be particularly important in the new MS, such as Serbia. After many years

of socialist regulation, their move towards market economy – in R&D, as in other spheres – is a major mental, organisational, technical and financial challenge.

4. ACKNOWLEDGEMENT

Model described in this paper is partially developed as part of the research, conducted under the sponsorship of Ministry of Science and Technology, two Projects.

5. CONCLUSIONS

Manufacturing is, and will continue to be, a significant component of economic activity in Europe. In a turbulent and highly competitive global environment, it must continuously evolve and embrace transformational change in order to maintain and increase its economic impact. European manufacturing must drive to increase its ability to add high value, meant as hi-tech competitive advantage, by generating and exploiting new knowledge in manufacturing within a globalisation context. Europe must focus its efforts to transform itself by co-ordinating research in manufacturing and innovation – and by exploiting, through collaboration efforts, through pre-competitive collaboration, the strength and diversity of its businesses and regions.

References

- [1] *Various Authors from different organisations.*, Materials from *Manufuture* activities of limited circulations, from 2002 to 2009.
- [2] *MHLG*, *Manufuture* Platform – Strategic Research Agenda, EU Commission, Brussels, 2005 - 2008.
- [3] *Majstorović, V., Šibalija, T.*, EU / Serbia *Manufuture* Excellence, Proceedings of *Manufuture* Conference, Tampere, 2007.
- [4] *Majstorović, V.*, Center of Excellence for Manufacturing Engineering and Management (CEMEM) , Facts – Objectives – Goals - Researches Framework, Mechanical Engineering Faculty, Belgrade, 2008.
- [5] *Majstorović, V.*, *Manufuture* Serbia – Strategic Research Agenda, Mechanical Engineering Faculty, Belgrade, 2008.
- [6] *Majstorovic, V.*, *Manufuture* in Serbia – The State of the Art, Proceedings of Conference “25 years of Microelectronica”, Bucharest, 2008.
- [7] Working Document For The *Manufuture* Conferences from 2003 to 2008.
- [8] *Tokamanis, C.*, *Manufuture* 2020 and National Manufacturing Technology Platforms: How to Assure the Future of Manufacturing in Europe?, European Commission, DG RTD, Directorate “Industrial Technologies”, Brussels, 2009.
- [9] *Manufuture* a Vision for 2025, Brussels, 2009.

35. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

35th JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



POKROVITELJI

Beograd, jun 2009.

POKROVITELJI

Organizacioni odbor 35. JUPITER konferencije se najsrdačnije zahvaljuje svim institucijama i pojedincima koji su ličnim angažovanjem i konstruktivnim delovanjem pomogli u organizovanju ove konferencije.

Posebno se zahvaljujemo kompanijama koje su svojim aktivnim učešćem kroz prezentacije proizvodnih programa i tehničkim demonstracijama podržali inicijativu JUPITER asocijacije za pokretanje pilot projekta izgradnje Nacionalne tehnološke platforme za domen proizvodnog inženjerstva kao formalnog okvira za razvoj novog tehnološkog jezgra industrije Republike Srbije.

Kompanije partneri koje su podržale organizaciju i aktivno učestvovalе u radu 35. JUPITER konferencije:

ABS Holdings, Beograd
CAD - CAM Data, Beograd
CIM College, Niš
DIPAR SEW, Beograd
Elektrocoil PHOENIX, Beograd
Fluid Automation – NORGREN, Jagodina
Gartner, Beograd
HENKEL Loctite, Beograd
ICM Electronics, Novi Sad
IGUS, Beograd
IKARBUS a.d., Zemun
ITW Welding Products, Beograd
KOLUBARA Metal, Vreoci
METALAC, Gornji Milanovac
MICROSOFT, Beograd
MIKROKONTROL, Beograd
NIS Gaspromnjeft, Beograd
Prvi partizan, Užice
ROBOTAKT, Valjevo
SAP, Beograd
SOLFINS, Beograd
Comtrade Group, Beograd
VELPAN, Kikinda
VESIMPEKS, Beograd
Water Jet, Mladenovac
XILIA, Beograd

(navedeno po abecednom redosledu)

[← NAZAD](#)

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

658.5:004.382(082)
004.896(082)
621.7/.9-52(082)
007.52:658.5(082)
005.22(082)

ZBORNIK radova = Proceedings
[Elektronski izvor] / 28. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala [i] 22. simpozijum CAD/CAM [i] 31. simpozijum NU - ROBOTI - FTS [i] 37. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala [i] 15. simpozijum Menadžment kvalitetom [sve ovo u okviru] 35. Jupiter konferencija sa međunarodnim učešćem = [35th Jupiter Conference with Foreign Participants], Beograd, 17-18. jun 2009. ; organizator Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet = [University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering]. - Beograd : Mašinski fakultet, 2009 (Beograd : JO-GO Design Studio). - 1 knj. (razl. pag.) : ilustr. ; 30 cm

Radovi na srp., engl. i rus. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 200.
- Str. VI-VII : Predgovor / Petar B. Petrović. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7083-666-2

1. Јупитер конференција (35 ; 2009 ; Београд) 2. Симпозијум CIM у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала (28 ; 2009 ; Београд) 3. Симпозијум CAD/CAM (22 ; 2009 ; Београд) 4. Симпозијум NU - ROBOTI - FTS (31 ; 2009 ; Београд) 5. Симпозијум Управљање производњом у индустрији прераде метала (37 ; 2009 ; Београд) 6. Симпозијум Менаџмент квалитетом (15 ; 2009 ; Београд) 7. Машински факултет (Београд)

a) CIM системи - Зборници b) CAD/CAM системи - Зборници c) Вештачка интелигенција - Зборници d) Флексибилни технолошки системи - Зборници e) Машине алатке - Нумеричко управљање - Зборници f)

Металопрађивачка индустрија - Управљање - Зборници g) Управљање квалитетом - Зборници

COBISS.SR-ID 167829516

ISBN 978-86-7083-666-2