

33. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

33rd JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA **PROCEEDINGS**



UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

Zlatibor, maj 2007.

33. JUPITER KONFERENCIJA

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

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



20. simpozijum
CAD/CAM

29. simpozijum
NU – ROBOTI –FTS

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

13. simpozijum
MENADŽMENT KVALITETOM

Organizator:

UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET

Zlatibor, maj 2007.

33. JUPITER KONFERENCIJA

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 Ljubodrag Tanović

Doc. dr Radovan Puzović

Mr Mihajlo Popović

Nenad Nešić, dipl. maš. ing.

Zlatibor, maj 2007.

Tiraž: 200 primeraka

Štampa: **Planeta print**,

11000 Beograd, Ruzveltova 10, tel.: 011 3088 129

ISBN 978-86-7083-592-4

33. 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 Đorđević, 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 Ljubodrag Tanović, MF Beograd

Sekretar:

Asist. mr Mihajlo Popović, MF Beograd

Članovi:

Asist. mr Božica Bojović, MF Beograd • Asist. pripr. mr Željko Vasić, MF Beograd • Asist. mr Saša Živanović, MF Beograd • Asist. mr Radomir Ivanović, MF Beograd • Asist. mr Živana Jakovljević, MF Beograd • Asist. mr Branko Kokotović, MF Beograd • Asist. pripr. mr Borislav Kovljenić, MF Beograd • Asist. pripr. Nenad Nešić, MF Beograd • Asist. mr Goran Slavković, MF Beograd • Asist. pripr. mr Kosta Herman, MF Beograd

ZAHVALNICA

Organizacioni odbor **33. JUPITER KONFERENCIJE** se najsrdačnije zahvaljuje svim institucijama i pojedincima koji su pomogli u organizovanju ove konferencije.

Posebno se zahvaljujemo pokroviteljima:

Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine



Regionalna Privredna Komora,
Užice



CORUN, Užice



DIGIT, Beograd



FMP, Beograd



Ikarbus, Beograd

PREDGOVOR

Svrha postojanja JUPITER asocijacije (asocijacije industrije, fakulteta, instituta, viših škola i komora) je da pomogne da najnovija dostignuća u oblasti proizvodnog mašinstva u najkraćem roku "stignu" do naučno istraživačkih institucija i industrije.

Kao verodostojan dokaz aktivnosti JUPITER asocijacije je JUPITER Konferencija koja ove godine, po 33. put okuplja istraživače, naučne radnike i menadžere da razmene iskustva i prikažu rezultate svog rada. Rad konferencije će se odvijati kroz tradicionalne simpozijume i plenarne sednice a predviđeno je i održavanje okruglog stola.

Pet simpozijuma: 26. simpozijum "CIM u strategiji tehnološkog razvoja", 20. simpozijum "CAD/CAM", 29. simpozijum "NU-Roboti-FTS", 35. simpozijum "Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala" i 13. simpozijum "Menadžment kvalitetom", svojim temama uključuju nove tehnologije, bez čijeg uvođenja u industriju prerade metala nema održivosti njene konkurentne sposobnosti. Spomenute tehnologije bazirane su na komunikaciono-informacionim tehnologijama, primeni kompjutera u projektovanju proizvoda, tehnologija i samoj proizvodnji i izložene su brzim promenama na globalnom-svetskom nivou.

Njihova pravovremena primena, kako u velikim tako i u srednjim i malim preduzećima, su od velikog značaja za integraciju informacija, znanja, ljudskih i drugih resursa kompanija, razumevanje zahteva kupaca, uspešno uključivanje u svetsku podelu rada i održavanje konkurentnog položaja u svetskim razmerama.

JUPITER konferencija je mesto za razmenu iskustava i rezultata domaće nauke i industrije i definisanje budućih aktivnosti i pravaca daljeg razvoja. Na plenarnoj sednici u okviru tematskog foruma razmotriće se mogućnosti integracije industrije republike Srbije u evropske.

Organizator Konferencije, Mašinski fakultet u Beogradu-Centar za nove tehnologije poziva učesnike da kroz druženje, razmenu iskustava i znanja, daju svoj doprinos bržem razvoju i transferu novih i savremenih tehnologija za potrebe domaće industrije prerade metala.

Dobro došli na 33.JUPITER Konferenciju.

U Beogradu, 15.05.2007. godine.

Prof. dr Ljubodrag Tanović

PREFACE

The purpose of JUPITER Association (association of industry, faculties, institutes, high schools and chambers) is to help the latest achievements in the field of Production Engineering to “reach” the scientific and research institutions and industry.

As a real proof of JUPITER association activities is the JUPITER Conference which gathers for the 33rd time researchers, scientists and managers to exchange their experience and present the results of their work. The Conference will work within traditional symposia, plenary sessions and round table discussions.

Five symposia including 26th Symposium “CIM in Manufacturing Development Strategy”, 20th Symposium “CAD/CAM”, 29th Symposium “NU-Robots-FTS”, 35th Symposium “Production Control in Metal-Working Industry” and 13rd Symposium “Quality” by their topics include new technologies whose application in metal-working industry is essential for sustenance of its competitive capacity. Modern technologies are based on communication and information technologies, computer aided product and technology design. As such they are exposed to rapid changes at the global worldwide level.

Their introduction both in big, medium and small-size enterprises are of considerable importance for the integration of information, human knowledge and other corporal resources, understanding of buyer demands, successful inclusion into the world division of labor and maintenance of a competitive position in the world.

JUPITER Conference is a place for the exchange of experiences and results achieved by domestic science and industry and determination of future activities and development. At the plenary session within round table discussion, the industry integration possibility of republic of Serbia into european scope will be analyzed

The organizer of the Conference, Mechanical Engineering Faculty in Belgrade – Center for Advanced Technologies is inviting the participants to contribute through association, exchange of experiences and knowledge towards faster development and transfer of new and advanced technologies for the need of national metal-working industry.

Welcome to the 33rd JUPITER Conference.

Belgrade, 15 May, 2007.

Prof. Dr Ljubodrag Tanovic

Izaberite simpozijum JUPITER Konferencije

UVODNI RADOVI – TEMATSKI FORUM
ROUND TABLE

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

Andreş, S. LA QUALITE ET L'EFFICACITE DU MANAGEMENT. LES MANIERES DE CROISSANCE DE L'EFFICIENCE D'ORGANISATIONS	5.1
Avakumović, J., Avakumović, Č. KONCEPCIJA MENADŽMENTA U FUNKCIJI POSTIZANJA, ODRŽAVANJA I POBOLJŠAVANJA KVALITETA PROIZVODA	5.5
Biočanin, R., Stoilković, S., Zatežić, M. BEZBEDNOST UPRAVLJANJA RIZIKOM PRI TRANSPORTU OPASNIH MATERIJAMA	4.60
Vjelić, M., Vukićević, M., Miodragović, G. МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ СИМУЛАЦИОНИХ МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ШАВА	2.67
Бобырь, Н., Яхно, Б. РАССЕЯННОЕ РАЗРУШЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ	3.65
Bojanić, P. NEKI ASPEKTI IZGRADNJE VOKSELSKOG OBLIKA 3D CAD MODELA.....	2.23
Božičković, R., Čosić, I., Sorak, M., Gojković, P. PRILAZ PROJEKTOVANJU LEAN KONCEPTA U INDUSTRIJSKIM SISTEMIMA.....	4.25
Brzaković, R., Marjanović, Z., Krstić, D. UPRAVLJANJE RIZIKOM I OBEZBEĐIVANJE KVALITETA U RAZVOJU SOFVERA	5.9
Chioncel, C., Chioncel, P., Gillich, G., Gillich, N. SIMULATION OF THE DYNAMIC BEHAVIOR OF AN ASYNCHRONOUS MACHINE IN SCILAB/SCICOS ENVIRONMENT	2.41
Čiča, Đ., Jokanović, S., Lakić-Globočki, G. PRIMJENA KRUŽNE INTERPOLACIJE PRI CNC OBRADI SLOŽENIH POVRŠINA: ISKUSTVA, PROBLEMI, MOGUĆA RJEŠENJA	2.12
Čolović, G., Paunović, D., Savanović, G. CIM KONCEPT U ODEVNOJ INDUSTRIJI	1.38
Ćebić, D. CIM I PROGRAM MENADŽMENT PRI PROIZVODNJI NOVIH PROIZVODA	1.43
Davidović, N., Miloš, P. PROFILISANJE LOPATICE ROTORA TRANSONIČNOG AKSIJALNOG KOMPRESORA TURBOMLAZNOG MOTORA	2.120
Dondur, N., Radojević, S. PRIVATIZACIJA U INDUSTRIJSKIM PREDUZEĆIMA U SRBIJI.....	4.1
Dreucean, M., Stoia, D.I. FABRICATION OF MEDICAL DEVICES USING RAPID PROTOTYPING (RP) TECHNOLOGIES BASED ON METAL POWDER	3.100
Drndarević, D., Panić, S., Petrović, S. ЈЕДАН ПРИСТУП ПРОЈЕКТОВАЊУ ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА	4.6
Đapić, M., Lukić, L. STANDARDIZACIJA SIGURNOSTI INFORMACIONIH RESURSA PREDUZEĆA	1.18
Đukić, J., Đukić, R. ISTRAŽIVANJE PROIZVODNE FUNKCIJE GRUPE PROIZVODA U SITUACIJAMA NEIZVESNOSTI.....	4.42
Đukić, R., Đukić, J. VIŠENIVOVSKO DIZAJNIRANJE PROCESA OPTIMIZACIJE PROIZVODNOG PROGRAMA	4.31
Gillich, G., Gillich, N., Berinde, F., Chioncel, C. THE USE OF WIGNER-VILLE DISTRIBUTIONS IN INDUSTRIAL PLANT MONITORING	4.54

Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Dimić, Z. KONFIGURACIJA JEDNE HIBRIDNE PETOOSNE MASINE	3.1
Хейфец, М., Чемисов, Б., Грецкий, Н. ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ФЕРРОПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ	3.78
Hlušcu, M., Tripa, P., Ghita, E. SHORT-TIME AND LONG-TIME MECHANICAL CHARACTERISTICS OF A STEEL WORKING UNDER HIGH TEMPERATURE IN FUNCTION OF TEMPERATURE AND WORKING DURATION	2.134
Пић, Н., Babić, A., Petrović, A. CAD/CAA МОДЕЛОВАЊЕ МОНТАЖНЕ СТРУКТУРЕ ГЛОДАЧКИХ ГЛАВА	2.93
Jakovljević, P. TRANZICIONI PROCESI U METALOPRERAĐIVAČKOJ INDUSTRIJI NA PRIMERU “METALAC”- GORNJI MILANOVAC	TF.8
Jankulović, A., Slavković, G., Spasić, Ž. SYSTEMSKO INŽENJERSTVO U FUNKCIJI REALIZACIJE CIM SISTEMA	1.22
Jovanović, V., Tomović, M., Filipović, S. INTERNETOM PODRŽANA SARADNJA U DISTRIBUIRANIM PROIVODNIM SYSTEMIMA	1.26
Jovišević, V., Borojević, S. FABRIČKA PROIZVODNA KONTROLA U PROCESU CE OZNAČAVANJA INDUSTRIJSKIH PROIZVODA	5.15
Клименко, С., Мельничук, П., Тановић, Л. СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ С АМОРФНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	3.84
Корешков, В., Кусакин, Н., Алексеева, Т. АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ	5.21
Laković, D., Savićević, S. KONTAKTNA ANALIZA SPOJNIČKOG PRIBORA	2.7
Larčević, N., Spasić, Ž. INFORMACIONA INTEGRACIJA POSLOVNIH FUNKCIJA NA PRIMERU PLANIRANJA I ALOKACIJE RESURSA (ERP-SISTEM)	1.47
Lozanović, J., Lazić, D. СИСТЕМ АУТОМАТСКОГ УПРАВЉАЊА НИВОА ТЕЧНОСТИ ПРОТОЧНОГ РЕЗЕРВОАРА	2.47
Lukić, D., Todić, V., Milošević, M. PRILAZ RAZVOJU INTEGRISANOG CAPP SISTEMA ZA IZRADU ALATA ZA BRIZGANJE PLASTIKE	2.103
Lukić, L., Đapić, M., Kalajdžić, M. INTEGRISANO PROJEKTOVANJE PROIZVODA I TEHNOLOGIJA U USLOVIMA DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE	2.73
Marjanović, Z., Brzaković, R., Krstić, D. POBOLJŠANJE KVALITETA DIJAGNOSTIKE ASINHRONOG MOTORA PRIMENOM METODE FREKVENTNE ANALIZE	5.28
Marković, S., Steljić, M., Gašanin, E. VIRTUELNA KINEMATSKA ANALIZA DVOSTEPENOG PLANETARNOG REDUKTORA SA DVOSTRUKIM UNUTRAŠNJIM OZUBLJENJEM	3.158
Menyhardt, K., Toth-Tascau, M. ESTIMATION OF ROBOT POSITIONING ERRORS	3.49
Mikić, D., Alihodžić, A., Milekić, M., Pejić, V. PROBLEMATIKA AUTOMATIZACIJE UPRAVLJANJA KVALITETOM NA NIVOU PREDUZEĆA	5.34

Милачић, В.Р. ИНДУСТРИЈА – ИНЖЕЊЕРСТВО – ЈУПИТЕР СИСТЕМ – НОВИ МАНИФЕСТ ОРГАНИЗОВАНЕ ИНДУСТРИЈЕ СРБИЈЕ.....	TF.21
Miloš, P., Davidović, N. MINIMIZACIJA NAPONA POGONSKOG PUNJENJA RAKETNOG MOTORA TIPA ZVEZDA.....	2.88
Motok, M., Simonović, A., Momčilović, N. MODELIRANJE BRODSKIH KONSTRUKCIJA SAVREMENIM SOFTVERSKIM ALATIMA	2.53
Nedić, B. MOGUĆNOSTI ISTRAŽIVANJA, RAZVOJA I PROIZVODNJE OPTIČKIH UREĐAJA	4.37
Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., Lazarević, I. SOFTVER ZA PRETPROCESIRANJE ULAZA U VEŠTAČKU NEURONSKU MREŽU U SISTEMU ZA TEHNOLOŠKO PREPOZNAVANJE PRIZMATIČNIH DELOVA	2.79
Nijemčević, S. PERFORMANSE SRPSKE PRIVREDE SA OSVRTOM NA RAZVOJ AUTOMOBILSKE INDUSTRIJE U REPUBLICI SRBIJI DO 2012. GODINE	TF.7
Nikšić, P. PRIMENA AUTOCAD-A U CRTANJU ELEKTROINSTALACIONIH SHEMA.....	2.125
Ostojić, G., Rakić-Skoković, M., Lazarević, M., Jovanović, V. PRIMENA RFID TEHNOLOGIJE U PROCESU KONTROLE STANJA ROBE U SUPERMARKETIMA.....	1.32
Pavlović, M. MOGUĆNOSTI NUMERIČKE SIMULACIJE STRUJANJA U INDUSTRIJI.....	2.35
Pejić, V., Sovilj, B., Mišić, B. ALATI ZA OBRADU REZANJEM U INTEGRACIJI CAD/CAM I CNC	2.18
Петраков, В., Пасечник, В. СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНЫХ 3-D ПОВЕРХОСТЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ.....	3.31
Petrović, D., Bugarić, U., Glišić, D., Krstić, D. OPTIMIZACIJA SKLADIŠNOG SISTEMA „TELEKOM-SRBIJA”	3.152
Petrović, P., Jakovljević, Ž. DINAMIČKA KOMPENZACIJA NEHOMOGENIH MAGNETSKIH SVOJSTAVA NESTACIONARNE FEROMAGNETNE METE KOD INDUKTIVNIH MERNIH SISTEMA VISOKE PRECIZNOSTI.....	3.7
Petrović, P., Veljković, R., Ilić, B., Spasić, Ž., Pilipović, M., Jakovljević, Ž., Herman, K., Radulović, J. REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA MEDJUNARODNOM TRŽIŠTU	1.61
Petrović, Z., Stupar, S., Simonović, A., Stanojević, M. CAD/CAM MODEL KUĆIŠTA GLAVNOG REDUKTORA HELIKOPTERA.....	2.63
Pilipović, M., Mujković, F. SIMULACIJA U AUTOMATIZACIJI - PRIMER SIMULACIJE PRERADE POŠTANSKIH POŠILJKI.....	4.77
Полонский, Л., Kravchenko, M. DETERMINATION OF OPTIMAL DEPTH OF CUT FOR ROUGH MACHINING FOR GAS-THERMAL COATINGS APPLIED ON PRODUCT SURFACES.....	3.89
Pozhidaeva, V., Živković, D., Medenica, M. AVAILABILITY OF PISTON PUMPS IN SPRINKLERS FOR PLANT PROTECTION	4.48
Radanov, B., Milanović, D. БУДУЋИ ПРАВЦИ КОНТРОЛЕ ПРЕТХОДНО УПАКОВАНИХ ПРОИЗВОДА У СКЛАДУ СА НОВИМ ПРИСТУПОМ У ЕВРОПСКИМ ОКВИРИМА	5.39

Radić, V. ANALIZA, EKSPERIMENTI I PRORAČUNI ZAVARIVANJA EKSPLOZIJOM LEGURA ALUMINIJUMA.....	3.140
Radojević, S., Mitrović, Č., Lečić, M., Dondur, N. EDUKACIJA KORISNIKA ZA KORIŠĆENJE EBOM CASE ALATA.....	1.57
Radojević, Z., Radojević, M., Stojanović, D. CIM SISTEM – PODLOGA POVEZIVANJA TEHNOLOŠKIH OPERACIJA.....	1.10
Radonjić, S., Mitrović, A. KORIŠĆENJE CRTEŽA URAĐENIH U AUTOCAD-U ZA IZRADU DELOVA NA MAŠINI WATERJET	2.115
Radosavljević, D., Panić, S., Strugarević, M. MODELIRANJE ALATA ZA PROBIJANJE I PROSECANJE	2.130
Raičević, Ž., Vukasojević, R. PROCES BRZE IZRADJE LASERSKIM OBLAGANJEM NA HIBRIDNIM OBRADNIM CENTRIMA	3.96
Raičević, Ž., Vukasojević, R. RAZVOJ PROCESA BRZE PROIZVODNJE METALNIH DJELOVA NA BAZI NANOŠENJA	3.92
Rakonjac, M., Rakonjac, I. CIM SISTEMI U PROCESU INDUSTRIJSKOG DIZAJNA.....	1.14
Savanović, G., Avakumović, J. CIM SISTEM MARKETING STRATEGIJE U RAZVOJU MALIH PROIZVODNIH POSLOVNIH SISTEMA	1.54
Simonović, A., Živković, R., Stanojević, M., Komarov, D. GEOMETRIJSKO MODELIRANJE I IZRADA 3D MODELA DONJE VILICE	2.99
Skoko, D., Crnojević, C., Ristivojević, M. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE OSETLJIVOSTI PNEUMATSKOG KOMPARATORA	5.43
Slavković, R., Milićević, I. RAZVOJ I CAD/CAM PROJEKTOVANJE ALATA ZA TERMOOBLIKOVANJE AMBALAŽE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI.....	2.109
Sokić, D., Drndarević, D. PRIKAZ JEDNE APLIKACIJE INFORMACIONOG SISTEMA VALJAONICE ALUMINIJUMA.....	4.18
Спасић, Ж., Пилиповић, М. МОГУЋНОСТИ ИНДУСТРИЈЕ И УНИВЕРЗИТЕТА СРБИЈЕ У ЕВРО-АТЛАНСКИМ ИНТЕГРАЦИЈАМА – Тренутне алтернативе су европска перспективност или даља неизвесност	TF.9
Spasić, Ž. STUDENTI SU AKADEMSKI POTENCIJAL ZA INTEGRACIJU DIGITALNOG UNIVERZITETA I DIGITALNE FABRIKE EVROPE-2010 ORIJENTISANE ZNANJU	1.1
Stevanov, B., Ostojić, G., Stankovski, S., Lazarević, M. MODEL RELACIONE BAZE PODATAKA ZA UPOTREBU PODATAKA DOBIJENIH PRIMENOM RFID TEHNOLOGIJE U PROCESIMA DEMONTAŽE	4.12
Stojčić, M. DIGITALNO PRAKTIČNO PRAĆENJE: ALGORITAM SA VEKTORSKIM VREMENOM DOSTIŽIVOSTI.....	3.43
Stupar, S., Simonović, A., Peković, O., Komarov, D. UTICAJ KONSTRUKTIVNOG REŠENJA ČELIČNOG DIMNJAKA NA NAPONSKO STANJE OKO DIMOVODNIH KANALA.....	2.59
Tabaković, S., Zeljković, M., Gatalo, R. PRIMENA SAVREMENIH PROGRAMSKIH OKRUŽENJA ZA ANALIZU RADNOG PROSTORA PARALELNIH MEHANIZAMA.....	3.25

Tanikić, D., Stević, Z., Manić, M. MODELIRANJE TEMPERATURE REZANJA I MAKSIMALNE VISINE NERAVNINA OBRADENE POVRŠINE PRIMENOM ADAPTIVNIH NEURO-FAZI SISTEMA	3.106
Тановић, Љ. АНАЛИЗА ПРИВРЕДНИХ КРЕТАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ	TF.1
Tomić, R., Ćuk, Ćurčić, S. ISTRAŽIVANJE PARAMETARA ZA RAZVOJ SISTEMA ZA TRETMAN ČVRSTOG INDUSTRIJSKOG OTPADA.....	3.124
Toth-Tascau, M., Dragulescu, D., Vigaru, C., Dreucean, M. QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF LOPIFO LABORATORY	5.48
Trpa, P., Hluscu, M., Ghita, E. THE INFLUENCE OF TEMPERATURE, WORKING TIME AND THE LOADING RATE ABOUT FRACTURE TOUGHNESS OF A THERMORESISTANT STEEL	2.140
Васильев, А., Хейфец, М., Точило, В., Премент, Г. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ.....	3.118
Veljić, M., Živković, D., Takov, G. OPERATIVNA GOTOVOST BERAČA KUKURUZA KAO MERILO KVALITETA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA	5.52
Vrač, D. ODREĐIVANJE HRPAVOSTI KOD OBRADE HONOVANJEM METODOM POVRŠINE REAGOVANJA (ODZIVA) RSM.....	3.136
Vujačić, G., Lukić, Lj., Marjanović, Ž. UPOTREBA BLUETOOTH TEHNOLOGIJA ZA NADZOR RAČUNARSKIH MREŽA I KORIŠĆENJE BLUETOOTH UREĐAJA KAO MEDIJUMA KOMUNIKACIJE I DELA PODSISTEMA ZA DONOŠENJE ODLUKA	4.71
Vukčević, M., Spaić, O., Krivokapić, Z. POSTOJANOST ZAVOJNIH BURGIIJA, OD BRZOREZNOG ČELIKA PROIZVEDENOG METALURGIJOM PRAHA, U FUNKCIJI BRZINE REZANJA.....	3.112
Vukelić, Đ., Hodolić, J. UNIFIKACIJA KONSTRUKCIJE PRIBORA	3.130
Vukićević, M., Miodragović, G., Bjelić, M. СИМУЛАЦИОНО МОДЕЛИРАЊЕ КАО ПОДРШКА ВИРТУАЛНОМ ПРЕДУЗЕЋУ	2.29
Vuković, N., Miljković, Z., Lazarević, M. СИМУЛАЦИЈА ХОДА ИНСЕКТ РОБОТА ПО РАВНОМ ТЕРЕЊУ	3.55
Zrilić, R., Petrašinović, D., Latinović, T. IDENTIFIKACIJA UTICAJA NAPONSKOG STANJA U ZONI DEFORMISANJA NA TEHNO-EKONOMSKU EFIKASNOST (PRODUKTIVNOST) TEHNOLOGIJA IZRADE SITNIH KOMPAKTNIH OSNOSIMETRIČNIH PROFILA	3.146
Živanović, S., Dimić, Z. UPRAVLJANJE MODELA TROOSNE MAŠINE SA PARALELNOМ KINEMATIKOM pn101 NA BAZI EMC SISTEMSKOG SOFTVERA.....	3.19
Živković, A., Zeljković, M., Borojev, L. UTICAJ TOPLOTNOG OPTEREĆENJA NA PREDNAPREZANJE KUGLIČNIH LEŽIŠTA SA KOSIM DODIROM.....	2.1

SPISAK AUTORA LIST OF AUTHORS

ALIHODŽIĆ, A.
ANDREŠ, S.
AVAKUMOVIĆ, Č.
AVAKUMOVIĆ, J.

BABIĆ, A.
BABIĆ, B.
BERINDE, F.
BIOČANIN, R.
BJELIĆ, M.
BOJANIĆ, P.
BOROJEV, L.
BOROJEVIĆ, S.
BOŽIČKOVIĆ, R.
BRZAKOVIĆ, R.
BUGARIĆ, U.

CHIONCEL, C.
CHIONCEL, P.
CRNOJEVIĆ, C.

ČIČA, Đ.
ČOLOVIĆ, G.
ČEBIĆ, D.
ČOSIĆ, I.
ČUK, .
ČURČIĆ, S.

DAVIDOVIĆ, N.
DIMIĆ, Z.
DONDUR, N.
DRAGULESCU, D.
DREUCEAN, M.
DRNDAREVIĆ, D.
ĐAPIĆ, M.
ĐUKIĆ, J.
ĐUKIĆ, R.

FILIPOVIĆ, S.

GAŠANIN, E.
GATALO, R.
GHITA, E.
GILLICH, G.
GILLICH, N.
GLAVONJIĆ, M.
GLIŠIĆ, D.
GOJKOVIĆ, P.

HLUSCU, M.
HODOLIĆ, J.

ILIĆ, N.

JAKOVLJEVIĆ, P.
JAKOVLJEVIĆ, Ž.
JANKULOVIĆ, A.
JOKANOVIĆ, S.
JOVANOVIĆ, V.
JOVIĆ RADANOV, B.
JOVIŠEVIĆ, V.

KALAJDŽIĆ, M.
KOMAROV, D.
KRAVCHENKO, M.
KRIVOKAPIĆ, Z.
KRSTIĆ, D.

LAKIĆ-GLOBOČKI, G.
LAKOVIĆ, D.
LAPČEVIĆ, N.

LATINOVIĆ, T.
LAZAREVIĆ, I.
LAZAREVIĆ, M.
LAZIĆ, D.
LEČIĆ, M.
LOZANOVIĆ, J.
LUKIĆ, D.
LUKIĆ, L.

MANIĆ, M.
MARJANOVIĆ, Z.
MARJANOVIĆ, Ž.
MARKOVIĆ, S.
MEDENICA, M.
MENYHARDT, K.
MIKIĆ, D.
MILAČIĆ, V.
MILANOVIĆ, D.
MILEKIĆ, M.
MILIĆEVIĆ, I.
MILJKOVIĆ, Z.
MILOŠ, P.
MILOŠEVIĆ, M.
MILUTINOVIĆ, D.
MIODRAGOVIĆ, G.
MIŠIĆ, B.
MITROVIĆ, A.
MITROVIĆ, Č.
MOMČILOVIĆ, N.
MOTOK, M.
MUJKOVIĆ, F.

NEDIĆ, B.
NEŠIĆ, N.
NIJEMČEVIĆ, S.
NIKŠIĆ, P.

OSTOJIĆ, G.

PANIĆ, S.
PAUNOVIĆ, D.
PAVLOVIĆ, M.
PEJIĆ, V.
PEKOVIĆ, O.
PETRAŠINOVIĆ, D.
PETROVIĆ, A.
PETROVIĆ, D.
PETROVIĆ, P.
PETROVIĆ, S.
PETROVIĆ, Z.
PILIPOVIĆ, M.
POZHIDAeva, V.

RADIĆ, V.
RADOJEVIĆ, M.
RADOJEVIĆ, S.
RADOJEVIĆ, Z.
RADONJIĆ, S.
RADOSAVLJEVIĆ, D.
RAIČEVIĆ, Ž.
RAKIĆ-SKOKOVIĆ, M.
RAKONJAC, I.
RAKONJAC, M.
RISTIVOJEVIĆ, M.

SAVANOVIĆ, G.
SAVIĆEVIĆ, S.
SIMONOVIĆ, A.
SKOKO, D.
SLAVKOVIĆ, G.
SLAVKOVIĆ, R.

SOKIĆ, D.
SORAK, M.
SOVILJ, B.
SPAIĆ, O.
SPASIĆ, Ž.
STANKOVSKI, S.
STANOJEVIĆ, M.
STELJIĆ, M.
STEVANOV, B.
STEVIĆ, Z.
STOIA, D.
STOILJKOVIĆ, S.
STOJANOVIĆ, D.
STOJČIĆ, M.
STRUGAREVIĆ, M.
STUPAR, S.

TABAKOVIĆ, S.
TAKOV, G.
TANIKIĆ, D.
TANOVIĆ, L.
TODIĆ, V.
TOMIĆ, R.
TOMOVIĆ, M.
TOTH-TASCAU, M.
TRIPA, P.

VELJIĆ, M.
VIGARU, C.
VRAČ, D.
VUJAČIĆ, G.
VUKASOJEVIĆ, R.
VUKČEVIĆ, M.
VUKELIĆ, Đ.
VUKIĆEVIĆ, M.
VUKOVIĆ, N.

ZATEŽIĆ, M.
ZELJKOVIĆ, M.
ŽIVANOVIĆ, S.
ŽIVKOVIĆ, A.
ŽIVKOVIĆ, D.
ŽIVKOVIĆ, R.
ZRILIĆ, R.

АЛЕКСЕЕВА, Т.

БОБЫРЬ, Н.

ВАСИЛЬЕВ, А.

ГРЕЦКИЙ, Н.

КЛИМЕНКО, С.
КОРЕШКОВ, В.
КУСАКИН, Н.

МЕЛЬНИЧУК, П.

ПАСЕЧНИК, В.
ПЕТРАКОВ, В.
ПОЛОНСКИЙ, Л.
ПРЕМЕНТ, Г.

ТОЧИЛО, В.

ХЕЙФЕЦ, М.

ЧЕМИСОВ, Б.

ЯХНО, Б.

33. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

33rd JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



UVODNI RADOVI

TEMATSKI FORUM

Zlatibor, maj 2007.

ТЕМАТСКИ FORUM

Тановић, Љ. АНАЛИЗА ПРИВРЕДНИХ КРЕТАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ	TF.1
Nijemčević, S. PERFORMANSE SRPSKE PRIVREDE SA OSVRTOM NA RAZVOJ AUTOMOBILSKE INDUSTRIJE U REPUBLICI SRBIJI DO 2012. GODINE	TF.7
Jakovljević, P. TRANZICIONI PROCESI U METALOPRERAĐIVAČKOJ INDUSTRIJI NA PRIMERU “METALAC”- GORNJI MILANOVAC	TF.8
Спасић, Ж., Пилиповић, М. МОГУЋНОСТИ ИНДУСТРИЈЕ И УНИВЕРЗИТЕТА СРБИЈЕ У ЕВРО-АТЛАНСКИМ ИНТЕГРАЦИЈАМА – Тренутне алтернативе су европска перспективност или даља неизвесност	TF.9
Милачић, В.Р. ИНДУСТРИЈА – ИНЖЕЊЕРСТВО – ЈУПИТЕР СИСТЕМ – НОВИ МАНИФЕСТ ОРГАНИЗОВАНЕ ИНДУСТРИЈЕ СРБИЈЕ	TF.21

[← NAZAD](#)



АНАЛИЗА ПРИВРЕДНИХ КРЕТАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Проф. др Љубодраг Тановић, Машински факултет Универзитета у Београду,
Краљице Марије 16, ltanovic@mas.bg.ac.yu

Резиме

У раду је дат пресек спољнотрговинске размене индустрије Републике Србије у последње четири године са узроцима који су довели до спољнотрговинског дефицита. Технолошки ниво већег дела извоза Србије није прилагођен конкуренцији на светском тржишту (квалитет производа, цена, истраживање тржишта) због недовољне иновативне активности у предузећима и ниског нивоа СДИ (страних директних инвестиција).

Приказан је преглед учешћа у увозу/извозу у доменима производње: метала и металних производа, машина и уређаја, саобраћајних средстава и остале прерађивачке индустрије.

У контексту светске привреде и интеграција у њу, наша индустрија и компаније се морају припремити за то: постојеће компаније је потребно реструктурисати и покушати створити европску компанију путем интеграција или припајања, променити филозофију управљачке структуре компанија и спроводити континуалну едукацију свих запослених.

THE ANALYSIS OF ECONOMIC TRENDS IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Summary

The paper gives an overview of foreign trade of the Republic of Serbia over the last four years with causes that have led to the foreign trade deficit. The technological level of a large portion of Serbian exports is not adapted to the competition in the international market (product quality, price, market research) due to insufficient innovation activities of companies and a low level of FDI (foreign direct investment).

Furthermore, an overview of the share in exports/imports of the following production sectors is provided: metals and metal products, machinery and equipment, transportation equipment and other manufacturing.

In the context of the world economy and integration into it, our industry and companies must get prepared for it: the existing companies need to be restructured and attempts should be made to create a European company through mergers or acquisitions, the philosophy of their management structure should be changed and permanent education programs for all their employees should be carried out.

1. ЕКОНОМСКИ ИНДИКАТОРИ СРБИЈЕ И МЕЂУНАРОДНОГ ОКРУЖЕЊА

Анализирајући макроекономске показатеље активности Србије у 2006 години, мерене бруто домаћим производом (најважнији макроекономски агрегат) имају раст од 5.9% у односу на 2005 годину што је добар показатељ (Чешка 6.2%, Мађарска 3.8%, Словенија 4.4%, БиХ 5.3%, Хрватска 4.4%, Бугарска 6.5%, Румунија 6.4%).

Други показатељ је ниска стопа раста индустријске производње од 1.4% (Словенија 5.6%, Хрватска 5%, БиХ 5.5%, Мађарска 9.5%, Бугарска 11.3%, Румунија 5.7%, Чешка 9.5%).

Трећи показатељ представља изузетно висока стопа инфлације која је у Србији 2006 године прешла 15% (Чешка 2.7%, Мађарска 3.7 %, Словенија 2.4 %, БиХ 8.2%, Хрватска 3.4 %, Румунија 6.8%, Бугарска 6.5%).

Четврти показатељ је висока стопа незапослености 28% (Чешка 8.4%, Мађарска 7.4 %, Словенија 9.6%, БиХ 45.5%, Хрватска 17.2%, Румунија 6.1%, Бугарска 9.6%).

Анализирајући стање привреде Републике Србије кроз економска кретања у протеклом периоду и сада, могуће је констатовати да је карактерише наглашена спорост у увођењу нових производа и технологија а као последица недовољне иновативне активности у предузећима и због ниског нивоа СДИ (страних директних инвестиција). Прилив СДИ има одлучујућу улогу у трансформацији производне структуре привреде и трансфера знања којима се повећава извозни потенцијал земље. Треба имати у виду да технолошки ниво већег дела извоза Србије није прилагођен конкуренцији на светском тржишту ни квалитетом производа ни ценом.

2. СПОЉНОТРГОВИНСКА РАЗМЕНА

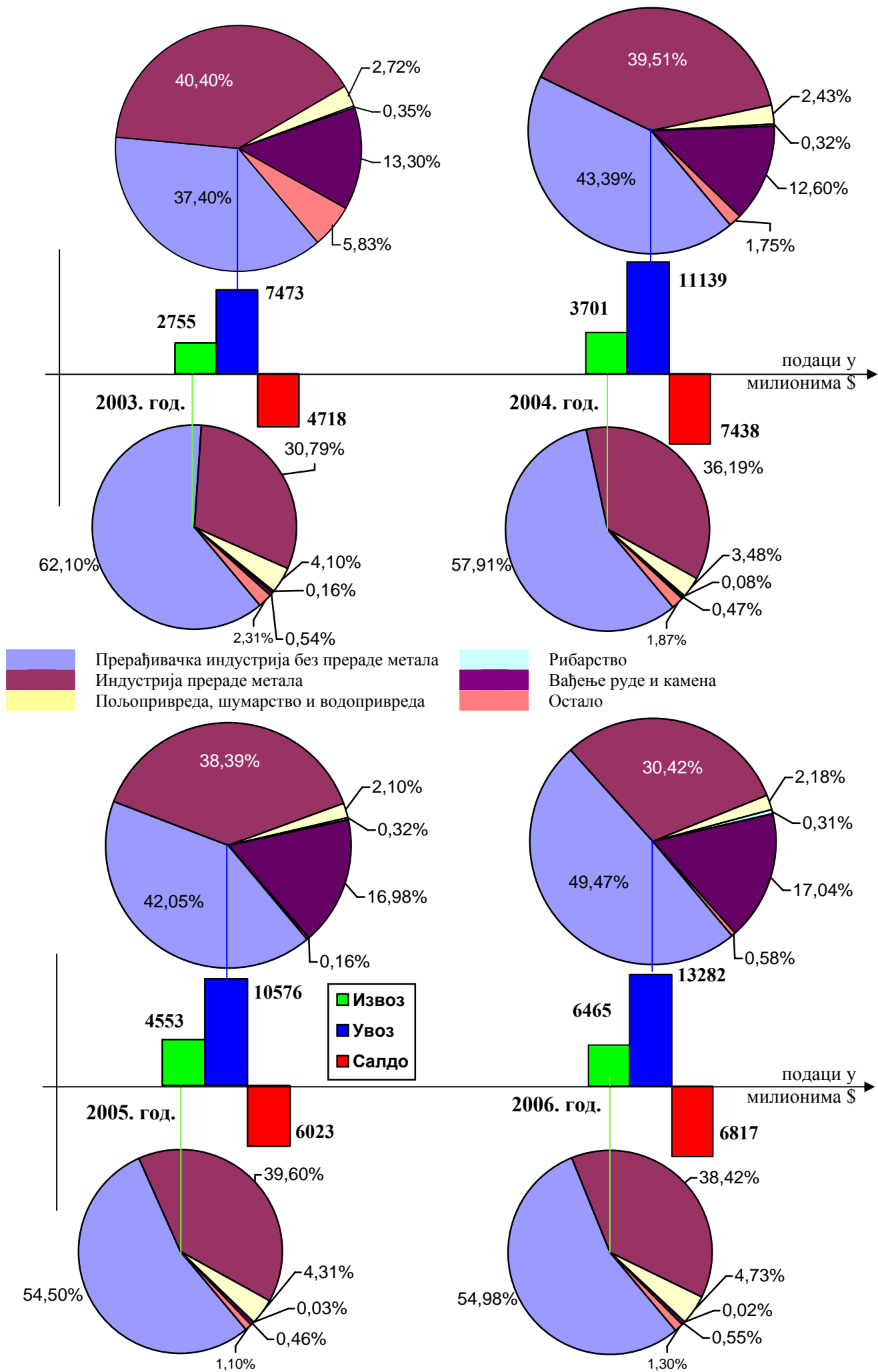
Анализирајући биланс спољнотрговинске размене Републике Србије у последње четири године не можемо се њиме похвалити јер је присутан велики спољнотрговински дефицит који је у наведеном периоду достигао ниво од 25 милијарди \$ (сл. 1).

Негативан тренд је настављен и у 2007.. години са оствареним спољнотрговинским дефицитом на нивоу од 1139.1 мил. * \$ у прва два месеца, што представља повећање од 40.8% у односу на исти период претходне године.

Повећање увоза у прва два месеца је последица увоза енергената , руде бакра и гвожђа и раста јавне и личне потрошње.

Повећање извоза резултат је суфицита у размени хране (извоз воћа и поврћа, житарица и шећера).

* Скраћеница мил. се односи на милион



Слика 1. Учешће појединих привредних грана у извозу и увозу у периоду 2003 – 2006 године [3], [4], [6]

Прерађивачка индустрија

Анализирајући прерађивачку индустрију Републике Србије која у извозу има учешће на нивоу 93.4% (2006 год.), производња метала и металних производа, производња машина и уређаја, производња саобраћајних средстава и остала прерађивачка индустрија у њој учествује на нивоу 41.4%, а у укупном извозу са 38.42% (таб. 1)

Таб. 1. Учешће сектора у извозу

Сектор	2004	2005	2006
Производња метала и металних производа	21.39%	24.63%	26.24%
Производња машина и уређаја	6.54%	7.13%	6.51%
Производња саобраћајних средстава	3.41%	2.60%	2.35%
Остала прерађивачка индустрија	3.48%	2.90%	3.32%
Σ	34.82%	37.26%	38.42%

Када је реч о увозу у 2006 год, прерађивачка индустрија учествује на нивоу од 79.89% од чега наведене области са 30.42% (таб. 2).

Таб. 2. Учешће сектора у увозу

Сектор	2004	2005	2006
Производња метала и металних производа	9.78%	10.45%	10.95%
Производња машина и уређаја	12.54%	10.51%	9.91%
Производња саобраћајних средстава	9.73%	8.36%	7.99%
Остала прерађивачка индустрија	1.49%	1.57%	1.57%
Σ	33.54%	30.79%	30.42%

Област производња метала и металних производа (таб.3)

У овој области спољнотрговински суфицит је остварен у производњи гвожђа, челика и феролегура (237.5 мил. \$), производњи цеви, профила и жице (157 мил. \$), производњи и преради обојених метала (74 мил. \$) и ливењу гвожђа, челика и обојених метала (14.3 мил. \$), производњи цистерни, резервоара, котлова и судова (7.1 мил.\$), што се објашњава повећањем обима производње и повољном ценом основних метала на светском тржишту.

Дефицит је реализован у домену производње металних конструкција и производа за грађевинарство (62 мил. \$), производњи брава, окова и алата (88.9 мил. \$).

Таб. 3.

ПРОИЗВОДЊА ОСНОВНИХ МЕТАЛА И МЕТАЛНИХ ПРОИЗВОДА	2005		2006	
	УВОЗ	ИЗВОЗ	УВОЗ	ИЗВОЗ
Производња гвожђа, челика и феро-легура	261,9	386,7	340,2	577,7
Производња цеви од челика	76,3	23,7	79,7	28,8
Хладно ваљане траке, профили, вучење жице	91,0	213,1	112,7	269,7
Производња племенитих метала, Al, Pb, Zn, Sn, Cu	384,3	383,6	493,2	567,2
Ливење челика, гвожђа, обојених метала	52,8	51,6	60,9	75,2
Производња металних конструкција, производа за грађевинарство	83,3	24,8	102,8	40,5
Производња цистерни, резервоара, котлова, радијатора и судова	47,8	22,6	50,9	58,0
Производња парних котлова	7,7	2,2	7,7	0,5
Производња алата, брава и окова	87,3	21,3	116,8	27,9
Производња металне амбалаже	7,3	1,80	10,1	2,4

Производња жичаних производа	20,1	11,3	27,2	13,9
Производња везних елемената, ланаца	15,2	6,9	17,8	10,7
Производња осталих металних производа	30,0	16,5	34,2	24,3
Σ	1165	1166,1	1454,2	1696,8
дефицит		1,1		242,6

Област производње машина и уређаја (таб.4)

Ова област је остварила спољнотрговински дефицит (2006 год.) на нивоу од 894 мил. \$ са реализованим суфицитом у делу наменског програма (38.8 мил. \$) док све остале делатности имају дефицит од чега највећи: производња ел. апарата за домаћинство (79.6 мил. \$), производња уређаја за дизање и преношење (320.6 мил. \$), производња алатних машина (78.9 мил. \$), производња машина за пољопривреду (51 мил. \$), производња машина за металургију, прераду хране, пића и текстила (320.3 мил. \$) и др.

Таб. 4.

ПРОИЗВОДЊА МАШИНА И УРЕЂАЈА	2005		2006	
	УВОЗ	ИЗВОЗ	УВОЗ	ИЗВОЗ
Производња мотора и турбина, пумпи, компресора, славина, вентила, лежајева и зупчаника	157,8	72,7	192,3	106,1
Производња пећи и горионика, уређаја за дизање, машина опште намене	330,7	43,4	373,2	52,6
Производња трактора и осталих пољопривредних машина	84,0	33,8	103,7	24,8
Производња алатних машина	71,3	21,8	72,7	25,6
Производња машина за металургију, пиће и храну, текстил и кожу, папир и остало	314,5	90,7	418,9	98,6
Производња наменског програма	5,9	37,4	6,8	45,6
Производња електричних и неелектричних апарата за домаћинство	144,6	44,9	147,5	67,9
Σ	1108,8	344,7	1315,1	421,2
дефицит		764,1		893,9

Област производње саобраћајних средстава (таб.5)

Ова област је остварила спољнотрговински дефицит (2006 год.) на нивоу 909 мил. \$ и само је делатност изградње и ремонта бродова и чамаца имала суфицит од 21.5 мил. \$ док су све остале делатности исказале дефицит од чега највећи: производња мотора за м.в., камиона и специјалних возила, аутомобила (731 мил. \$), израда летелица (40 мил. \$), производња каросерија, приколица (37 мил. \$), производња делова и прибора за возила (41 мил. \$).

На увоз нових аутомобила је издвојено око 343 мил. \$, при чему је извезено аутомобила на нивоу 7.2 мил. \$.

Таб. 5.

ПРОИЗВОДЊА САОБРАЋАЈНИХ СРЕДСТАВА	2005		2006	
	УВОЗ	ИЗВОЗ	УВОЗ	ИЗВОЗ
Производња мотора за моторна возила	31,6	16,2	28,6	19,4
Производња камиона и специјалних возила	277,7	19,1	405,3	19,8
Производња аутомобила	253,3	3,9	343,6	7,2
Производња трактора осим за пољопривреду	38,5	1,9	58,8	1,8
Производња каросерија, приколица	36,8	4,8	40,8	3,1

Производња делова и прибора за возила	74,4	41,1	85,2	44,1
Изградња бродова, чамаца и ремонт	12,5	15,2	4,1	25,6
Производња летилица	121	12,3	47,3	6,9
Производња моторцикла, бицикла	16,5	1,4	26,8	1,9
Производња шинских возила	18,5	14,8	20,2	22,0
Σ	880,8	130,7	1060,7	151,8
дефицит	750,1		908,9	

Област остале прерађивачке индустрије

Ова област је имала уравнотежен биланс при чему је производња намештаја исказала суфицит 20 мил. \$ и рециклажа металних и неметалних отпадака 74.3 мил. \$ а остале делатности дефицит .

Област производње електричних и оптичких уређаја која овде није разматрана бележи спољнотрговински дефицит на нивоу од око 1000 мил. \$ превасходно у домену производње: канцеларијских и рачунарских машина, електронских компоненти, ТВ и радио пријемника.

Уколико посматрамо спољнотрговинску размену земаља нашег окружења, у 2006 години оствариле су спољнотрговински дефицит на нивоу :Словенија (1740 мил.\$),Хрватска(10680 мил.\$),БиХ(4750 мил.\$),Мађарска (1750 мил.\$),Бугарска(8300 мил.\$) и Румунија (13480 мил.\$).

3.УЗРОЦИ ПОСТОЈЕЋИХ ПОКАЗАТЕЉА

Упркос тенденцији пораста робног извоза, бројни су проблеми извозника и ограничења са којима се суочавају у извозу, пре свега: високе каматне стопе на домаћем тржишту, банке дају предност кредитирању домаће потрошње, недостатак обртног капитала за финансирање производње и рестриктивна монетарно-кредитна политика.

Друго, економска сарадња је мало заступљена у односу на привреду Србије са иностранством што слаби утицај међународних економских односа.

Треће, прилив СДИ (гринфилд инвестиција) је изузетно мали .

Четврто, спроведена приватизација је довела до позитивних ефеката у појединим индустријским гранама, али се они не виде јер део профита одлази изван земље.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Deming W.E., Out of the Crisis, Deming Institute, Washington, 1986
- [2] Drucker P.F., Managing for the Future, Truman Talley Books, New York, 1992
- [3] Народна банка Србије, Македоније, БиХ, Словеније, Хрватске
- [4] Републички завод за статистику
- [5] Тановић Љ, Бојанић П., Индустрија прераде метала Републике Србије – неопходне промене, Трансфер технологије за европску Србију, Зборник радова, Машински факултет, Београд, 2005, 196-202
- [6] Тановић Љ., Привреда Републике Србије – стање и перспектива, 32. ЈУПИТЕР конференција, Златибор, 2006, ТФ1-ТФ6



33. JUPITER
konferencija

Zlatibor 2007

TEMATSKI FORUM

**PERFORMANSE SRPSKE PRIVREDE SA OSVRTOM NA AUTOMOBILSKU
INDUSTRIJU DO 2012 GODINE**

Srećko Nijemčević, dipl. inž., generalni direktor, IKARBUS AD,
Autoput Beograd-Šid 24, 11080 Zemun



33. JUPITER
konferencija
Zlatibor 2007

TEMATSKI FORUM

**TRANZICIONI PROCESI U METALOPRERAĐIVAČKOJ INDUSTRIJI NA PRIMERU
“METALAC”- GORNJI MILANOVAC**

Petrašin Jakovljević, dipl. inž., generalni direktor, "METALAC" A.D.,
Kneza Aleksandra 212, 32300 Gornji Milanovac



Ж. Спасић, М. Пилиповић¹

МОГУЋНОСТИ ИНДУСТРИЈЕ И УНИВЕРЗИТЕТА СРБИЈЕ У ЕВРО-АТЛАНСКИМ ИНТЕГРАЦИЈАМА - Тренутне алтернативе су европска перспективност или даља неизвесност²

- Уводни рад -

Резиме

Индустрија и Универзитет се налазе пред алтернативама које воде или ка европским перспективама или ка даљој неизвесности у развојним и реформским активностима. То је разлог зашто треба да сагледамо тренутно стање да би препознали и пронашли неопходна решења актуелних проблема. Наши заједнички циљеви са резултатима, добро ранжирани универзитет и конкурентна индустрија у Европи 2010, оријентисаној знању биће вредновани и пресуђивани од стране нових генерација студената и будућих дипломираних експерата. Универзитет је тај који треба да припреми индустрију Србије за бољу и успешнију интеграцију Западног Балкана у FP7 комуникације, као предуслов за успешну интеграцију у заједничке европске просторе истраживања и високог образовања. Да ли смо сви ми довољно одговорни да препознамо заједнички интерес индустрије и универзитета?

Кључне речи: Евро-атланске интеграције; Образовање; Истраживање; Универзитет; Индустрија; Европски програми.

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

О Евро-атланским интеграцијама још увек сви размишљамо и масовно одлучујемо, а не само они који поседују знање да би водили дезоријентисану и емотивну Србију у просперитетну будућност. Није нам јасно шта све губимо уласком у Европску унију: "снажну" индустрију, "конкурентну" привреду, "реформисани" универзитет, "висок" стандард, "бројне" инвеститоре, "престижне" пословне партнере, митове, писмо, "брендирани" турбо фолк. И поред свести о националним посебностима већине новонасталих држава Европе, постоји њихова спремност за прихватање и нових заједничких тековина у интегрисаној Европи.

Сам интеграциони процес Европе у дугом временском периоду је у неким европским земљама био често пропраћен кризама поверења [1, 2]. Ратификација *Уговора из Мастрихта* је била дуготрајна и непредвидива. Становници Данске су се са 50,7 % изјаснили да прихватају овај *Уговор* угрозивши тиме његове друге позитивне вредности. Норвешка и Швајцарска нису чланице Европске уније. Француска и Холандија нису на својим референдумима прихватиле текст *Устава* Европске уније па се најављује поступак модификације и усаглашавања овог текста. Ипак, у свакој кризи компликованог начина одлучивања и недовољно дефинисане улоге Европског парламента, увек су се налазила накнадна решења за наставак започетих интеграционих процеса. Скоро да је немогуће да се све поруши и да се Европа врати ранијим моделима организације.

Тренд Европе оријентисане знању је интеграција заједничког простора образовања (ЕНЕА – *European Higher Education Area*) и заједничког простора истраживања (ЕРА – *European Research Area*) до 2010. године. Реформа високог образовања Србије и промене на универзитетима се одвијају према принципа Болоњске декларације са почетним тешкоћама и недовољном координацијом инертног и успаваног универзитета. Индустрија и привреда су у несигурним процедурама транзиције и власничке трансформације, вођених често заинтересованим политичарима и њиховим партијама. Темпус програм је окончан за многе нове државе Европе, па треба да нас интересују нови програми у настави и истраживању. Индустрија је незаинтересована да сама дефинише пројекте истраживања за европске програме. Сарадња универзитета и индустрије је излаз из ове ситуације, али како можемо да дефинишемо успешно и у право време ту сарадњу?

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

Професор др **Мирослав Пилиповић**, Машински факултет Универзитета у Београду, Е-mail: mpilipovic@mas.bg.ac.yu

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.

2. ЕВРО-АТЛАНСКЕ ИНТЕГРАЦИЈЕ СРБИЈЕ

Европа већ дуго тражи свој пут интеграције политичким и економским удруживањем европских држава у оправдано комплексној процедури проширења. Да би се добро разумео интеграциони процес полази се од хронологије главних догађаја у европским интеграцијама са кратким текстом о европској политици у образовању, истраживању и технолошком развоју индустрије које су у интеракцији са европским политикама за друге области. Проблеми у сталним променама граница Европе су важна тема за разумевање неизбежне судбине Југославије, Србије и Црне Горе и најзад, самосталне Србије у посматраном интеграционом процесу Европе. Фазе у интеграцији и тренутни статус Србије се такође разматрају.

2.1. Партнерство за мир

Партнерство за мир (PfP – Partnership for Peace) је програм практичне билатералне сарадње између појединих земаља и НАТО (*NATO - North Atlantic Treaty Organization*) у којој земље партнери бирају приоритете за сарадњу [3]. *Партнерство за мир* је успостављено 1994. године, убрзо после колапса *Варшавског пакта* и социјализма у Европи. Алијанса је дефинисала сврху партнерства ради повећања стабилности, смањења претњи миру, модернизације армија и ради јачања веза између партнера и НАТО, као и између самих партнерских земаља.

Србија је приступила *Партнерству за мир* 16. децембра 2006. године, заједно са Босном и Црном Гором. Раније су приступиле Албанија, Хрватска, Македонија, Белорусија и друге земље. Русија је постала члан *Партнерства за мир* још од 22. јуна 1994. НАТО земље и Русија се регуларно консултују по питањима безбедности и развијају практичну сарадњу у више области од заједничког интереса. Редовни чланови НАТО пакта су Чешка, Мађарска и Пољска од 1999. године, као и Бугарска, Естонија, Литванија, Летонија, Румунија, Словачка и Словенија од 2004. године.

2.2. Хронологија главних догађаја европске интеграције

Пут до пројектованог европског друштва заснованог на знању са високим квалитетом живота и конкуритивном привредом на светском тржишту захтева дефинисање заједничких европских простора за поједине области. То су економски, правни, образовни, истраживачки и други простори који су такође у међусобној интеракцији. За разумевање овог процеса неопходан је приказ хронолошког редоследа главних догађаја европских интеграција [2] који се овде даје скраћено за период од 1946 – 2007. године.

- 1946: Винстон Черчил је у Цириху дефинисао визионарску идеју за интеграцију будућих сједињених држава Европе.
- 1949: У Лондону је основан Савет Европе са седиштем у Стразбуру.
- 1957: Шест земаља у Риму потписују *Уговор о стварању Европске економске заједнице (ЕЕЗ)* и Европске заједнице за атомску енергију - *Еуроатом (Римски уговор)*.
- 1972: Одлуком председника држава и влада проширене ЕЗ у Паризу **Европска заједница** прераста у **Европску унију**.
- 1995: Шенгенски споразум ступа на снагу. Европски савет доноси одлуку да је европска монета "Евро".
- 1999: Пољска, Чешка Република и Мађарска постају чланице НАТО. Исте године је и војна интервенција НАТО на Србију. После Кумановског споразума, у Приштини почиње да ради међународна мировна мисија КФОР.
- 2000: Документ *Лисабонска стратегије* поставља индикаторе развоја појединих земаља до 2010. године.
- 2004: Велико проширење Европске уније. Нове земље чланице су Чешка Република, Естонија, Летонија, Литванија, Мађарска, Пољска, Словачка, Словенија, Малта и Кипар.
- 2006: Раздруживање Србије са Црном Гором.
- 2007: Задње проширење Европске уније Румунијом и Бугарском.

2.3. Политика у образовању, истраживању и индустрији

Деловање Европске уније огледа се у реализацији постављених стратешких политика за све релевантне области [4]. То су економска политика, политика људских права, политика азила, имиграције и виза, индустријска политика, образовна политика, политика конкуренције, еколошка политика, одбрамбена и безбедносна политика, политика придруживања и сарадње, политика саобраћаја, политика у области енергетике, политика у области културе, политика у области медија и телекомуникација, политика у области здравства, политика у области истраживања и технологије, политика везана за омладину, политика запошљавања, политика заштите произвођача, политика у пољопривреди, као и друге политике. Посебне стратешке политике дефинисане су за поједине географске регионе и континенте као што су Медитеран, Африка, Азија и Латинска Америка. Детаљније се наводе циљеви политика у образовању, истраживању и индустрији.

Политика у образовању: Основни циљ ове политике је постизање највећег могућег нивоа знања у Европској унији путем сталног усавршавања ради остварења европске политике запошљавања и признавања диплома. Тиме би Европска унија постала најконкурентнији и најдинамичнији образовни, истраживачки и економски простор у свету који се заснива на знању.

Политика у истраживању: Основни циљ ове политике којој Европска комисија придаје велики значај је побољшање индустријско-технолошке конкурентне способности европске индустрије уз стимулисање привредног раста, конкурентне способности и запошљавања. Оквирни програми за истраживање и технолошки развој као и специфични програми (TEMPUS, FP7 (Framework Programme), LEONARDO, SOCRATES, ESPRIT, ERASMUS, EUREKA, RACE, COST, SCIENCE и други). Неки истраживачки програми су засновани на подели трошкова између истраживачких центара и заинтересованих предузећа – корисника резултата истраживања, чиме се остварује замисао о европској технолошкој заједници.

Политика за индустрију: Циљеви су побољшање амбијента за конкурентну способност иновативних предузећа (посебно малих и средњих предузећа) на међународном нивоу, унапређењем истраживања и развоја кооперацијама и олакшицама приликом организационог и структурног прилагођавања.

2.4. Фазе европске интеграције и статус Србије

На путу ка пуноправном чланству у Европској унији свака земља пролази кроз 7 добро дефинисаних фаза [4]. Са датумима који се односе на Србију то су :

Фаза 1: Припремна фаза.

Фаза 2: Позитивна *Студија изводљивости*. (Одлука од 25.04. 2005. године).

Фаза 3: Преговори о закључивању *Споразума о стабилизацији и придруживању*. (Одлука Савета Министара Европске уније од 03.10. 2005. године). **Преговори су прекинути !**

Фаза 4: Потписивање и спровођење *Споразума о стабилизацији и придруживању*.

Фаза 5: Кандидатура за чланство у Европској унији.

Фаза 6: Преговори о пуноправном чланству.

Фаза 7: Потписивање *Споразума о приступању Европској унији* на позив Европског савета.

Споразум о стабилизацији и придруживању садржи 10 поглавља. То су: *Општи принципи, Политички дијалог, Регионална сарадња, Слободно кретање робе, Кретање капитала и давање услуга, Усклађивање законодавства, Правосуђе и унутрашњи послови, Политика сарадње, Финансијска сарадња*, као и *Институционалне, опште и завршне одредбе*. Сматрало се да су на почетку Фазе 3 Србија и Црна Гора имале предност у односу на остале земље региона у тренутку њиховог започињања исте фазе јер су нека усаглашавања са стандардима Европе већ била остварена. Албанија је, на пример, започела ову фазу још 2003. године, док је Македонија поднела кандидатуру за чланство 2004. године. Када се потпише коначан *Споразум о приступању Европској унији*, потребна је његова ратификација од стране свих земаља које су већ примљене, као и коначно одобрење *Споразума* од стране Савета министара Европске уније.

3. ЕНЕА+ЕРА ИНТЕГРАЦИЈА

Потребно је да се дефинише неопходан и реалан начин сарадње између универзитета и индустрије, узимајући у обзир трендове у европској интеграцији за активности образовања, истраживања и развоја. Основу за разматрања чине два актуелна програма – TEMPUS програм у образовању и FP6-7 програм у истраживању.

3.1. Европски интеграциони процеси

Даљи изазови и приоритети у развоју европског образовног простора (ЕНЕА) и европског истраживачког простора (ЕРА) у оквиру европских интеграционих процеса подразумевају обједињавање ових академских активности ради остварења будућег друштва Европе заснованог на знању. *Бергенски коминике* као излазни документ са *Министарског састанка Европе* истиче [5] значај високог образовања у даљем унапређењу истраживања, као и значај истраживања у подржавању високог образовања за економски и културни развој европског друштва и његову социјалну кохезију. Такође је истакнуто да напори за извођење структурних промена и побољшање квалитета наставе не би требало да умање напоре да се интензивирају иновационе и истраживачке активности. Зато је истакнут посебан значај истраживања и тренинга за потребе истраживања ради одржавања квалитета и унапређења конкурентности и атрактивности образовног простора (ЕНЕА). Гледајући перспективу добијања бољих резултата, препозната је потреба за побољшање нивоа синергије између области високог образовања и других области истраживања у свим европским земљама, као и између образовног простора и истраживачког простора Европе. Ради остварења ових циљева квалификације на нивоу доктората морају да буду потпуно на линији са опште прихваћеним европским оквиром за квалификације, користећи приступ заснован на резултатима (исходима) учења.

Оквир политике ЕУА асоцијације универзитета Европе за изградњу европског друштва заснованог на знању кроз високо образовања и истраживање [6, 7] такође истиче важне циљеве. Универзитети треба да демонстрирају нераскидиву везу у примени *Болоњског процеса* и усаглашавању истраживачких и иновационих циљева *Лисабонског документа*. Ова два садржаја политике развоја треба да се посматрају заједно да би били успешни за дугорочнији период. Препознавање заједништва садржаја истраживања и високог образовања треба

да утиче на нова размишљања о улози и релацијама компетентних Влада (компетентних и за развој Србије заинтересованих ресорних министарстава) са реформисаним универзитетом у коме професори, сарадници и студенти разумеју његов значај и доприносе њему. Будуће компетентне Владе треба да истакну поверење и јачање, обезбеђујући подстицај ради подршке и управљања комплексним системом високог образовања тиме што ће се концентрисати радије на надгледање него на недовољно добру регулативну улогу. Важност инвестирања у образовање, иновационе процесе и истраживање ради остварења Лисабонских циљева и централне улоге универзитета значе да је потребна политика разговора између универзитета и националних ауторитета која треба да се спроведе тренинзима који унапређују знање кроз оригинална истраживања. Разматрајући неопходност промена програма докторских студија као и потребу за транспарентним надгледањем и оцењивањем, сматра се да нормално оптерећење за докторске студије у већини земаља треба да буде 3-4 године пуног радног времена.

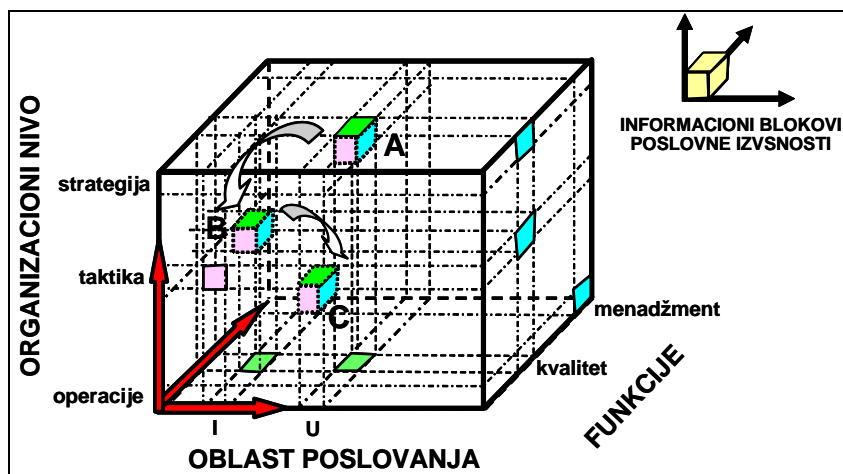
3.2. Заједничка изврност у партнерству Универзитет & Индустрија

Универзитет и индустрија (У&И) представљају важно пословно окружење једно другом, али у међусобној сарадњи они имају и заједничко пословно окружење – светско тржиште производа и услуга [8]. Производи универзитета су експерти свих могућих профила експертности који касније треба да преузму обавезе у развоју индустрије. То је дефинисано моделом (слика 1) чије су димензије:

{Област пословања – Организациони ниво - Функције}.

Укупан простор стања заједничких пословних активности универзитета и индустрије је изграђен од заједничких информационих блокова пословне изврности. Таква три информациона блока су дефинисана на истој слици, а повезани су другим међу-блоковима и информационим токовима ради трансфера знања:

- Блок А: {Образовање – Стратегија - Квалитет}
- Блок В: {Индустрија – Тактика – Квалитет}
- Блок С: {Индустрија – Пословне активности – Менаџмент}.



Слика 1. Модел заједничке пословне изврности У&И

Простор стања за унапређење укупних пословних активности у међусобној сарадњи универзитета и индустрије је приказан на слици 2. Пословне активности универзитета су приказане у координатном систему

{образовање – истраживање – укупан приход}

и кретањем од координатног почетка до тачке која симболички припада и дефинише дијаграм укупног пословања са индексом годишњег раста прихода. Пословне активности производних предузећа су приказане у координатном систему

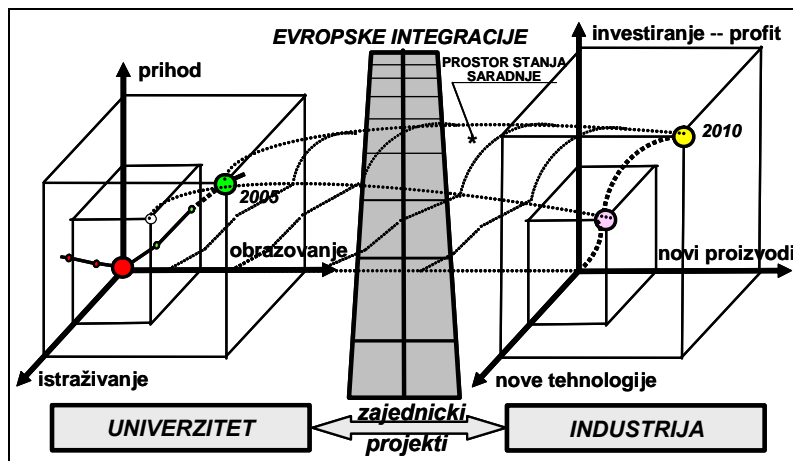
{нови производ – нова технологија – инвестирање и профит}

у тренутку када главне проблеме у земљи представљају власничка трансформација и транзиција. За универзитет и индустрију ово кретање кроз дефинисани заједнички простор стања значи успешан пут према европским интеграцијама.

3.3. Менаџмент активностима истраживања

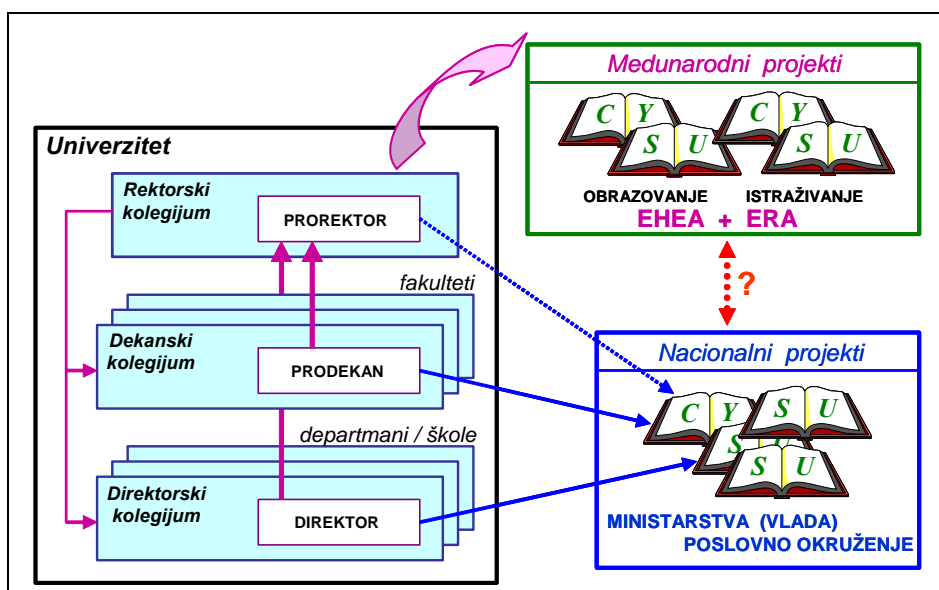
Менаџмент активностима истраживања на универзитету је традиционална академска функционална обавеза проректора универзитета и продекана факултета (слика 3). Проректори и продекани су чланови

ректорских и деканских колегијума који припремају одлуке које треба да донесу Научно-наставно веће, Савет, Сенат или Управни одбор. Пројекти међународне сарадње се реализују посредством универзитета као препознатљиве и признате академске институције за Европу (то нису факултети без обзира на правни статус). Пројекте од националног значаја уговарају и реализују директно факултети, на основу статуса правног лица. Полазећи од ових актуелних чињеница неопходно је прилагођавање трендовима обједињавања образовног и истраживачког простора Европе и напуштање неких ставова и непотребних ограничења у развоју. У активностима истраживања квалитет се процењује за следеће компоненте :



Слика 2. У&И заједно ка европским интеграцијама

- Квалитет актуелних истраживачких програма;
- Квалитет наставних модула и студијских програма у функцији истраживања;
- Квалитет перформанси (радних карактеристика) студената;
- Квалитет перформанси (радних и педагошко-андрагошких карактеристика) професора;
- Квалитет предавања професора и учења студената;
- Квалитет наставних материјала у функцији расположивих материјалних ресурса;
- Квалитет релације "настава-истраживање";
- Квалитет пројектне документације и документације уговарања;
- Квалитет резултата истраживања (пројеката) и ширења примене добијених резултата;
- Степен задовољења очекивања студената од универзитетске наставе;
- Степен задовољења очекивања истраживача и слобода критичког мишљења;
- Степен задовољења очекивања корисника истраживања;
- Запосленост на основу примене резултата истраживања;
- Достигнути ниво међународне сарадње у истраживању;
- Размена резултата истраживања са међународним истраживачким институцијама.

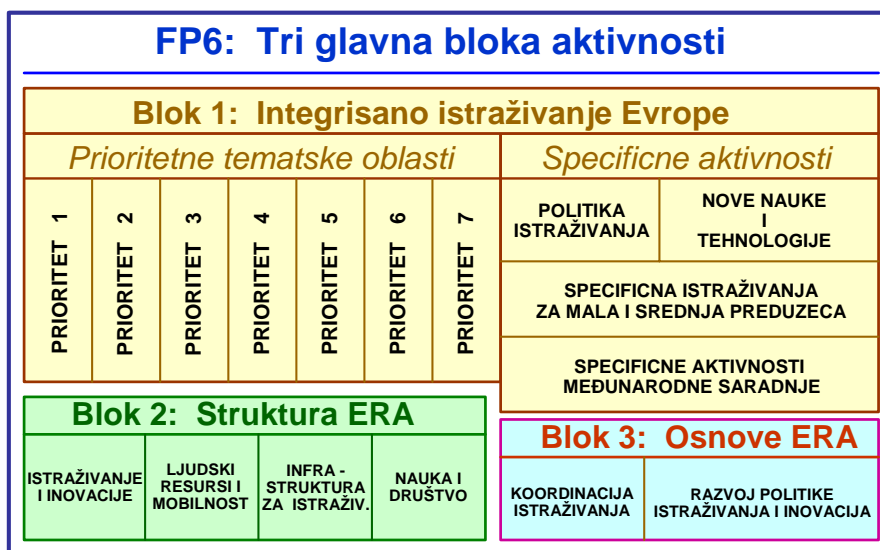


Слика 3. Менаџмент активностима истраживања

Актуелност истраживачких планова и програма подразумева прецизно дефинисање научно-истраживачких приоритета сваке земље који треба да буду комплементарни са приоритетима програма које финансира Европска унија. Те програме реализују истраживачки потенцијали универзитета и института у сарадњи са индустријом / привредом.

Пројекти ТЕМПУС програма Европске уније који се односе на наставне делатности имали су циљ да универзитете Централне и Југоисточне Европе припреме за улазак у заједнички образовни простор Европе. То су, пре свега, пројекти сарадње са универзитетима Европске уније ради коришћења њиховог позитивног искуства и ради увођења успешних решења, модификованих специфичностима рада домаћих универзитета. ТЕМПУС програм има следеће приоритете [9] које је одредила Европска комисија :

- Менаџмент универзитетом - UM,
- Развој наставних планова и програма - CD,
- Изградња институција - IB,
- Мобилност наставника и студената - M,
- Комуникационе мреже - NP.



Слика 4. FP6 и други блокови истраживачких активности

У европским програмима истраживања који имају за циљ интеграцију и развој заједничког европског простора за истраживање (ERA) тренутно је још актуелан *The sixth Framework Programme* [10], а започео је и нови наредни петогодишњи истраживачки циклус - *The seventh Framework Programme*. FP6 програмски оквир истраживања обухвата активности Европске уније у области истраживања, технолошког развоја (RTD – Research and Technological Development) за период 2002-2006. године са следећим европски приоритетима у истраживању:

- Приоритет 1:* Природне науке, геноми и биотехнологија у здравству,
Приоритет 2: Технологије информационог друштва (IST),
Приоритет 3: Нано-технологије, нано-науке, знању оријентисани функционални материјали, нови производни процеси и уређаји,
Приоритет 4: Аеронаутика и космос,
Приоритет 5: Квалитет хране и сигурност,
Приоритет 6: Одрживи развој, глобалне промене и еко-системи,
Приоритет 7: Грађани и јавне управе у знању оријентисаном друштву.

Европска политика у реализацији друштва заснованог на знању подразумева акциони план означен као **Европа**. Средњерочно и дугорочно планирање истраживања и технолошког развоја будућих генерација у области технологијама интегрисаних компјутера и комуникационих мрежа у свакодневном животу стављају човека у средиште проблема. Главне тематске области за приоритет 2 или технологије информационог друштва су: *Примењено IST истраживање усмерено на главне друштвене и економске изазове, Комуникације, системи прорачуна и software-технологије, Компоненте и микросистеми, Технологије знања и међувеза, као и IST будућност и емергентне технологије.*

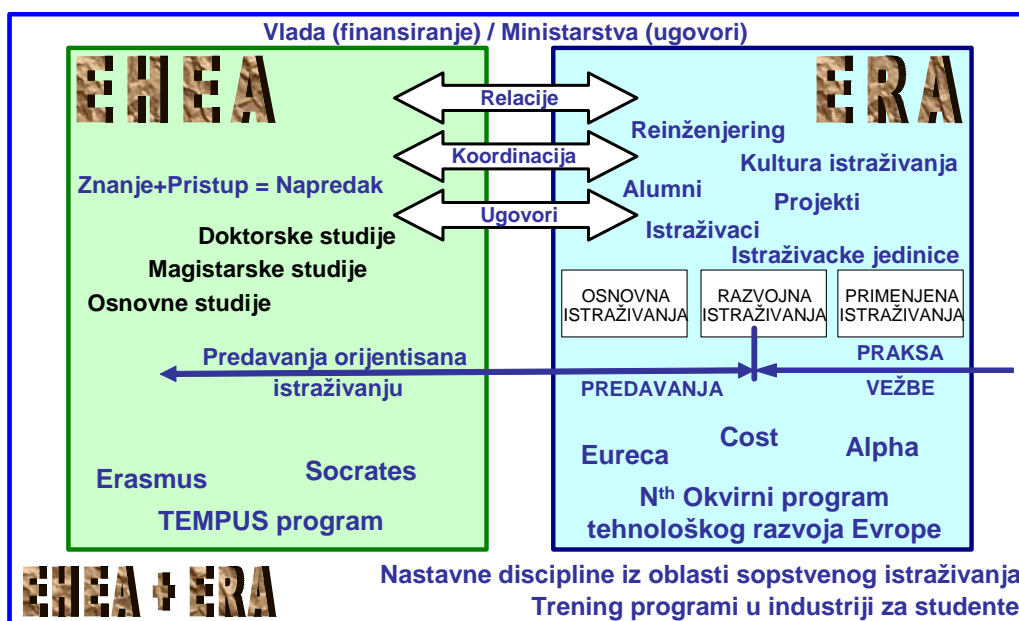
Сврставајући Србију у групи са Турском и Хрватском на основу *Меморандума о разумевању*, недавно је завршено конкурисање предлог пројеката за специјални програм капацитета као део FP7 Оквирног радног програма (Framework Programme 2007) за истраживање и технолошки развој са следећим приоритетима који приближавају регион Балкана Европском истраживачком простору (ERA):

- FP7-REGPOT-2007-1: *Unlocking and developing the research potential in the EU's convergence regions and outermost regions.*
- FP7-REGPOT-2007-2: *Providing evaluation facilities for research organisation in the EU's convergence and outermost regions.*
- FP7-REGPOT-2007-3: *International Co-operation.*
- FP7-REGPOT-2007-4: *Trans-national co-operation among NCPs.*

FP7 је главни инструмент Европске уније за финансирање истраживања за наредни период од 2007-13. године. Буџет за овај период износи 50,5 билиона € што је повећање од 41% у односу на претходни FP6 како би се унапредила конкуритивност и запосленост у Европи. FP7 садржи 4 главна блока и пети специфични блок за нуклеарна истраживања. Главни блокови су:

COOPERATION – Collaborative research	32.365 €
PEOPLE – Human Potential, Marie Curie actions	4.728 €
CAPACITIES – Research capacities	4.217 €
JOINT RESEARCH CENTRE	1.751 €

Најатрактивнији приоритетни блок истраживања **Cooperation Programme** садржи следеће области и буџете: Health (6.050 €); Food, Agriculture and Biotechnologies (1.935 €); Information and Communication Technologies (9.110 €); Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies (3.500 €); Energy (2.300 €); Environment (including climate change) (1.800 €); Transport (including Aeronautics) (4.180 €); Socio-economic sciences and Humanities (610 €); Security (1.350 €) and Space (1.430 €).



Слика 5. Интеграција образовања и истраживања

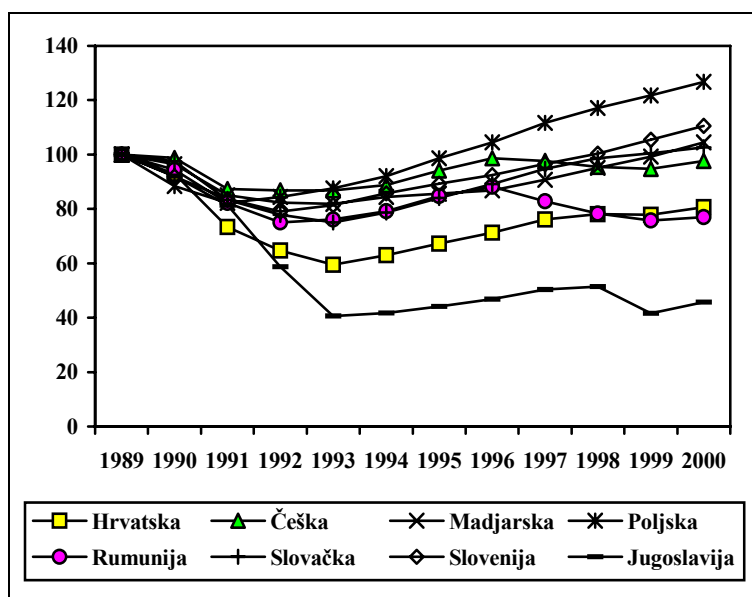
Модел ICT интеграције простора ЕНЕА+ЕРА је приказан на слици 5. Према приказаном моделу многе наставне дисциплине основних, а нарочито "мастер" и докторских студија, треба да проистекну из области сопственог истраживања наставника и институције високог образовања. То значи да су предавања оријентисана резултатима истраживања, а треба да постоје и пројектима оријентисани наставни модули и програми. Праксу студенти стичу у индустрији и привреди као главним корисницима резултата истраживања (развојних, примењених и делимично основних). Посебни стручни тренинзи за студенте и експерте из индустрије се организују на универзитету и у индустрији. Студенти у индустрији проверавају теоријске моделе и знања стечена на предавањима у реалним условима рада индустрије и привредних предузећа као и на основу реалне базе података/знања. У другом смеру едукације, експерти индустрије тренинзима на универзитету иновирају раније стечена знања новим технологијама и системима, припремајући се за нове радне садржаје ради одржавања конкуритивности индустрије на строгом тржишту са сталних промена и новим захтевима [12, 13].

Повратна информација добијена од чланова АЛУМНИ асоцијације и других корисника образовања повезује више подсистема Система обезбеђења квалитета у индустрији и на универзитету [14, 15]. Многобројним активностима АЛУМНИ асоцијације као и одговорима на упитнике о оствареним очекивањима која се односе на стечена знања на универзитету, обезбеђује се континуално и постепено унапређење активности образовања и истраживања. Ова интеграција је примарно заснована на високим информационим технологијама и актуелним комуникационим могућностима мрежама повезаних партнера универзитетског света и пословног света АЛУМНИ асоцијације.

4. ПРОБЛЕМИ ИНДУСТРИЈЕ У ТРАНЗИЦИЈИ И ВЛАСНИЧКОЈ ТРАНСФОРМАЦИЈИ

Демократске промене у Србији крајем 2000. године створиле су услове за обнову привреде земље и поновни економски развој, а посебно потребу за убрзаном транзицијом домаће индустрије и њену интеграцију у европску и светску привреду и глобалне процесе [16]. То је била нова политичка позиција земље са обновљеним комуникацијама према иностраним партнерима услед укидања санкција и стварањем реалне перспективе за обнову и даљи развој. Санкције и ратови су уништили привреду земље услед чега је настао драстичан пад животног стандарда који је даље утицао на масован одлив тек дипломираних експерата. У даљем развоју било је значајно да се обезбеди брза обнова и опоравак индустрије као основне снаге за даљи економски раст земље. То се пре свега односи на индустрију прераде метала коју чине металопрерађивачка индустрија, машиноградња, електро-индустрија и производња саобраћајних средстава, а која је у прошлости имала значајан удео у друштвеном производу, а посебно у извозу. У временима опоравка индустрије и привреде важна је анализа десетогодишњег искуства у транзицији земаља Централне и Источне Европе и стања њихових привреда (слика 6).

Привреде и индустрије земаља у транзицији (Централне и Источне Европе и бивши СССР) у првој половини 90-тих година прошлог века (почетна фаза транзиције) бележе пад производње и друштвеног производа тако што су практично ушле у процес "транзиционе рецесије". Опоравак почиње у другој половини 90-тих година и после 10 година реформи, а само 4 земље су достигле ниво реалног друштвеног производа (енгл: GDP - *Gross Domestic Product*) од 1989. године (Пољска 1995, Словенија 1998, Словачка 1999. и Мађарска 2000. године) [17]. У 2000. години земље у транзицији бележе изузетан раст GDP са просечних 6 %, а посебно је успешан опоравак Русије са 7,7 % раста (просек за Европску унију у 2000. години је био 3,3 %). Реални друштвени производ тадашње Југославије по становнику је у 2000. години износио 25 % просека Европске уније. На слици 6 дат је преглед промене GDP наведених земаља у транзицији. Раст индустријске производње земаља у транзицији у 2000. години је у просеку 9%, што представља највећи пораст у задњој деценији. Сличне промене догодиле су се и код вредности извоза робе земаља у транзицији. Упоредном анализом промена реалног друштвеног производа, индустријске производње и извоза земаља у транзицији, може да се констатује да је код већине земаља дошло до бржег раста извоза, независно од тога да ли је достигнут ниво индустријске производње са почетка транзиције.



Слика 6. Реални друштвени производ земаља у транзицији

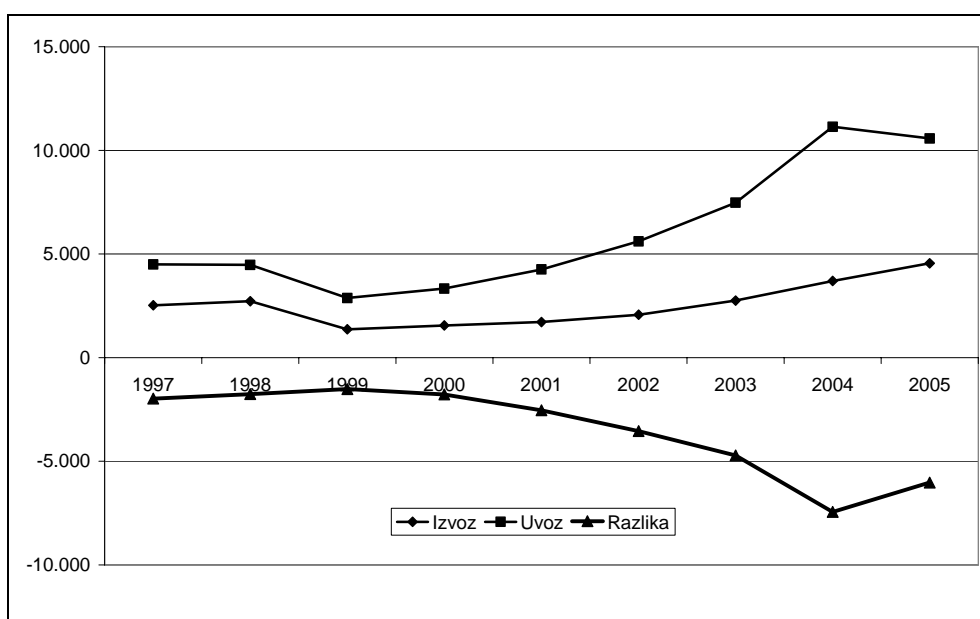
После губитка већег дела тржишта, пада производње од 30-85 %, деценијске стагнације и кризе, економских санкција и ратова, индустрија прераде метала Србије је ушла у 2001. годину веома ослабљена, пре свега тржишно, програмски, технолошки, економски и кадровски. Део капацитета ваздухопловне индустрије, индустрије моторних возила и других, делимично је обновљен после бомбардовања. У основи, највећи део производних капацитета из периода до 1990. године, за производњу машина, моторних и прикључних возила, мотора, компоненти и делова за возила, вагона, бродова, апарата за домаћинство, металних полупроизвода је сачуван и у позицији да се бори за повратак на домаће и светско тржиште. Конкурентност домаћих производа је такође опала због проблема покретања и кредитирања производње са одговарајућим гаранцијама банака по чему је Србија недовољно конкурентни. Велика инерција постоји и у повратку старих тражењу нових пословних партнера који би допринели успеху у интеграционим процесима Европе. Показало се да је губитак пословних партнера у дугом периоду под санкцијама велики проблем који се тешко и споро надокнађује. Технолошки застарела опрема за период санкција је посебан проблем.

У протеклом периоду технолошки ниво производа за извоз није био прилагођен захтевима светског тржишта (квалитет, цена, недовољне иновативне активности, недовољне стране директне инвестиције). На слици 7 су приказане вредности увоза, извоза и разлике са сталним спољно-трговинским дефицитом за период од 1997-2005. године. Ограничења за недовољан извоз су високе каматне стопе на домаћем тржишту, смањени кредитни потенцијал банака, недостатак обртног капитала за покретање и финансирање производње и још увек недовољна сарадња привреде Србије са партнерима из иностранства [18].

На основу приказаног стања индустрије прераде метала може се констатовати да је остварен велики пад вредности реалног друштвеног производа, извоза и производње који је већи у односу на друге земље у транзицији. Од низа различитих приоритета за опоравак и развоја домаће индустрије у целини и уважавајући тренутно стање постављају се следећи примарни циљеви :

- Обезбедити конкурентност производа и услуга на међународном тржишту.
- Развити структуру индустрије која се интегрише у привреду Европе.
- Развијати индустрију и привреду базирану на знању и у сарадњи са универзитетом.
- Свако предузеће и компанија треба да уграде едукацију као развојну активност.

Зато је неопходно да се дефинише заједничка изврност у пословању универзитета и индустрије на основана универзитетског и индустријских система обезбеђивања квалитета како би се заједничким пројектима прилагодили интеграционим трендовима Европе.



Слика 7. Робна размена са иностранством

5. КАПАЦИТЕТИ ЗА ПРОМЕНЕ СУ ПРЕДУСЛОВ ЗА БУДУЋНОСТ

Тешко је да се квантитативно утврде капацитети за промене на универзитету и у индустрији, иако постоје одређена испитивања стања у овим важним секторима, као и испитивања јавног мњења. Чини се да је прилична већина више декларативно за промене него што то показују понашања, резултати гласања и сами резултати рада. У даљем тексту се наводе позитивни и негативни аргументи за промене (тренутне вредности и стања), према мишљењима аутора.

5.1. Универзитет

ПОЗИТИВНИ АРГУМЕНТИ ЗА ПРОМЕНЕ:

- Уведена је настава према принципима *Болоњске декларације*.
- Наставници улажу велике напоре у увођењу нових једносеместралних предмета.
- Идентификовани су проблеми у променама наставних планова и програма.
- Постоји могућност учествовања у развојним програмима Европске уније.

НЕГАТИВНИ АРГУМЕНТИ ЗА ПРОМЕНЕ:

- Држава и Влада нису обезбедиле материјалну подршку за успешно спровођење реформе.
- Увођење нових предмета и напори наставника нису адекватно признати.
- Студенти нису довољно упознати са свим принципима Болоњске декларације [19, 20].

Праксу за студенте не треба организовати без уговора са индустријом и без обезбеђења материјалних средстава од Владе.

Законски прелазни статус асистената се не користи на адекватан начин. Не постоји правилан развој асистената за будуће професоре.

Директна сарадња универзитета са индустријом и привредом на технолошком развоју је недовољна.

Универзитет не утиче довољно на повећање вредности индустрија и предузећа у процесу транзиције.

5.2. Индустрија

ПОЗИТИВНИ АРГУМЕНТИ ЗА ПРОМЕНЕ:

Постоји мањи број позитивних примера успешног пословања и транзиције.

Крај тзв. великим системима са лошим пословањем је успорен и без коначног решења.

Традиција у индустријској производњи постоји, али се постепено губи одлагањем решења.

Централни географски положај у Југоисточној Европи и везе са целом Европом.

НЕГАТИВНИ АРГУМЕНТИ ЗА ПРОМЕНЕ:

Незаинтересованост индустрије за сарадњу са универзитетом, нарочито у процесима транзиције и власничке трансформације.

Више формална подршка индустрије програмима технолошког развоја Министарства.

Незаинтересованост за активно учешће на научно-стручним скуповима радовима својих експерата.

Недостатак капацитета за међународне програме Европске уније.

Обучени кадрови, инсталирана опрема и расположиве технологије се не обнављају.

Политизација фабрика и често неуспешна решења у транзицији и власничкој трансформацији

Праксу за студенте не треба организовати без уговора са универзитетом и обезбеђеним средствима Владе.

Трендови и ефекти евро-атланских интеграција су мало познати у индустрији и привреди.

Недостатак правих критеријума вредности без дефинисаних стратегија и позитивних перспектива будућег друштва се преноси и на универзитет и индустрију. Силно време губимо у чекању да нам неко ко је "крив" одреди будућност, док ми рационализујемо сопствени нерад и сопствене невоље. Недостаје нам рационално мишљење о датим проблемима у датим условима. Намећемо себи проблеме које не можемо да решимо, уместо да креативно размишљамо како да незапосленост (око 28%) приближимо европског стандарду (тренутно 8%). Почели смо да радимо организовано у Румунији, дипломирани бесперспективни експерти и даље одлазе у свет. Студенти без пасоша су дуго били затворени у "простору" где су и формирали погрешна мишљења. У тромесечном погађању странака око формирања нове владе изгледа да министарства за просвету, технолошки развој, здравство и културу нису била важна и привлачна странкама које су добиле гласове. Позитивни примери и знање су опасни за фотеље. **Индустрија** за сада није способна да учествује у програмима развоја Европске уније без потребне припреме и помоћи **универзитета**.

Када схватимо да су знање, одговорност, памет, слобода мишљења без предрасуда и квалитет живота универзалне вредности и за нас, разумећемо и наш одложени концепт будућности. Усавршили смо менталитет скривања, уместо аргументованог одлучивања. Схватимо да универзитет може само да подигне вредност индустрије у процесима транзиције и власничке трансформације, а не да контролише личне интересе у том процесу. Магле су у нашим главама, а не у долинама река.

6. ПЕРСПЕКТИВА ЕВРОПСКОГ ИНТЕГРАЦИОНОГ ПРОЦЕСА

Интеграциони кораци до сада нису, нити могу да се спроведу истовремено са свим државама Европе. Флексибилност у припремању за чланство треба да спречи опадање темпа интеграције и да омогући државама које желе да брже напредују, да то и остваре. Степената интеграција подразумева процес уједињења који се одвија различитим брзинама или различитим интензитетом ("Европа различитих брзина интегрисања"). То значи да интеграција није условљена брзином најспорије државе чланице која се највише опире интензивнијем процесу интеграције.

Основна идеја је очување сопствених вредности, традиција и разноликости интегрисаних земаља, уз истовремено очување јединства и усвајање нових вредности Европске уније. Спутивање централистичких тенденција остварује се утврђивањем заједничких основних права и вредности и јасних подела надлежности са специфичним задацима и већим маневарским простором владама држава чланица. То би више одговарало концепту "Сједињених држава Европе" него концепту "европске супер државе".

Према извештају *Лондонског центра за европску реформу* за 2005. годину, Данска је на првом месту у остваривању циљева које Европа треба да достигне до 2010. године. Показатељи привредног напретка земаља чланица су: *Продуктивност рада по запосленом, Стопа запослености (укупно, за жене и за старије особе), Ниво образовања младих (20-24 године), Процент ВДР за истраживање и развој, Пословне инвестиције, Упоредни нивои цена, Стопа ризика од сиромаштва, Стопа дугорочне незапослености, Дисперзија регионалне стопе, Емисија гасова са ефектом стаклене баите, Енергетска ефикасност, као и Обим транспорта.*

Неодложно прилагођавање Србије европским стандардима је сигурно наш општи интерес. Не треба то да радимо зато "што нас присиљавају", "што нас мрзе" или "што су љубоморни на наше традиције и успех", већ зато што морамо да напредујемо у интегрисаној Европи. Нико нам при томе не забрањује да успешно сарађујемо са Русијом, Кином, Јапаном, Индијом, Америком, Канадом и другим ваневропским земљама. Зато и индустрија и универзитет треба да дефинишу своје интегрисане системе за обезбеђивање квалитета својих активности [21]. Све остало води неизвесном одлагању и застоју у развоју у односу на суседне земље региона. Зато је неопходна регионална сарадња свих земаља Балкана коју треба да дефинишу и координирају универзитети балканских земаља [22].



Слика 8. Секција Младеновац Алумни асоцијације Машиноског факултета аМЕВ

7. ЗАКЉУЧАК

Евро-атланске интеграције су комплексни и дугорочни процеси који су неповратни и који треба да буду комплетирани интеграцијом свих земаља Европе. Приликом задњих неколико промена председништва у Европској унији (Грчка, Италија, Ирска, Велика Британија, Аустрија, Немачка) увек је истицана неопходност да Балкан комплетно буде интегрисан у Европу. Европа не сме да поново афирмише ранију идеју тзв. "гвоздене завесе" која ће је делити као граница. Зона слободе и просперитета мора да укључи целу Европу флексибилним интегрисањем преосталих земаља и праведним решавањем пратећих проблема.

За Србију је Европа неизбежна судбина [1] и природна културна и пословна оријентација. У тој интеграцији неоспоравани национални идентитет задржава и се комбинује са ширим такође неоспораваним и добро образложеним европским идентитетом и европским вредностима. Поставља се питање каква је наша интеграција у Европу са губитком од више 400.000 образованих младих људи без којих је Србија остала из познатих разлога. Услови са перспективом и високом стандардом живота морају да се обезбеде без одлагања.

Интегрисани систем обезбеђивања квалитета има важну интеграциону улогу у релацији "Универзитет -- Индустрија" која доприноси успостављању пословне и информационо-комуникационе везе академских институција (универзитети, факултети/департамани/школе, институти и центри) са пословним окружењем (индустрија или привреда). Парцијалне релације су једностране или обостране и односе се на образовање, истраживање, развој, консултантске услуге, повратне информације, заједничка улагања и дефинисање потреба друштва за појединим профилима стручности у сарадњи са релевантним министарствима Владе. Универзитет и индустрија / привреда представљају важно пословно окружење једно другом, али у међусобној сарадњи имају и заједничко пословно окружење – светско тржиште производа и услуга. Зато је од посебне важности да се дефинише модел заједничке пословне изврности са градским и међународним АЛУМНИ секцијама (слика 8).

Постављени циљеви са неопходним променама у реформи високог образовања се постижу кроз континуалну повратну везу универзитета са образовно-пословним окружењем. Са усвојеним стандардима за европску интеграцију универзитет представља основну институцију за развој знању оријентисаног друштва са експертима за нове пословне изазове. Интеракција високог образовања и индустрије/привреде је важан сегмент у актуелној реформи и интеграцији истраживачких активности у интегрисани систем обезбеђења квалитета. Универзитети треба да припреме домаћу индустрију за интеграционе процесе Европе дефинисане Болоњском декларацијом. Сарадња у заједничком ЕНЕА+ЕРА простору Европе је неопходност, реална да се у Србији оствари кроз темељну припрему од године дана.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Спасић, Ж., *Интегрисани систем квалитета дигиталног универзитета*, Монографија, Машински факултет, Београд, 2007, стр. 516.
- [2] Спасић, Ж., *Европске интеграције – Судбина дезинтегрисане Србије*, Уводни рад, Зборник радова 32. Јупитер конференције, Машински факултет, Златибор, 2006. CD: ТФ6 –ТФ17.
- [3] <http://www.nato.int/issues/pfp/index.html>
- [4] Weidenfeld, W., Wessels, W., *Europa von A bis Z, Taschenbuch der europäischen Integration*, Europa Union Verlag GmbH, Bon, 2002.
- [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., 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, Pp 56.
- [9] European Commission: *TEMPUS Guide for applicants, Part 2: Activities, Glossary of terms*, Brussels, 2002.
- [10] European Commission: *The sixth Framework Programme in Brief*, Brussels, 2004.
- [11] European Commission: *Capacities Work Programme 2007*, 563, Brussels, 2007.
- [12] Spasić, Ž., Veljković, R., Ilić, B., Petrović, P., *Industry in Integrated Education and Research Space of Europe*, Leading paper, XII Conference on Industrial Systems – IS '05, FTN, Herceg Novi, 2005.
- [13] Spasić, Ž., Petrović, P., Pilipović, M., *Actual Trends of University Activities in European Integration Processes*, Invited paper, Transactions on Mechanics, Scientific Bulliten of the Politehnica University of Timisoara, Timisoara, 2005.
- [14] Спасић, Ж., *Пројектоване активности Алумни Фонда аМЕВ*, Уводни рад, I Конгрес Алумни Фонда Машинског факултета "Актуелни задаци машинства", Машински факултет, Београд, 2005. стр. 15-22.
- [15] *Алумни Фонд Машинског факултета Универзитета у Београду аМЕВ*, Саопштења I Конгреса "Актуелни задаци машинства", Уредници: Спасић, Ж., Недељковић, М., ИСБН 86-7083-542-8, Машински факултет, Београд, 2005. стр. 152.
- [16] Пилиповић, М., *Елементи за стратегију развоја Индустије прераде метала: Експертска разматрања*, 28. Јупитер конференција, Уводни реферат, Машински факултет Београд – Јупитер асоцијација, ИСБН 86-7083-430-8, Београд 2002., стр. С.17-С.26.
- [17] Secretariat of the Economic Commission for Europe: *Economic Survey of Europe*, United Nations, New York-Geneve, 2001.
- [18] Група аутора, *Стратегија привредног развоја Србије до 2010.*, Књига ИИ, Изабрани развојни програми, Уредник: Матејић, В., Министарство за науку, технологије и развој, ИСБН 86-7282-054-1, Београд 2002.
- [19] Spasić, Ž., *Quality of Engineering Education: Students as Partners in the Bologna Process*, VIII International Conference on "Material Handling, Construction and Logistic", MHCL'06, Plenary paper for Round Table, Belgrade, 2006, pp. 293-298.
- [20] Спасић, Ж., *Студенти су академски потенцијал за интеграцију дигиталног универзитета и дигиталне фабрике Европе-2010 оријентисане знању*, 26. симпозијум "СИМ у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала", Машински факултет, Златибор, 2007.
- [21] Spasić, Ž., *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, 2006. pp. 117-127.
- [22] Batt, J., *The EU's New Borderlands*, Centre for European Reform, London, 2003.
- [23] Спасић, Ж., Недељковић, М., Бошњак, С., Обрадовић, А., *Машински факултет Универзитета у Београду – Мисија на путу ка европској интеграцији*, Машински факултет, Београд, 2003, стр. 520.

Ž. Spasić, M. Pilipović

POSSIBILITIES OF SERBIAN INDUSTRY AND UNIVERSITIES IN EURO-ATLANTIC INTEGRATIONS – Our Alternatives are European Perspectives or further Uncertainty, Keynote paper

Abstract. Industry and University are in front of alternative ways – The European perspective or further uncertainty in development and reform activities. That is why we have to perceive the actual positions in order to recognise and to find all necessary solutions of accumulated problems. Our common goals with results, good ranking university and competitive industry in the knowledge oriented Europe 2010 will be valued and judged by new generations of students and future diploma experts. It is up to the University to prepare the Serbian Industry for better and more integrated Western Balkan country in the FP7 networks, as a prerequisite of successful integration into the European Research and European common Higher Education Areas. Are we enough responsible to recognise the mutual interest between Industry and University?

Key Words: Euro-Atlantic Integrations, Education, Research, University, Industry, European programmes



Милачић, В.Р.¹

**ИНДУСТРИЈА – ИНЖЕЊЕРСТВО – ЈУПИТЕР СИСТЕМ – НОВИ МАНИФЕСТ
ОРГАНИЗОВАНЕ ИНДУСТРИЈЕ СРБИЈЕ**

„Ако избије пожар у кући и неко, ко дође да га гаси, баца око на својину власника те куће, те је узме за себе, да буде бачен у ту исту ватру.”

Хамурабијев законик, 2180. године п.н.е.

„Дивно је постати богат.”

Денг Хсјаопинг, председник Кине.

1. ПРОЛОГ – УМЕСТО УВОДА

Летимичан поглед на нашу планету открива бројна места и зоне где је избио пожар, или пак тињају места пред пожар, на која су они који га гасе „бацили око”. То је истина и после 4000 година развоја човекове културе.

Човек који је „увео Кину у капитализам” поручује да је дивно постати богат. Кина, као многољудна земља, ужурбано креће у том правцу, да се придружи богатима, пропагирајући „пут у капитализам”.

Тешко је укратко означити стање у коме се свет налази данас, али, може се констатовати да је свет у процесу, до данас невиђене, глобализације, која генерише стање хаоса у коме су богати све богатији, док су сиромашни све сиромашнији.

На врху управљачке пирамиде света јесте група Г7+1, или Г8, која покушава да управља токовима наше цивилизације кроз глобалне доктринарне директиве.

Аутор ових редова је покушао да „конструира” мапу ове глобалистичке олигархије кроз неколико показатеља, који су синтетичког карактера. Тако се у табели 1 даје лична карта Г8, кроз следеће показатеље: бруто друштвени производ (БНД), број становника, БНД по становнику, индекс спремности за умрежавање [1] и индекс среће [2].

Табела 1: Г8 – „лична карта”.

Земља	БДП [млрд. USD]	Становништво у милионима	БДП/становнику [USD]	Индекс умрежавања (ранг међу 122 земље)	Индекс среће [%]
САД	11.013	291	40.100	5.54 (7)	92
Јапан	4.361	128	29.400	5.27 (14)	80
Немачка	2.086	83	28.700	5.22 (16)	83
В. Британија	1.680	59	29.600	5.45 (9)	89
Француска	1.522	60	28.700	4.99 (23)	89
Италија	1.243	58	27.700	4.19 (38)	77
Канада	774	32	31.500	5.35 (11)	94
Русија	374	148	9.800	3.54 (72)	42
Укупно:	12.041	859	Светски просек: 8.800 USD Просек ЕУ: 26.900 USD		

¹ Др Владимир Р. Милачић, ред. проф. у пензији Машинског факултета Универзитета у Београду

Одмах иза ове табеле нудимо другу табелу, која се односи на земље Балкана и наше суседи.

Табела 2: Земље Балкана и наши суседи.

Земља	БДП [млрд.USD]	Становништво у милионима	БДП/становнику [USD]	Индекс умрежавања (ранг међу 122 земље)	Индекс среће [%]
Србија и Црна Гора	46,44	10,8	4.300	3,48 (74)	42
Словенија	46,80	2,0	23.400	4,41 (30)	73
Хрватска	59,40	4,5	13.200	4,00 (46)	75
Босна и Херцеговина	25,30	4,6	5.500	3,20 (89)	–
Македонија	17,22	2,1	8.200	3,41 (81)	–
Мађарска	173,00	10,0	17.300	4,33 (33)	73
Румунија	196,24	22,3	8.800	3,80 (55)	48
Бугарска	75,92	7,3	10.400	3,53 (72)	–
Грчка	251,45	10,7	23.500	3,98 (48)	72
Албанија	20,16	3,6	5.600	2,87 (107)	50
Аустрија	291,10	8,2	35.500	5,17 (15)	93

Читање и разумевање три наведена синтетичка показатеља претпоставља да нисмо у групи која има „discalculia” проблем са манипулисањем бројевима.

Очигледно је да у стабилним земљама имамо висок индекс среће, која као да произилази из њиховог богатства. Тако се у самом врху индекса среће (80-95%) формира кластер од 18 земаља чији је доходак по глави становника већи од 20.000 USD. Други кластер среће (62-90%) обухвата 11 земаља са дохотком по глави становника од 10.000 до 20.000 USD. Из овог прегледа није корисно извући закључак да само велике земље имају доминацију у глобализованом свету. Оваква иста анализа може да се спроведе и за нордијске земље (Скандинавија и земље Бенелукса), које су заправо у зони водећих земаља света. По свим тим показатељима, нордијске земље су фокусиране на образовање, иновације и промовисање ICT технологија, као и њихово ширење. Међутим, Балкан има великих проблема у свом развоју, а поготово Србија.

У наредним насловима даћемо неке назнаке које сигнализирају да постоји опасност од моралног и интелектуалног банкротства људи на нашем простору и да предочимо могућности за заустављање те ентропије.

2. ИНДУСТРИЈА

Заблуда је да су неке земље ушле у постиндустријску еру, док друге улазе у период индустријализације. То је погрешна историјска екстраполација развоја друштва, пошто се занемарују суштинске развојне промене.

Данас се заправо говори о примарним, секундарним и терцијарним индустријама, док се о економији говори као економији знања и све више се расправља о индустрији знања [3].

За нас је од интереса да се позабавимо питањем индустрије према међународном стандарду класификације индустрије, који обухвата све економске активности (IFIC). Наводе се само неке индустријске групе, почев од кода 151 (који обухвата процесирање меса, рибе, воћа, поврћа и масноћа), до кода 3999 (који се односи на тоталне производне технологије). Између овога налазе се производња дувана, текстилна индустрија и индустрија обуће, индустрија дрвета, индустрија папира, индустрија хемијских производа, индустрија гуме, индустрија стакла, индустрија цемента, индустрија гвожђа и челика, индустрија металних структура, индустрија машина опште и посебне намене (нпр. пољопривредне машине, машине алатке итд.), индустрија канцеларијских, рачунских и компјутерских машина, индустрија медицинских уређаја, мерних машина и машина за испитивање, индустрија моторних возила, индустрија бродоградње бродова и чамаца, индустрија железничких и трамвајских локомотива, индустрија ваздухоплова и васионских летилица, индустрија накита, индустрија спортских производа (игара и играчака), као и индустрија рецирклаже свих врста отпадака.

Набрајање има за циљ да укаже да је индустрија заправо све оно што обезбеђује свеукупне економске активности једне земље. Међутим, у последњих десет година, индустрија Србије је практично уништена. Године 1998. број запослених у Србији је био око два милиона, од тога у

привреди око 1.5 милион и ванпривреди 0.5 милиона. Данас, 2007. године, број запослених је свега један милион и исто толико незапослених. У Србији практично више не постоје, или су у тешком стању, велики индустријски системи, као што су били ГОША, ЕИ Ниш, МИН Ниш, београдска моторна индустрија, „Крушик” – Ваљево, фабрике вагона, „Слобода” – Чачак итд.

Учињене су у Србији озбиљне грешке у концепту транзиције домаће индустрије, кроз затварање великих система и веровање су да мала и средња предузећа простор за економски развој; као и да су тзв. „гринфилд” (green field) инвестиције полигон за економски раст и отклањање енормне незапослености.

Генератор економско-друштвене ентропије је незапосленост; док, с друге стране, имамо енорман увоз у односу на извоз, стварајући амбијент неоколонијалне економске зависности. Незапосленост, у процентима, у Србије је на нивоу незапослености у Великој Британији давне 1936. године.

Наши политички искази жеље за улазак у ЕУ, што се економско-индустријског комплекса тиче су практично ирационални. Ми се крећемо у супротном смеру у односу на правац кретања земаља ЕУ у домену индустрије.

Кратко наводимо стратешка размишљања ЕУ, како да Европа више не заостаје за САД и Јапаном и да не буде изненађена у блиској будућности од стране многољудних земаља као што су Кина и Индија.

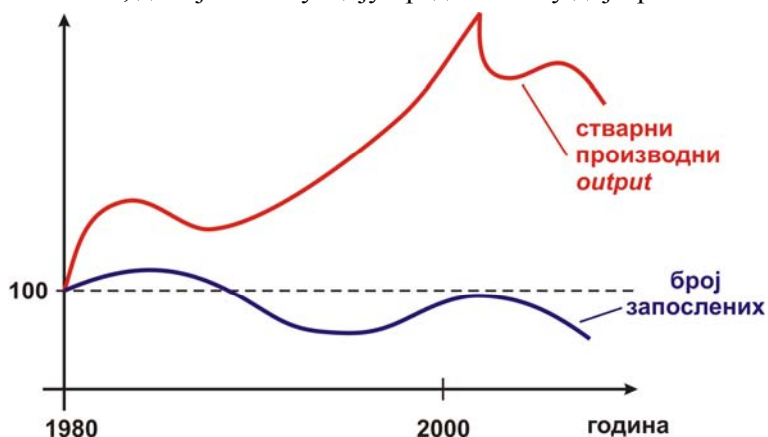
Марта 2000. године Лисабонски економски савет је истакао да ЕУ треба да буде „висококомпетитивна и динамична економија, на бази знања која су врхунска у свету, способна за одрживи економски раст, са већим бројем и вишим квалитетом радних места и већом друштвеном хармонијом”. И даље, у 2004. години, у комуникационом документу Европског комитета за индустријску политику, инсистира се на стварању технолошке платформе у економији, истичући да „индустрија даје основни допринос европском просперитету. Европска економија и даље зависи од динамизма њене индустрије”. Наводе се примери Шпаније и Ирске, чији је скорашњи економски раст у највећој мери зависио од „бума” њихових индустрија производних технологија.

У ЕУ производне технологије остварују 40 милиона радних места као и 80 милиона радних места кроз различите услужне делатности, што све доноси приход од 4.000 милијарди евра.

У политици развоја ЕУ се инсистира на економији која је базирана на производним технологијама које су синергетски повезане са сервисним комплексом. Економија која се базира на сервисној индустрији, гледано дугорочно, неће преживети; сваки посао у производњи везан је за два посла у сервисима, тако да сервисни сектор не може да се развија без производа. Активности у производним технологијама у Европи учествују са 22% бруто друштвеног производа групе. Претпоставља се да 75% бруто друштвеног производа ЕУ и 70% запослених у њој зависи од производних технологија.

До сада јавно саопштена стратешка опредељења за одрживи развој Србије кроз улазак у ЕУ су у колизији са економско-индустријском филозофијом развоја ЕУ. Још већи је несклад између продуктивности јединке у ЕУ и Србији. Само да наведемо поређење продуктивности две компаније које производе машине алатке. Немачка компанија остварила је у 2000. години извоз по запосленом у вредности од 225.400 евра, док наша компанија свега 5.800 евра у 2005. години. Немачка компанија има око 4.500 запослених, а наша компанија око 1.300 запослених. Однос укупне продаје је око сто пута већи код немачке компаније у односу на нашу, док је број запослених само нешто више од 3 пута већи у немачкој компанији.

Ако генерализујемо однос броја запослених са реалним производним output-ом, у последњих двадесет година прошлог века, добијамо ситуацију представљену дијаграмом на слици 1.

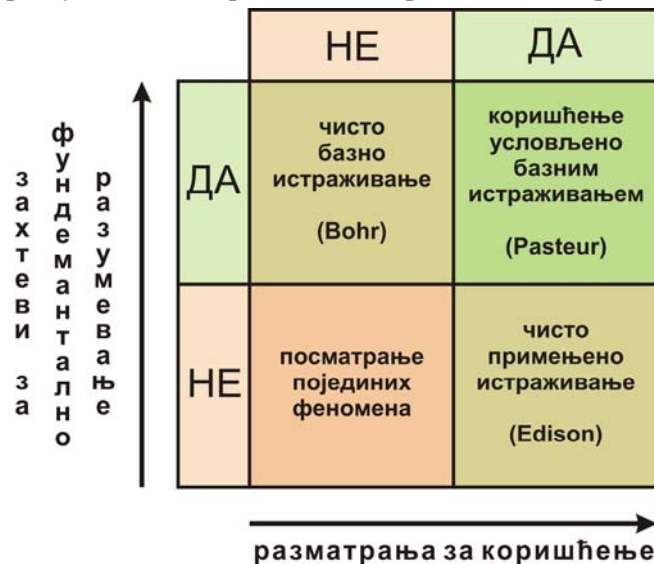


Слика 1: Промена односа броја запослених и реалног производног output-а у периоду 1980-2000. год.

Очигледно је да корпоративни систем света мора да убрзано развије нова потенцијална тржишта која ће моћи да апсорбују долазеће нове генерације људи који треба да раде. Неопходно је да се из стратегије црвеног океана са великим сукобом у конкуренцији у индустрији пређе на стратегију плавог океана у коме конкуренција није доминантна [4]. О овоме ћемо дати нешто детаљнија објашњења у оквиру поглавља „ЈУПИТЕР-систем”.

3. ИНЖЕЊЕРСТВО КАО НАУКА И СТРУКА. ИНЖЕЊЕРСКА ПРОФЕСИЈА

Пођимо од питања истраживања које одређују две осе. Прва оса је одређена захтевом за фундаменталним разумевањем неког феномена, док се друга оса односи на разматрање могућности коришћења неког истраживања. Ограничен простор за анализу неког истраживања, подељен је у четири поља, која дефинишу спрегнутост или неспрегнутост ових оса. На слици 2 је приказана могућа демонстрација спрегнутости инспирисаности истраживања, са примерима из историје науке.



Слика 2: Начини на које је истраживање инспирисано.

Пословни циклус кроз који се обезбеђује одређена корист за људску врсту заправо је условио настанак разних професија. Као илустрацију наводимо три професије. Пођимо од инжењерске професије. Она се кроз време мењала, почевши од простора чистих примењених истраживања, кроз освојено умеће, до настанка производа (artifacts). Инжењерство је све више оријентисано на базна истраживања, као основу за њихово практично коришћење.

У америчком систему образовања инжењера имамо јаку оријентисаност на научну и пројектантску одређеност. Науке о пројектовању заузимају све више централно место у инжењерској науци и струци.

С друге стране, доктори медицине су већином оријентисани на дијагностику и писање рецепата за лечење само одређених врста широко распрострањених болести, као нпр. маларије. У Србији се заправо, већ доста дуго, на овај начин посматра и инжењерска професија и поставља у положај „лекара опште праксе”, за праћење функционисања и одржавање увезених технологија. Највише што се очекује од инжењера је да умеју да читају просте цртеже.

Трећа професија су економисти, који раде у Кејнзијанској традицији. Они користе „клиничка” знања и оријентисани су на акцију, истичући да је економија прво и највишег нивоа корисно знање; тако тврде економисти који верују да су професија која је на почетку стварања света „створила хаос”. Ипак, и они су свесни да, без инжењерства, економија постаје само спекулативна дисциплина. У њен простор је ушла и нова професија која се назива „менаџмент”, као замена за инжењерство и економију.

Вратимо се на лекаре и медицину. Клинике данас све више личе на фабрике са високо софистицираним машинама и лекарима и медицинским сестрама као радницима знања.

Друштво које верује у свој одрживи развој кроз менаџмент нема, дугорочно гледано, перспективу. Инжењерство градитељског (а не потрошачког) типа је заправо основна супстанца за развој наше цивилизације на бази знања. За овакву тврдњу доказе можемо потражити у концепту „креативне деструкције”, на примеру односа индустрија-универзитет. У табели 3 је наведена веза између захтева које поставља индустрија за своје функционисање и како тим захтевима иде у сусрет универзитет, који пак има своју филозофију функционисања и развоја.

Табела 3: Партнерство индустрија/универзитет.

ИНДУСТРИЈА	УНИВЕРЗИТЕТ
<ul style="list-style-type: none"> • ЗНАЊЕ • ЕКСПЕРТНОСТ • РЕАЛНИ ПОДАЦИ • ПОТРЕБЕ КУПАЦА • СТРАТЕШКА ВИЗИЈА 	<ul style="list-style-type: none"> • ЗНАЊЕ • НОВЕ ИДЕЈЕ • НОВИ МОДЕЛИ • НОВИ СТУДЕНТИ • ФОКУСИРАЊЕ НА БУДУЋНОСТ

Како се у Србији урушила индустрија, таква је судбина задесила и универзитет. Универзитети у Србији урушили су се и споља и изнутра.

Прво да наведемо примере из земаља ЕУ. Неопходност обнове универзитета схватиле су све земље које су програмирале одрживи развој. Тако је још немачки канцелар Герхард Шредер дао изненађујућу изјаву 2004. године да немачка централна банка треба да прода део својих резерви злата и да инвестира у немачке универзитете. Француска централна банка је веома брзо следила њен пример. Влада Велике Британије понудила је велики уговор у домену развоја биотехнологије. У Сингапуру образовање је „државна религија”. У Индији и Кини универзитетски системи образују инжењере и докторе наука драматично убрзано, до тачке када ће њихови универзитети успешно да се такмиче са студентима света. Године 2005. индијски председник владе је формирао Комисију за знање од осам чланова, која ће да предложи идеје за радикалне реформе. Слично је хрватски председник владе изјавио да је први пројекат развоја Хрватске стварање „земље знања”.

Србија је на слепом колосеку свог развоја индустрије знања, кроз деценијску несрећу у организованом развоју образовања, а посебно високог образовања бројних долазећих младих нараштаја. Зато један део те популације напушта земљу. Нарочито то раде студенти који студирају инжењерство, јер не могу да се помире са стањем уништене индустрије и са ставом владе која им нуди, ако немају посла, „да перу улице”. Влада није дошла до нивоа да стимулише банке и бизнис лидере да се укључе у програме развоја високог школства, иако већина земаља ЕУ има то као приоритет за свј одрживи развој.

Званична политика је истицала да Србија има богату кадровску структуру; међутим, ових дана имамо напис под насловом „Курсеви за дипломаце” [5] и одмах у поднаслову истиче се: „стручњаци са факултетским дипломама у Србији похађаће курсеве за овладавање новим технологијама и другим знањима и вештинама које нису стекли на студијама”. У објашњењу стоји да ће „ти курсеви трајати 28 седмица. Теоријска предавања, попут оних универзитетских, трајаће 18. недеља, а преосталих 10 седмица ће се полазници обучавати на радном месту, односно у фирмама”. Ово говори да је универзитет заиста постао „удовичко имање”, како је аутор ових редова тврдио пре готово 10 година, у истом листу који доноси овај напис.

Србија има недопустиво много недовољно писменог становништва. Тиме је компетитивност домаће индустрије доведена у озбиљно тешку ситуацију. Потребно је да пословни систем Србије то разуме. То је разумео и пословни свет Бразила [6], да „бољи инжењери значе и боље коначне производе”. У Бразилу они који су „завршили средњу школу не могу да сабирају без калкулатора”. Наводи се да су 1960. године Јужна Кореја и Бразил имали исти доходак по глави становника. Данас Јужна Кореја има пет пута већи доходак по глави становника од Бразила. Бразилски председник да Силва признаје да је Бразил „најгори на свету кад је образовање у питању”.

У разореној индустрији Србије постоје и сачувана микро острва високог међународног престижа у области ИТ и производње. Овом приликом наводе се две компаније које су успеле да савладају тешку прошлост и да бележе убрзани одрживи развој.

Једна од ових компанија је „Информатика” а.д. из Београда, која је формирана 1976. године. Њен дугогодишњи генерални директор овако је објаснио пословни кредо компаније: „У овој причи о Информатици ми не желимо да да инсистирамо на квалитету, искуству, величини, експертности ... ми желимо да представимо чињенице. Вама (корисницима) остављамо да сами закључите”.

Прва премиса компаније је да „Информатика” не продаје компјутере. Компанија даје алате за решавање проблема. „Информатика” је систем који врши интеграцију информационих технологија кроз укључење рачунарске апликације, рачунарских комуникационих система и мреже. „Информатика” је компанија која има кроз партнерство разгранату сарадњу са водећим компанијама у свету, као што су Dell, Microsoft, Unisys, Cisco, Simantec, SAP. Оваква стална вредносно иновативна политика јој отвара простор за даљу експанзију.

Други пример је холдинг компанија „Металац” из Горњег Милановца, основана 1959. године. „Металац” је препознатљив у земљи и свету по производњи и продаји посуђа. „Металац” холдинг почео је као традиционална производно оријентисана компанија, да би прерастао у маркетиншки оријентисану компанију.

Генерални директор компаније истиче да: „Стручно оспособљавање и стицање специјалистичких знања и вештина били су и сада су један од најважнијих задатака. Скоро подједнако смо се трудили да што више неопходних знања о нашим производима пренесемо и партнерима који су наша најважнија веза са крајњим корисницима”. „Металац” је успео да уведе е-пословање, као и да оствари комуникацију кроз сопствени веб-сајт. Иначе, компанија је остварила приход на нивоу више од 40 милиона евра, од чега је готово 10% профит.

Кичму руковођења и технолошког развоја ових компанија чине инжењери који дуго година раде у њима.

4. НОВИ МАНИФЕСТ ЗА ОРГАНИЗАЦИЈУ ЈУПИТЕР СИСТЕМА – ЈЕДНА МОГУЋНОСТ

Прва ЈУПИТЕР конференција одржана је у Милочеру 1975. године. Тада је дефинисан ЈУПИТЕР-пројекат, као и семинар „Нове технологије у индустрији прераде метала до 2000. године”. Крајем осамдесетих година ЈУПИТЕР-заједницу је чинило око 50 организација из индустрије, научно-истраживачких организација и факултета, које су обухватале око 200.000 запослених. У првом десетогодишњем периоду до 1985. године констатовано је да: „глобални програм ЈУПИТЕР-система обухвата комплексни развој и унапређење производних и технолошких ресурса, технологија управљања и изградњу јединственог информационог система за индустрију прераде метала” [7].

У протеклом периоду укупна активност ЈУПИТЕР-система спровођена је кроз научно истраживачке програме, научне и стручне скупове (посебно место заузима ЈУПИТЕР конференција), ЦеНТ – Центар за нове технологије, образовање високостручних и научних кадрова и издавачку делатност.

У овом манифесту [7] истиче се да су програми оријентисани према индустрији инжењерских производа, чиме се проширује делатност у односу на индустрију прераде метала.

Радна група са МИТ школе за менаџмент сачинила је манифест за организације у 21. веку [8]. Да би се оствариле боље организације важно је препознати шест „деоничара” једне организације: (1) купци, (2) запослени, (3) инвеститори, (4) снабевачи, (5) животна средина и (6) друштво као целина. Компанија треба да пројектује процес од самог почетка „тако да запослени најбоље могуће интегришу свој радни и породични живот, уместо да прво пројектују процес рада, а тек онда да покушају да уравнотеже потребе породице”. Анализирајући горе наведени документ, аутор је даље елаборирао утицај персоналних компјутера и широке електронске мреже као нове координационе технологије, тако што се дошло до преласка од модела „централизоване људске свести” на промовисање економије „слободних стрелаца” (e-lance economy) [9]. Овде се инсистира на организацији пословног комплекса у два основна облика: (а) мале компаније – велике мреже, (б) компаније као виртуалне земље.

Корак даље је учињен у раду који разматра хаос, комплексност и промене, презентираним на 31. Саветовању производног машинства у Крагујевцу 2006. године [10]. Посебна пажња је поклоњена стратешком размишљању и планирању кроз процес визуелизације за улазак у суштину, као и предвидљивост (то је друго од предвиђања!). Наводи се мапа предвидљивости, која се базира на седам принципа, која почиње са великом сликом: малим догађајима који појавом у једном сектору изазивају огромне турбуленције у другом (парадокс лептира) и то све у систему који је на ивици хаоса и понаша се као нелинеаран систем.

За излазак на нову магистралу одрживог развоја нуде се бројне стратегије које се базирају на дубокој анализи постојећег пословног света, а све у циљу откривања нових могућности развоја. Један од таквих приступа, који је повезан са претходном мапом, дат је у већ поменутој „стратегии плавог океана” [11]. Северноамерички индустријски стандарди су проширили постојећу територију индустрија са десет на двадесет сектора. Тако је нови простор тржишта подељен на црвени и плави океан. Црвени океан заузимају постојеће компаније које своју конкурентност исказују кроз ниже цене и ексклузивност. Даје се упоредни преглед карактеристика стратегија које су пројектоване и примењене у црвеном и плавом океану тржишта (табела 4).

Табела 4: Црвени и плави океан – упоредни преглед карактеристика стратегија.

Стратегија црвеног океана	Стратегија плавог океана
<ul style="list-style-type: none"> • конкуренција на постојећем тржишту • победити конкуренцију • истражити постојеће захтеве • сачинити процену вредност-трошак • подвргнути цео систем активности компаније изабраној стратегији различитости или ниске цене 	<ul style="list-style-type: none"> • стварање простора тржишта које није познато конкуренцији • учинити конкуренцију неважном • створити и ухватити нове захтеве • превазићи процену вредност-трошак • подвргнути цео систем активности компаније трагању за различитошћу или ниском ценом

Камен међаш за стратегију плавог океана је формирање вредности, што је различито од саме иновације. Сам стратешки покрет одређује кретање у плавом океану, који се шири кроз иновацију вредности неког производа или услуга. Слика 3 показује простор у коме настаје иновирање вредности у преклопној зони трошкова и вредности купца.



Слика 3: Зона иновирања вредности.

Није намера да се објашњава шест принципа стратегије плавог океана. Уместо тога, наводи се скорашњи пример како је позната фирма „Nike” ушла у плави океан голфа, иако пре десет година није знала да направи ни голф лоптицу [12]. Голф и „Nike” нису имале ничег заједничког, већ све што је било везано за голф бизнис било је супротно корпоративној ДНК компаније „Nike”. Међутим, пројектован је нови штап за голф и ушли су у сам врх пирамиде голф бизниса.

Наше је мишљење да је ово један од могућих праваца за нови циклус развоја српске индустрије, који ће је из понора, у коме се данас налази, подићи на ниво индустрије од значаја у европској породици.

5. ЕПИЛОГ – НОВЕ СУГЕСТИЈЕ

ЈУПИТЕР-систем можда треба да спроведе иновирање вредности кроз неколико нових програма:

- *Први програм* је изградња технолошке платформе за реализацију стратешких националних програма, као што су: Коридор 10, Дунав, Аеродром „Никола Тесла”, београдски привредни комплекс, индустријски комплекс Србије, универзитетски комплекс итд;
- *Други програм* се односи на развој методологија за корпоративно управљање на разним нивоима сложености корпорација;
- *Трећи програм* се односи на проучавање и развој методологије увођења међународних стандарда и директива у индустријски комплекс, као и учешће у програму Оквир 7;
- *Четврти програм* обухвата системско проучавање стратегија за комплексност, неочекиваност и ризик у пословном простору.

Предлажемо да програмски и научни одбор ЈУПИТЕР конференције, у заједници са Саветовањем производног машинства и Академије инжењерских наука Србије, размотри сугестије изнете у овом раду и учине напор да се дође до нашег манифеста за организовање индустрије и инжењерства Србије у наредних десет година 21. века.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Carlin, D., *Europe Tops World in Network Readiness*, Business Week, Europe, March 28th, 2007.
- [2] Layard, R., *Happiness*, Allen Lane, Penguin Books, 2005.
- [3] Milačić, V.R., *Industrija znanja*, FTN, Novi Sad, 2006.
- [4] Milačić, V.R., *Nacionalna strategija Srbije za ulazak u Evropsku Uniju – Nomenklatura za strategiju*, (prezentacija), 32. JUPITER konferencija, Zlatibor, 2006.
- [5] Бркић, А., *Курсеви за дипломе*, Политика, недеља, 29. април, 2007.
- [6] Downie, A., *Back to school. Poorly educated workers are hurting Brazil's competitiveness, and businesses are stepping in to help them*, Time, April 23rd, 2007.
- [7] Milačić, V.R., *JUPITER za 21. vek - strategija*, 24. JUPITER konferencija, 1998.
- [8] *What do we really want? A manifesto for the organizations of the 21st century*, MIT Working Group, Boston, MA, 1999.
- [9] Milačić, V.R., *Otkriti organizacije za 21. vek*, Zbornik radova „Transfer tehnologije i perspektive oporavka SCG”, Beograd, 2005.
- [10] Milačić, V.R., *Razvoj industrije Srbije kroz kaos, kompleksnost i promene koje dominiraju svetom*, Zbornik radova 31. savetovanja proizvodnog mašinstva, Kragujevac, 2006.
- [11] Kim, W.C., Mauborghe, R., *Blue Ocean Strategy*, Harvard Business School Press, Boston, MA, 2005.
- [12] Park, E., *Golf. Member of the Club*, Time, April 30th, 2007.

Milačić, V.R.

INDUSTRY – ENGINEERING – JUPITER SYSTEM – A NEW MANIFESTO OF THE ORGANIZED SERBIAN INDUSTRY

„If fire break out in a house, and some one who comes to put it out cast his eye upon the property of the owner of the house, and take the property of the master of the house, he shall be thrown into that self-same fire..”

The Code of Hamurabi, 2180 BC.

„It is wonderful to become reach.”

Deng Xiaoping, China’s former leader.

33. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

33rd JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



26. simpozijum

CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA

Zlatibor, maj 2007.

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

Spasić, Ž. STUDENTI SU AKADEMSKI POTENCIJAL ZA INTEGRACIJU DIGITALNOG UNIVERZITETA I DIGITALNE FABRIKE EVROPE-2010 ORIJENTISANE ZNANJU	1.1
Radojević, Z., Radojević, M., Stojanović, D. CIM SISTEM – PODLOGA POVEZIVANJA TEHNOLOŠKIH OPERACIJA	1.10
Rakonjac, M., Rakonjac, I. CIM SISTEMI U PROCESU INDUSTRIJSKOG DIZAJNA	1.14
Đapić, M., Lukić, L. STANDARDIZACIJA SIGURNOSTI INFORMACIONIH RESURSA PREDUZEĆA	1.18
Jankulović, A., Slavković, G., Spasić, Ž. SISTEMSKO INŽENJERSTVO U FUNKCIJI REALIZACIJE CIM SISTEMA	1.22
Jovanović, V., Tomović, M., Filipović, S. INTERNETOM PODRŽANA SARADNJA U DISTRIBUIRANIM PROIVODNIM SISTEMIMA	1.26
Ostojić, G., Rakić-Skoković, M., Lazarević, M., Jovanović, V. PRIMENA RFID TEHNOLOGIJE U PROCESU KONTROLE STANJA ROBE U SUPERMARKETIMA	1.32
Čolović, G., Paunović, D., Savanović, G. CIM KONCEPT U ODEVNOJ INDUSTRIJI	1.38
Čebić, D. CIM I PROGRAM MENADŽMENT PRI PROIZVODNJI NOVIH PROIZVODA	1.43
Lapčević, N., Spasić, Ž. INFORMACIONA INTEGRACIJA POSLOVNIH FUNKCIJA NA PRIMERU PLANIRANJA I ALOKACIJE RESURSA (ERP-SISTEM)	1.47
Savanović, G., Avakumović, J. CIM SISTEM MARKETING STRATEGIJE U RAZVOJU MALIH PROIZVODNIH POSLOVNIH SISTEMA	1.54
Radojević, S., Mitrović, Č., Lečić, M., Dondur, N. EDUKACIJA KORISNIKA ZA KORIŠĆENJE EBOM CASE ALATA	1.57
Petrović, P., Veljković, R., Ilić, B., Spasić, Ž., Pilipović, M., Jakovljević, Ž., Herman, K., Radulović, J. REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA MEDJUNARODNOM TRŽIŠTU	1.61

[← NAZAD](#)



Ž. Spasić¹

STUDENTI SU AKADEMSKI POTENCIJAL ZA INTEGRACIJU DIGITALNOG UNIVERZITETA I DIGITALNE FABRIKE EVROPE-2010 ORIJENTISANE ZNANJU²

" Ποταμοῖσι τοῖσιν αὐτοῖσιν ἐμβαίνουσιν ἕτερα καὶ ἕτερα ὕδατα ἐπιρρεῖ "
 [Heraklitus of Ephesus, DK B12]

Rezime

Akademski protok studenata kroz univerzitet je relativno kratak, u odnosu na večno postojanje univerziteta. To je razlog što studenti moraju mnogo više da učestvuju u aktivnostima donošenja odluka i upravljanja fakultetima i univerzitetom. Univerziteti Srbije su još uvek u aktuelnom procesu reforme, usporeni i uspavani u postojećim otporima neophodnim promenama. Međutim, studenti treba da znaju da će vrednost njihovih diploma da bude proporcionalne rang u Univerziteta na budućoj rang listi evropskih univerziteta u integrisanoj Evropi – 2010, orijentisanoj znanju.

Ključne reči: *Evropske integracije, kvalitet obrazovanja, studentske aktivnosti, digitalni univerzitet, digitalna fabrika*

1. UVODNA RAZMATRANJA

Student u svakom društvu treba da bude nezavisna ličnost koja u toku studija prolazi kroz proces sazrevanja u eksperta koji poseduje znanje budućeg aktivnog građanina, sposobnog da doprinese razvoju društva. Ta nezavisnost treba da se odnosi na finansije, nepotrebne kontrole, izbor oblasti studiranja, kao i oblast profesije i budućeg posla. Zato se smatra da studenti čine posebnu i specifičnu grupaciju građana čija prava nisu samo formalnost već praksa [1]. Njihova prava su ugrađena u mnogim zakonima, univerzitetskim deklaracijama i pisanim dokumentima. Svi studenti sveta treba da imaju ista prava dok su na univerzitetu koji se u svakom društvu bori protivu diskriminacija i koji ima ulogu da menja društvo i mentalitete. Jednakost se odnosi na ista prava upisa i studiranja bez obzira na boju kože, religiju, pol, poreklo, pripadnost manjinama (na primer, Romi), fizičke hendikepe, ekonomsko stanje i drugo. Ekonomske diskriminacije se odnose na školarinu, smeštaj u studentske domove, materijale za učenje i slično.

U kreiranju zajedničkog obrazovnog prostora Evrope mnoge promene su ostvarene na osnovu zahteva studenata koji su bili usmereni ka ispunjavanju njihova očekivanja. Time nisu svi problemi studenata rešeni. Naročito ne oni koji su proistekli iz totalitarnih režima koji su uvek želeli da upravljaju sudbinom univerziteta. Inercija u promenama koje zahteva reforma univerziteta definisana *Bolonjskim procesom* utiče na produžavanje otpora promenama koji su doveli do nezadovoljavajućeg nivoa kvaliteta visokog obrazovanja Srbije. Vizni režim još uvek ograničava mobilnost studenata i profesora univerziteta Srbije sa nesagledivim posledicama i zaostajanjem u razvoju. Veliki broj naših studenata i danas nema svoj pasoš i nije nigde putovao, pa je pogrešno formirao mišljenja na osnovu prepričavanja događaja i indoktriniranih medija. Najavljuju se i često prolongiraju drugačija rešenja trenutno ponižavajućeg viznog režima.

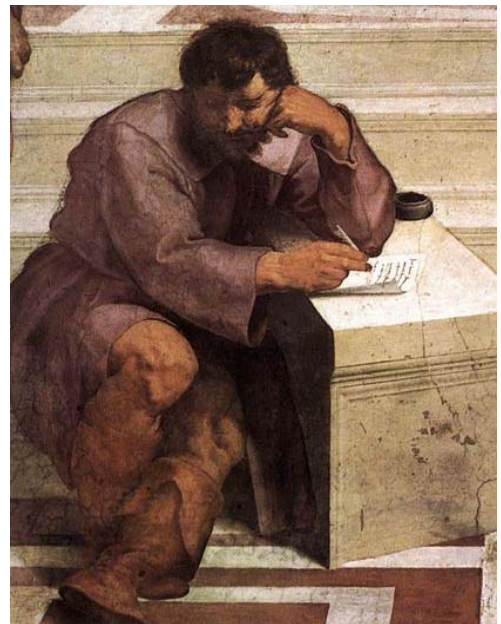
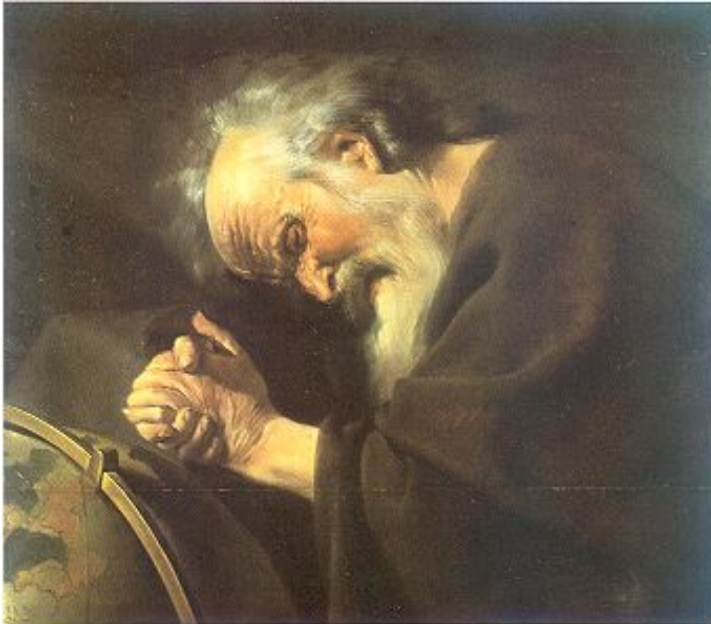
Studenti su, sistemski posmatrano, konstantni protok akademskog potencijala kroz nastavni proces univerziteta. Zato je korisno da se, iz gimnazijskih dana, setimo učenja starog grčkog filozofa Heraklita.

¹ Profesor dr **Žarko Spasić**, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, e-mail: zspasic@mas.bg.ac.yu

² Rad je deo projekta **TR-6362A: Revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa u cilju postizanja konkurentnosti korporacije na međunarodnom tržištu**. Projekt finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Srbije uz participaciju korisnika istraživanja.

2. UČENJE HERAKLITA NAVODI NA RAZMIŠLJANJA

Heraklit je bio antički filozof rodom iz Efesa (Ἡρακλείτος ὁ Ἐφέσιος, 535-475. p.n.e.), poznat po nadimku *Mračni*. Ovaj nadimak je dobio zbog svojih izreka (fragmenata), koje za slušaoce koje je podučavao nisu bili uvek lako razumljive. Pripadao je razdoblju predsokratovskih grčkih filozofa koji su tragali za prapočetke svih stvari. Heraklit je smatrao da je vatra početak i kraj svih stvari kao simbol večnog kretanja i večne borbe suprotnosti. Svet se, prema učenju Heraklita, ne identifikuje određenim supstancama, već pre svega stalnim procesima vođenim zakonima promena. Ovi zakoni prirode se takođe manifestuju kao etički zakoni za ljudska bića [2, 3].



Slika 1. Heraklit na slici Johanesa Morelsa (Johannes Moreelse, 1602-1634.) (levo) i Heraklit na detalju freske Rafaela - Atinska škola (Vatikanski muzej) (desno)



Slika 2. Rafael (Raffaello Sanzio, 1483-1520.): Atinska škola (Vatikanski muzej, stanca sudišta, 1510-11.)

Za Heraklita je kretanje stvarnost, a stabilnost iluzija. Neke od njegovih izreka koje opisuju neprestane promene glase:

DK B12: Ποταμοῖσι τοῖσιν αὐτοῖσιν ἔμβαίνουσιν ἕτερα καὶ ἕτερα ὕδατα ἐπιρρεῖ.
On those who enter the same rivers, ever different waters flow.
"Ne možeš dva puta ući u istu reku".

DK B7: ὁ ἥλιος ... καθάπερ ὁ Ἡράκλειτός φησι, νέος ἔφ' ἡμέρη ἐστίν.
The sun ... **as Heraclitus says**, is new every day.
Sunce je ... kao što Heraklit kaže, svakog dana novo.

Za Heraklita je sve "u toku", sve teče, što je sažeto u njegovoj poznatoj izreci "**Panta Rei**":

Παντα ρει και ουδεν μενει !
Sve teče, sve se kreće !

Heraklitu se pripisuje i ideja *logosa* kao inherentnog principa stvarnosti, jer je verovao da je sve postalo od i da postoji po *logosu*. Govorio je da "*priroda voli da se skriva*", pa zato ljudi ne mogu da shvate *logos*. On zapaža suprotnosti u svetu koje su periodično u skladu, a periodično u neskladu, a upravo te suprotnosti dovode do promena. Za njega je sve relativno - ono što je za nekoga dobro i lepo, za dugoga ne mora biti. Napisao je delo "O prirodi", sa sačuvanih 138 fragmenata (sažetih izreka) kojima je podučavao na logičko zaključivanje. Heraklit je prva ličnost zapadnog sveta koja je kreirala shvatanje o ogromnom filozofskom sistemu sa metafizičkim osnovama i etičkim principima.

Studenti su kontinualni i nepresušni akademski protok kroz univerzitet koji večno traje u promenama i različitim društvenim uslovima. Zato je važno učešće studenata u donošenju odluka na fakultetima i univerzitetima kako bi se kontinualno unapređivao kvalitet nastave i istraživanja. Još uvek su te mogućnosti nedovoljno iskorišćene, uglavnom zbog pasivnosti studenata i stalne protočnosti generacija. ESIB je međunarodna organizacija studentskih unija [4] koja ima zadatak da predstavlja i promovise interese studenata u obrazovanju, ekonomiji, kulturi i društvu na evropskom nivou prema relevantnim telima Evropske unije, Saveta Evrope i UNESCO.

3. UNAPREĐENJE RADNIH I AKADEMSKIH PERFORMANSI STUDENATA

Studenti se međusobno razlikuju po individualnim radnim i akademskim performansama koje predstavljaju skup karakteristika neophodnih budućim kreativnim i inovativnim ekspertima. To su [1, 5]:

- Zainteresovanost za opredeljenu struku i studije;
- Konsultovanje dopunske stručne literature;
- Upornost i stabilnost u kontinuiranom radu;
- Znanje stranih jezika;
- Pretraživanje informacija na *Internetu*;
- Balans individualnog, timskog i rada pod mentorstvom;
- Balans teorijskog i praktičnog pristupa u rešavanju problema;
- Komunikativnost i poslovna korespondencija;
- Usmeno i pismeno izražavanje sa usvojenom terminologijom oblasti studiranja;
- Preduzimljivost i inicijativa u akademskim aktivnostima.

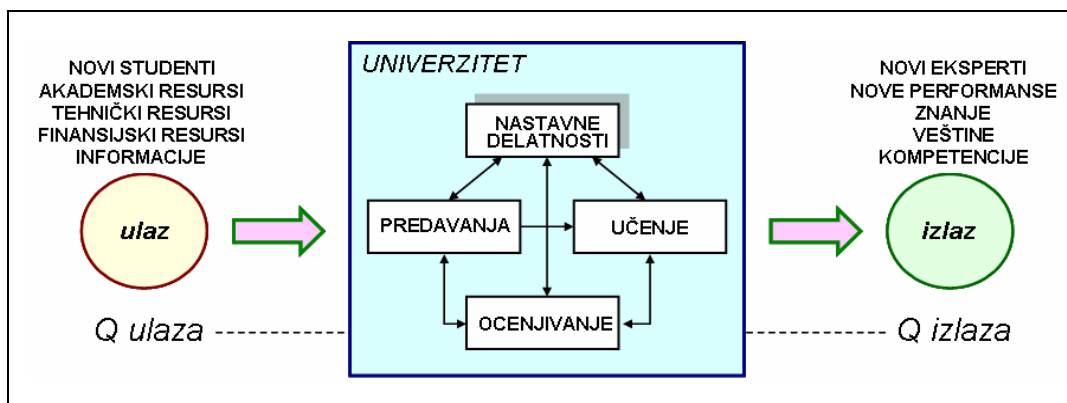
U kompleksnom nastavnom procesu radne i akademske performanse studenata se menjaju u skladu sa napredovanjem u savlađivanju studijskih programa, čime se menja kvalitet i kvantitet usvojenog znanja i stečenih veština. S obzirom na karakteristike sistema obrazovanja Srbije, kao i na događanja u zemlji u bližoj prošlosti, studenti naših univerziteta moraju da menjaju neke negativne stečene performanse kao što je studiranje orijentisano reprodukovanju (nasleđe iz osnovnog i srednjeg obrazovanja), pasivnost u praćenju nastave i teško sticanje uslova za naredni semestar ili godinu studiranja. Servilnost, podanički mentalitet, uzdržavanje od slobodnog iskazivanja mišljenja, nedovoljna komunikativnost, nezainteresovanost za promene, nekritičko verovanje zavisnim medijima³, prepričavanje događaja umesto njihovog vrednovanja sa

³ *Primer 1:* Umesto da se stidimo što naši studenti dugo nisu mogli da putuju u Evropu i svet, neki političari ali i neki profesori se hvale što je 200 "sretnih" studenata nedavno ipak dobilo tu mogućnost! Svi studenti moraju da putuju!

Primer 2: Neki političari se hvale da smo izgradili granične prelaze prema susednim zemljama, iako je to deo *Šengenske granice Evrope* koja bi trebala da briše postojeće (a ne da gradi!) granice zbog našeg zakašnjenja i zabluda.

zaključivanjem su osobine koje smo svi stekli u prethodnim totalitarnim režimima bez pravih kriterijuma vrednosti. Na njima se već dugo gradi negativna selekcija u kadrovskoj politici fakulteta i univerziteta.

Institucija visokog obrazovanja, usvojenim studijskim programima i praćenjem progressa u studiranju i učenju, treba da pomogne studentima da dostignu svoj puni akademski i stručni potencijal do kraja perioda studiranja. Osnova praćenja progressa studenata su postignuti rezultati učenja koji su definisani u silabusima predmeta. Svi korisnici visokog obrazovanja su zainteresovani za diplomirane eksperte koji odlaze na tržište rada sa performansama koje su neophodne za dalji razvoj prosperitetnog društva. Zato je neophodno da metode nastave, učenja i ocenjivanja budu sastavni deo integrisanog sistema kvaliteta visokog obrazovanja i njenih institucija [1]. Usvojeni sistemski pristup rešavanja ovog problema prikazan je na slici 3.



Slika 3. Sistemski pristup za nastavne delatnosti univerziteta [1]

Profesor univerziteta treba da poseduje sposobnost da pravilno identifikuje radne osobine (radne performanse) studenata. Navode se neke od osobina *dobrog* i *manje dobrog* studenta:

DOBAR STUDENT: { dobra koncentracija na nastavne sadržaje, racionalno raspolaganje vremenom u izvršavanju obaveza, uloženi trud, preuzimanje rizika, završavanje obaveza na vreme, postavljanje aktuelnih pitanja, jasno pismeno i usmeno izražavanje, vladanje terminologijom, zainteresovanost za struku, motivisanost, aktivno učenje, dobra organizovanost, posedovanje aktuelnih znanja, logičko razmišljanje, predlaganje odluka, }

MANJE DOBAR STUDENT: { nezainteresovanost za studije i struku, slabo raspoznavanje strategije u problemu, ne trudi se da razume nastavni sadržaj i stručni problem, preterana mirnoća i pasivnost, nejasno izražavanje, nedovoljno vladanje terminologijom, nedostatak entuzijazma, nedovoljna organizovanost, pokušava da se izvuče od obaveza, nedovoljna motivisanost, nesigurnost u učenju, ne predlaže i ne donosi samostalno odluke, }

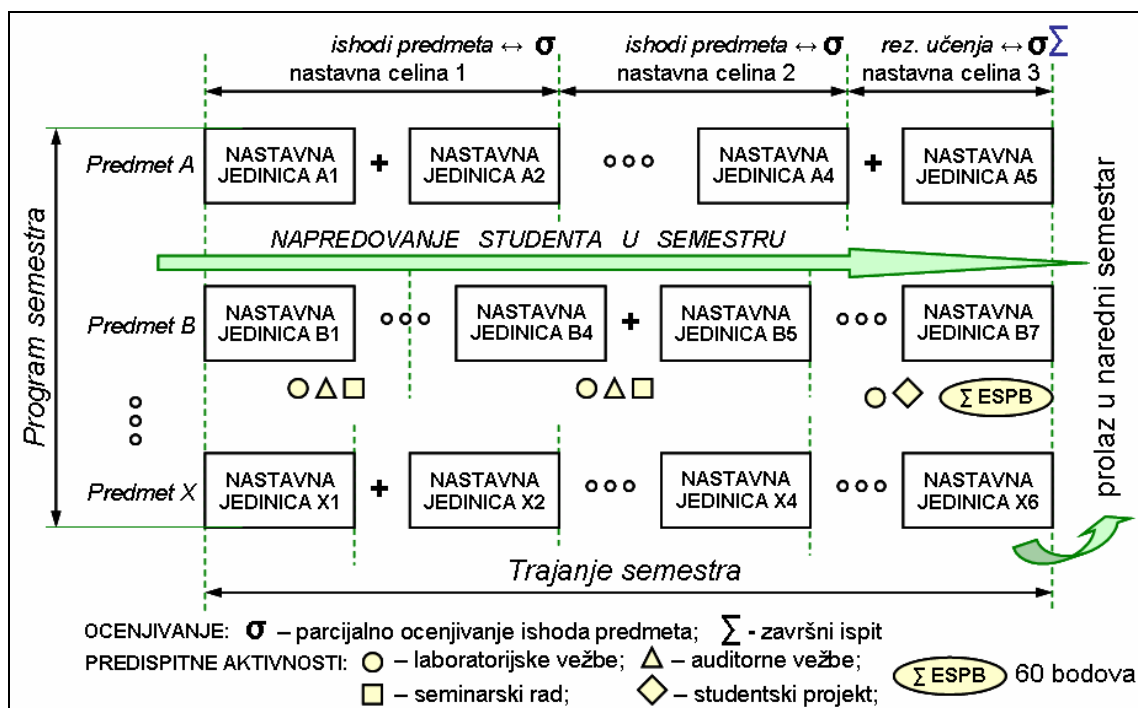
Ulazne komponente sistema su novoupisani studenti određenih performansi koje definišu kvalitet ulaza. Akademski, tehnički i finansijski resursi institucije visokog obrazovanja se koriste u aktivnostima izvođenja nastave, učenja i ocenjivanja koje su povezane jednosmernim ili dvosmernim relacijama i koje utiču na unapređenje performansi studenata u toku studiranja. Novi diplomirani eksperti, tokom studija unapređenih akademskih performansi, definišu kvalitet izlaza kroz usvojena znanja i kroz stečene performanse koje im daju moguće kompetencije za tržište rada.

Performanse studenata se prate tokom čitavog perioda studiranja kroz procedure ocenjivanja i akumulaciju bodova sa stalnim upoređivanjem sa ciljevima predmeta i studijskih programa. Za svaki pojedinačan predmet je važno da se odrede tri funkcije – opšti značaj predmeta u okviru programa, metode izvođenja nastave i metode ocenjivanja studenata. Kompetencijama bazirani pristup, evropski okvir kvalifikacija sa kumulativom bodova (kredita) obezbeđuje eksperte koji će uticati na razvoj društva baziranog na znanju. Navedeni ciljevi i rezultati (ishodi) predmeta su u direktnoj korelaciji sa unapređenjem performansi studenata (slika 4) [1, 6]. Česte aktuelne modifikacije predmeta i studijskih programa prema potrebama razvoja regiona i društva su karakteristike uspešnih institucija visokog obrazovanja sa visokim kvalitetom nastave i istraživanja.

4. STUDENTSKE KONVENCije I DOKUMENTA

Konvencije studenata Evrope su do sada održane u mnogim gradovima Evrope [1] kojima su definisani stavovi o aktuelnim pitanjima univerziteta i života studenata. ESIB (the National Unions of Students in Europe) je organizacija koja okuplja 44 studentske unije iz 34 zemlje sa ukupno više od 10 miliona studenata. ESIB promovise obrazovne, socijalne, ekonomske i kulturološke interese studenata na

nivou Evrope. ESIB koristi konvencije da bi razvio politiku i strategiju do naredne godine posredstvom otvorenih debata, usmerenih diskusija, kreativnih radionica, inovativnih metoda, novih ideja, interesantnih panela i vrednim radom. Ovde se navode osnovne informacije koje se fokusiraju ka ciljevima reforme univerziteta do 2010. godine. Radi bolje obaveštenosti studenata naših univerziteta preporučuje se tekst [1].



Slika 4. Ocenjivanje i opterećenje studenata u semestru [1]

4.1. Studentska deklaracija (Göteborg Declaration, 2001.)

Studenti, predstavnici studentskih organizacija Evrope su se sastali u Geteborgu na *Geteborškoj studentskoj konvenciji*, marta 2001. godine, kada su prihvatili *Deklaraciju o budućnosti Bolonjskog procesa* po kojoj je ESIB aktivan učesnik u formiranju evropskog prostora visokog obrazovanja [7]. ESIB vidi *Bolonjski proces* kao najvažniji korak prema Evropi bez granica za njene građane u kojoj su svi studenti uključeni na osnovama jednakosti. To je zajednička odgovornost svih zemalja Evrope koja uzima u obzir političke i socijalno-ekonomske razlike u Evropi. Mada je *Bolonjska deklaracija* definisala osnovne aspekte evropske dimenzije visokog obrazovanja, socijalne implikacije na studente nisu istaknute. Studenti nisu samo obični potrošači usluga u obrazovanju, već treba da imaju obezbeđena sredstva za studiranje. Studenti se zalažu da nastavni programi visokog obrazovanja budu međusobno kompatibilni i da se bodovni sistem bazira na opterećenju u angažovanju studenata u svim oblicima nastave, a da se sve to primenjuje u celoj Evropi. Ulogu mobilnosti kroz zajednički obrazovni prostor Evrope studenti vide i kao način da se promovise razumevanje različitih kultura i tolerancija. Zato sva ograničenja tom cilju moraju da se uklone. Ta ograničenja ne postoje samo u akademskom svetu, već su i socijalne, ekonomske i političke prirode.

4.2. Evropska studentska konvencija (Palermo Convention, 2003.)

Šesta *Evropska studentska konvencija* je održana u Palermu 2003. godine pod naslovom "*Uloga visokog obrazovanja u privredi zasnovanoj na znanju: Ciljevi do 2010. godine*" [8]. Razmatrani su problemi glavnih politika i pogleda različitih evropskih i međunarodnih institucija, kao i korisnika obrazovanja o ulozi, cilju i odgovornosti visokog obrazovanja u aktuelnim procesima stvaranja evropskog društva baziranog na znanju. Ti procesi (*Bolonjski proces*, *Lisabonski ciljevi*, GATS, ERA, politika *Svetske banke*) su međusobno povezani, ponekad kontradiktorni, ali u svakom slučaju utiču na život i ulogu studenata u društvu. Aktivnosti društva zasnovanog na znanju imaju snažan uticaj i na politiku, ekonomiju, socio i demokratski razvoj nacije, regiona i individualnih građana. Uloga ESIB je da u svemu tome igra proaktivnu ulogu i ima više holistički pristup. Visoko obrazovanje doprinosi koheziji društva kroz fleksibilniju politiku upisa studenata na univerzitet, sistemom raznih podrški studentima i mogućnostima zapošljavanja diplomiranih studenata. Pojam kohezije društva definisao je *Savet Evrope* na sledeći način:

Definicija 1. *Social cohesion is a concept that includes values and principles, which aim to ensure that all citizens, without discrimination and on an equal footing, have access to fundamental social and economic rights. Social cohesion is a flagship concept, which constantly reminds us of the need to be collectively attentive to and aware of, any kind of discrimination, inequality, marginality or exclusion.*

Suprotno tome je društvena isključivost sa visokom nezaposlenošću, odnosno sa problemima ulaska diplomiranih eksperata na tržište rada. Dok *Savet Evrope* vidi obrazovanje kao jedno od društvenih prava, za ESIB je pristup studenata obrazovanju jedno od prava čoveka. Za produktivnost industrije i podizanja njene konkurentnosti važni su obrazovanje i stručni trening radi kvantiteta i kvaliteta veština na svim nivoima. Visoko obrazovanje je repositionirano kao industrija znanja (naučnog, inženjerskog, društvenog) a ne kao skup socijalnih institucija. Ta intelektualna industrija je ključna u strategiji razvoja i kretanja prema privredi koja je orijentisana znanju. Mogućnost zapošljavanja ne treba da se razume kao (ne)zaposlenost i da se meri samo brojem zapošljavanja diplomiranih eksperata. Radi se o raznim veštinama i drugim kvalitetima koji treba da se obezbede za radna mesta.

4.3. Evropska studentska konvencija (Dublin Convention, 2004.)

Sedma *Studentska konvencija* je održana u Dublinu 2004. godine [9] sa glavnom temom koja se odnosila na evropski okvir kvalifikacija za razumljive, uporedive i kompatibilne "bachelor" i "master" stepene obrazovanja, kao i za kurikulume orijentisane studentu. U mnogim zemljama su dvosemestralni predmeti podeljeni na jednosemestralne, kojima je dat drugačiji naziv. Međutim, to nije bila intencija reforme nastavnih planova prema *Bolonjskom procesu*. Nikada nije bio postavljen cilj da se unificiraju sadržaji kurseva pojedinih stepena obrazovanja u različitim zemljama. Ali je postavljen cilj da rezultati učenja budu kompatibilni i više transparentni u nacionalnim sistemima obrazovanja. Neke zemlje već imaju razvijene okvire kvalifikacija koji definišu izlazne rezultate procesa učenja, što ukazuju na kompatibilnost institucija visokog obrazovanja. Takvi okviri kvalifikacija su postali model koji se koristi i u drugim zemljama. Svaki nacionalni sistem obrazovanja treba da razvije nacionalni okvir kvalifikacija u kojima bi se kvalifikacije opisale pomoću radnog opterećenja studenata, nivoa, kvaliteta, rezultata učenja, kompetencija i profila stručnosti..

4.4. Evropska studentska konvencija (Nijemengen Convention, 2004.)

Osmo *Studentska konvencija* je održana u holandskom gradu Nijemengenu 2004. godine sa osnovnom temom demokratizacije pristupa visokom obrazovanju [10]. Brojne donete deklaracije i konvencije promovisu jednakost pri upisu studenata na univerzitet. Pored ranije navedenih kriterijuma jednakosti, ravnopravnost se odnosi i na društvene i privatne univerzitete. Privatni univerziteti imaju orijentisane studijske programe sa usmerenijim beneficijama i kvalifikacijama za tržište rada. Značajna poslovna performansa univerziteta Evrope je broj upisanih stranih studenata čime se znatno menja odnos broja studenata različite boje kože i različitih religija.

4.5. Evropska studentska konvencija (Luxemburg Convention, 2005.)

Deveta *Studentska konvencija* je održana u Luksemburgu 2005. godine sa glavnom temom o finansiranju visokog obrazovanja [11]. Studenti u svim zemljama Evrope uzimaju u obzir finansijske aspekte kada se upisuju na univerzitet, suočeni sa problemom visine školarine i obezbeđenja eventualne finansijske pomoći koju mogu da dobiju. *Bolonjski proces* definiše visoko obrazovanje kao javno dobro, pa se postavlja pitanje da li to znači da i finansiranje treba da bude kompletno i kontinualno obezbeđeno. Opšte koristi od visokog obrazovanja su mnogobrojne. To su, pre svega, doprinos razvoju i nasleđu društva, obezbeđenje kompetitivne prednosti prema drugim zemljama, doprinos smanjenju nezaposlenosti, obezbeđenje osnove za tolerancije, demokratiju i stabilnije društvo i slično. Kako je znanje postalo glavni resurs za razvoj, obrazovanje omogućava bolji standard koji doprinosi boljoj civilizaciji i tolerantnijem društvu. Institucije visokog obrazovanja imaju javni karakter delovanja, čineći javno dobro koje finansira društvo. To daje pravo naučnicima da mogu, u interesu društva i bez straha, da objavljuju sve rezultate istraživanja. Univerzitet je "misleće" mesto društva ili obezbeđeni prostor za razmišljanje. Zato univerziteti moraju da imaju posebno upravljanje, izvore finansiranja, odgovornost, strožiji menadžment i etiku, kao osnove za akademske slobode. Demokratski izabrana tela su najviše strukture u donošenju odluka koju čine studenti, nastavnici (obezbeđuju etiku i akademske vrednosti) i administracija. Menadžeri su potrebni ali više kao savetnici i konsultanti u donošenju odluka. Interes studenata je, pre svega, dobro obrazovanje, kreativno i uspešno istraživanje, smanjenje odliva mozgova, obezbeđenje finansijske pomoći, efikasno korišćenje resursa i

fondova, i uticaj na razvoj univerziteta. Zato finansiranje visokog obrazovanja ne može da se posmatra usamljeno i bez razumevanja njegove uloge i značaja u društvu.

4.6. ESIB – Beogradski sastanak (Beograd – Novi Sad 2006.)

Studentska unija Srbije je bila domaćin 50-tog sastanka asocijacije ESIB čiji je program podeljen na univerzitete u Novom Sadu i Beogradu. Održan je seminar na temu "*Studentska prava – prošlost, sadašnjost i budućnost*". Paneli su imali sledeće radne nazive: "*Studentski pokreti od 1968. godine*", "*Studentska prava: Realnost ili formalnost*", "*Svi studenti! Svi jednaki?! – Prava predstavnika studenata*", kao i "*Posle 50 sastanaka: Istorija (W)ESIB*".

5. USLOVI STUDIRANJA I REFORMA UNIVERZITETA

U svakom društvu studenti su građani posebne grupacije koja zahteva određene uslove studiranja ili studentski standard prema evropskim i svetskim normativima. Grupacija studenata ima posebna prava i obaveze koje definišu njihovu odgovornost u dugoročnom razvoju društva i demokratije. Materijalni položaj visokog obrazovanja je od javnog interesa za svako društvo. Upis na univerzitet i uslovi studiranja moraju da budu jednaki za sve, pa je neophodna društvena podrška. Osnovni preduslov za dobre uslove studiranja je da studenti imaju odgovornost za svoj rad i nezavisnost u odlučivanju. Slobode u izboru profesije kao što su opredeljenje za fakultet i usmerenje su neophodne. Osamostaljenje od roditelja i donošenje odluka prema ličnim ambicijama i potrebama društva su deo procesa sazrevanja budućih eksperata. Studenti moraju da imaju dovoljne finansijske i društvene podrške da bi završili studije. Oni mogu i da rade tokom studija, ali se ovo sigurno odražava na kvalitet rezultata i dužinu studiranja. Servisi potrebni studentima se odnose na informisanost, smeštaj, ishranu, zdravstvenu zaštitu, zaštitu dece, korišćenje sportskih objekata i drugo.

Svi problemi mogu da se podele uglavnom na dve kategorije, društveni i obrazovni. Društveni problemi mogu da budu vrlo ozbiljni i različiti pa zahtevaju angažovanje Vlade i šire zajednice za njihovo rešavanje. To su pre svega finansijski i smeštajni problemi, zdravstveni problemi i hendikepiranost (vid, sluh, kretanje), razne vrste socijalnih problema, vizni režim kao ograničenje mobilnosti i drugi. Finansijski problemi se rešavaju stipendijama, studentskim kreditima i raznim vrstama grantova i u društvenom i u privatnom sektoru. Problemi u obrazovanju se odnose na kvalitet nastavnih programa, izvođenja nastave, izmenu načina rada na početku studiranja (prelazak sa učenja na studiranje), fleksibilnost u studiranju i prelasku na naredni stepen studija, informisanost za dalje studiranje i o mogućnostima zapošljavanja.

Studentske organizacije (*Studentska unija, Savez studenata* i druge) predstavljaju studente i omogućavaju da se čuje studentsko mišljenje u relevantnim telima i forumima u instituciji visokog obrazovanja, zemlji i inostranstvu. Međunarodne studentske organizacije objedinjuju studentske organizacije svih univerziteta i organizuju stručne skupove na kojima se definišu zajednički stavovi o aktuelnim studentskim pitanjima. Povratne informacije koje studenti obezbeđuju se koriste u integrisanom sistemu obezbeđivanja kvaliteta.

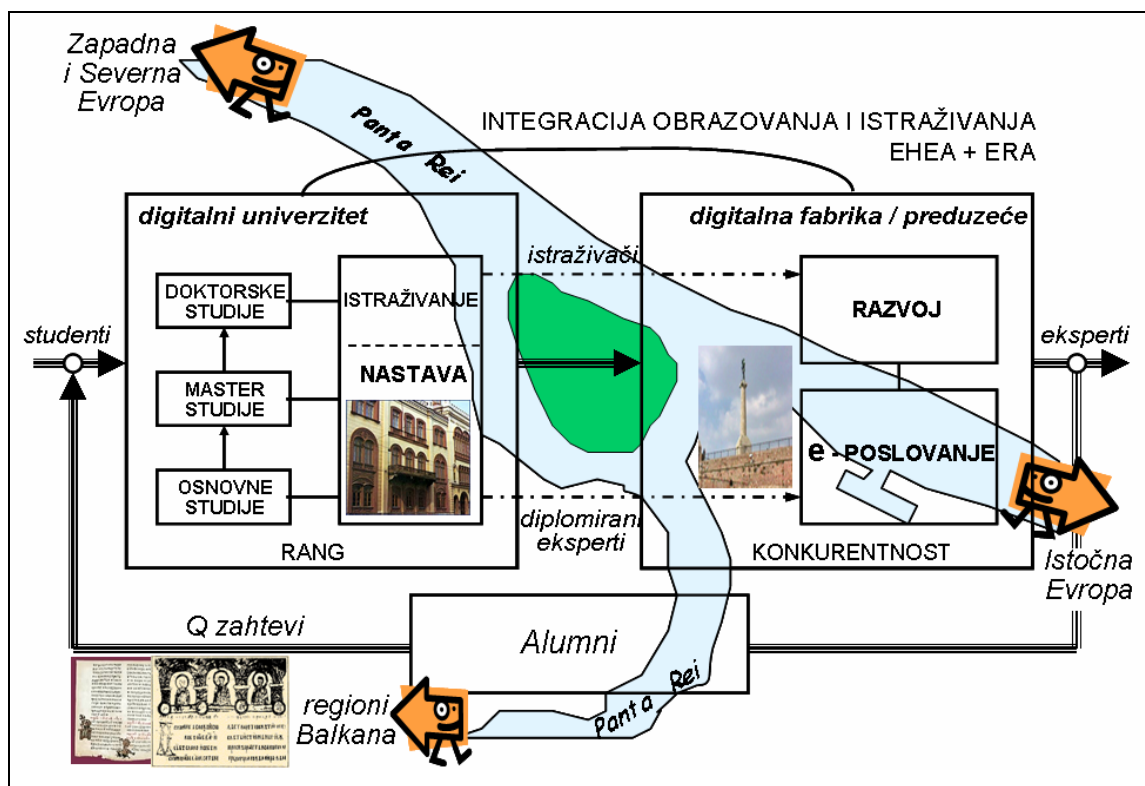
Izdvajanje sredstava u bolje uslove studiranja je doprinos razvoju društva u celini koje mora da bude zainteresovano za veću efikasnost i efektivnost studiranja kroz bolje rezultate studiranja za kraći vremenski period. Dobro pripremljeni studenti za tržište rada su akademski potencijal koji vraća uložene investicije u visoko obrazovanje (slika 5). Korisnije su preventivne i proaktivne akcije za sprečavanje odliva mozgova, nego da se to konstatuje statističkim brojevima kada je za sve kasno. Društvo gradi zajednicu zadovoljnih i produktivnih pojedinaca pa država treba da razmatra potrebe i donosi planove zapošljavanja. To u isto vreme doprinosi i sigurnosti studenata dok studiraju i njihovom pravilnom opredeljenju za buduću profesiju.

6. KVALITET U OBRAZOVANJU I PERSPEKTIVE STUDENATA

Postoji pritisak industrije, privrede i finansijskog sektora da visoko obrazovanje ispuni neke intencije bez argumentovanih analiza. S druge strane postoji potreba i direktan interes visokog obrazovanja da bude profitabilno, naročito u zemljama gde je visok stepen nerazumevanja značaja obrazovanja kroz deprimirajući materijalni položaj visokog obrazovanja. Ovo je svakako konfliktna situacija koja utiče na sistem obezbeđivanja kvaliteta koji mora da bude planiran, projektovan, primenjen i vrednovan.

Vrednovanje sistema obezbeđivanja kvaliteta svake institucije visokog obrazovanja treba da bude transparentno sa dostupnim izveštajima o nastavno-istraživačkim performansama institucije. Neophodno je da se organizuju interaktivne konferencije i forumi sa studentima i u okviru Alumni asocijacija [12, 13], kako bi se kontinualno unapređivao integrisani sistem kvaliteta. Proces obezbeđivanja kvaliteta i akreditacija

su dva odvojena postupka iako se odnose na periodično vrednovanje usaglašenosti studijskih programa i same institucije visokog obrazovanja sa usvojenim standardima kvaliteta. Konceptija obezbeđivanja kvaliteta se razlikuje od institucije do institucije, u zavisnosti od politike razvoja, društvenih, istorijskih i kulturnih osnova. Prethodno moraju da se postave standardi, procedure i indikatori kvaliteta koji treba da se postignu u odnosu na postavljene opšte ciljeve. Rangiranje naših univerziteta na budućoj rang listi Evrope uzeće u obzir veći broj postavljenih kriterijuma.



Slika 5. Integracija univerziteta i industrije akademskim potencijalom

Uticaj studenata na sistem obezbeđivanja kvaliteta nastave i istraživanja je sve veći, pa se postavlja pitanje njihove spremnosti da preuzmu odgovornost za tu akademsku ulogu. Studentske organizacije treba da obezbede dobru informisanost o reformi univerziteta, integrisanom sistemu kvaliteta i ulozi studenata u upravljanju univerzitetom i fakultetom. Koordinacija studentskih organizacija i zaposlenih u instituciji visokog obrazovanja treba da bude dobro definisana procedura kvaliteta. Studenti kao glavni korisnici obrazovanja moraju da budu uključeni u procese unapređenja kvaliteta na lokalnom nivou (samoevaluacija institucije), nacionalnom nivou (nacionalne agencije i komisije koje utvrđuju kvalitet institucije i daju preporuke) i internacionalnom nivou (zajednički obrazovni prostor Evrope). Studentski parlamenti univerziteta i fakulteta i studentske organizacije treba da budu nezavisne od Vlade i resornih ministarstva sa transparentnim izborima u kojima učestvuje dovoljan broj studenata, što do sada nije bila praksa. To vodi ka brzom i uspešnom završetku studiranja i zapošljavanju sa traženim i priznatim kvalifikacijama. Univerziteti treba da uvedu predmete koji studente upoznaju sa značajem obrazovanja i karakteristikama integrisanog sistema kvaliteta. Univerziteti treba da imaju "ombudsman" biroe za kvalitet, referentne centre za integrisane sisteme kvaliteta u policentarskoj komunikacionoj vezi sa drugim centrima, kao i komunikacionim vezama sa drugim univerzitetima i međunarodnim akademskim asocijacijama [1, 14].

7. ZAKLJUČAK

Studenti su u procesu reforme visokog obrazovanja pre svega partneri a ne pasivni potrošači sa neznatnim uticajem na neophodne promene. *Bolonjska deklaracija* je istakla ovu važnu i odgovornu ulogu studenata, a ministarski sastanci potvrdili ove zahteve studentima, analizirajući svake druge godine postignute rezultate reforme. U raznim zemljama Evrope studenti nisu podjednako uključeni u reforme *Bolonjskog procesa*, čak su u nekim zemljama manje angažovani nego ranije. To se naročito odnosi na učešće studenata u telima koja donose akademske odluke u procesu upravljanja univerzitetom. Studenti univerziteta većine evropskih zemalja su organizovani u studentske organizacije koje zastupaju njihove

zajedničke interese. Nacionalne studentske organizacije su integrisane u evropske studentske organizacije koje zastupaju te zajedničke interese, pridržavajući se osnovnih akademskih principa tolerancije i studiranja pod jednakim uslovima za sve. Brojne studentske konvencije i dokumenta sadrže jasne stavove studenata u izgradnji Evrope bez granica sa društvom zasnovanom na znanju.

Na univerzitetima Srbije se o studentskim parlamentima fakulteta i univerziteta govorilo još od *Studentskog protesta '96/97* godine, kao i o *Zakonu o studentskom organizovanju* koji je trebalo da pravno definiše učešće studenata u funkcijama upravljanja. Na nekim fakultetima *Studentski parlamenti* su formirani, ali nije najjasnija procedura izbora u kojoj učestvuje nedovoljan broj studenata. Još je nepovoljnija činjenica da je veliki broj studenata neobavešten o pravima i očekivanoj ulozi studenata ili činjenica da su studenti pasivni u radu studentskih organizacija. Broj studentskih organizacija je prevelik, a njihovi programi dosta različiti i ponekad sa težnjom da se preslika nepovoljna stranačka politička scena u Srbiji.

Studenti vide problem reforme visokog obrazovanja i aktuelno fokusiranje na konkurentnost Evrope u svetu kao društva zasnovanog na znanju, kao mač sa dve oštrice. S jedne strane ostvareno je evidentno povećanje kvaliteta nastave i istraživanja u zajedničkim prostorima Evrope sa važnom mobilnošću studenata i profesora kroz taj prostor. S druge strane postoji opasnost privatizacije reformskih sadržaja i procesa odliva mozgova koji pogađaju izvestan broj zemalja Evrope. Vizni režim Evropske unije je krajnje nepovoljan po studente univerziteta Srbije koji su bili zatvoreni (sankcije, ratovi, protesti i drugo) u svojoj neobaveštenosti o trendovima evropskih integracija sa kojima su se upoznavali na sasvim pogrešan i indirektan način. Interes svih (studenata, profesora, univerziteta i društva) je da se prihvate evropski standardi kako bi Srbija bila što pre integrisana u Evropu sa univerzitetima čije će diplome da vrede proporcionalno mestu na rang listi univerziteta. Zato je i neophodna veća zainteresovanost studenata sa aktivnijim učešćem u reformskim promenama, pošto je njihov akademski protok kroz univerzitet relativno kratak (*Panta Rei* po Heraklitu).

LITERATURA

- [1] Spasić, Ž., *Integrirani sistem kvaliteta digitalnog univerziteta*, Monografija, Mašinski fakultet, 2007.
- [2] <http://www.utm.edu/research/iep/h/heraclit.htm> (The Internet Encyclopedia of Philosophy).
- [3] Muzeji sveta: *Vatikanski muzeji – Rim*, Izdavač – "Vuk Karadžić", Beograd, 1974.
- [4] <http://www.esib.org>
- [5] Spasić, Ž., Đinović, S., *Studenti - budući kreativni inženjeri za inovativno preduzeće prosperitetnog društva*, 20. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala, Beograd, 2001.
- [6] Spasić, Ž., *Quality of Engineering Education: Students as Partners in the Bologna Process*, VIII International Conference on "Material Handling, Construction and Logistic", Plenary paper for Round Table, Belgrade, 2006.
- [7] http://www.esib.org/BPC/docs/Archives/CoP004_student_goteborg_declaration.html
- [8] <http://www.esib.org/6convention/reader/special.php>: *The Role of Higher Education in the Knowledge Based Society - Objectives for 2010*, 6th European Student Convention Palermo 2003.
- [9] <http://www.esib.org/7convention/reader.php>: *National Qualifications Framework and Student Involvement within the European Higher Education Area*, 7th European Student Convention, Dublin, 2004
- [10] Merisotis, J.P., *Democratization and Student Inclusion: Observation on Access*, Financing of Higher Education and Coalition-Building, 8th European Student Convention "Building a Democratic University", Nijmegen, 2004.
- [11] Atlard, A., Fenech, J., *Financing of Higher Education – Going from Presumption to Reflection*, 9th European Student Convention, General report, Luxemburg, 2005.
- [12] Spasić, Ž., Pejak, P., *Feedback Information of ALUMNI Association in Quality Assurance System for Higher Education*, FME Transactions, Faculty of Mechanical University, New Series, Vol. 33, No 2. Belgrade, 2005.
- [13] Alumni Fond Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu αMEβ, Saopštenja I Kongresa "*Savremeni zadaci mašinstva*", Urednici: Spasić, Ž., Nedeljković, M., ISBN 86-7083-542-8, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.
- [14] Spasić, Ž., Nedeljković, M., Bošnjak, S., Obradović, A., *Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu – Misija na putu ka evropskoj integraciji*, Mašinski fakultet, Beograd, 2003.

Ž. Spasić

STUDENTS ARE ACADEMIC POTENTIAL FOR INTEGRATION OF DIGITAL UNIVERSITY AND DIGITAL FACTORY IN THE KNOWLEDGE BASED EUROPE-2010

Abstract. Academic flow of students through the University is timely relatively short, comparing with the eternity of the University existence. This is the reason why students must be much more active in the activities of decision making and control of faculties or University. Serbian Universities are in the actual reform process, slowly and sleepily in existing resistances to necessary changes. But, students have to know that the values of their diplomas will be proportional with rang on the future list of European Universities in the integrated knowledge based Europe – 2010.

Key Words: *European integration, Quality of education, Students activities, Digital University, Digital Factory.*



Z. Radojević, M. Radojević, D. Stojanović¹

CIM SISTEM - PODLOGA POVEZIVANJA TEHNOLOŠKIH OPERACIJA

Sadržaj – Tehnološke operacije su sastavni delovi proizvodnih operacija. Ako se povežu sve tehnološke operacije u proizvodne operacije, onda je njihov skup kompletan proizvodni proces. Takav proces predstavlja kompletnu proizvodnju jednog ili više proizvoda. Sve tehnološke operacije se obavljaju na radnim mestima na kojima se nalazi mašina alatka kojom se upravlja uz pomoć računara CNC mašine. Ovakvim mašinama može se upravljati i na daljinu, uz pomoć centra za upravljanje proizvodnjom ili pojedinačno koja je u sastavu kompletne proizvodnje. Zbog ovakvog načina upravljanja proizvodnjom, CIM sistem ima veoma značajnu ulogu, kako u procesu proizvodnje, tako i u procesu kontrolisanja, preko tehnološke razrade, kontrole, upravljanja zalihama, da bi se brzo i kvalitetno izradio određeni proizvod. Iz napred iznetih razloga, operacije su veoma značajne za ostvarenje kvalitetni i jeftinijih proizvoda.

1. UVOD

CIM sistem proizvodnje se sastoji iz više podsistema, koji funkcionišu kao informacioni sistem proizvodnog procesa. Takav sistem sadrži i menadžment – upravljanje. Može se reći da sistemski pristup menadžmentu posmatra organizaciju kao jedinstven, namenski sistem, sastavljen od međusobno povezanih delova. Ovaj prilaz omogućava menadžerima da gledaju na organizaciju kao celinu i kao deo većeg spoljnog okruženja. Sistemska teorija govori da aktivnost bilo kojeg segmenta utiče u različitom stepenu na aktivnost svih ostalih segmenata. Menadžerima je upoznavanje sa sistemskom terminologijom neophodno da bi mogli da prate razvoj u ovoj oblasti. Svaki sistem sastoji se iz podsistema, a svaki sistem može da bude i podsistem neke veće celine. Sistem je "otvoren" kada je međusobno povezan sa svojim okruženjem. Svaki sistem ima granicu koja ga odvaja od okruženja. Granica sistema u zatvorenom sistemu je kruta, a u otvorenom sistemu je fleksibilna. Poslednjih godina granice sistema mnogih organizacija postaju fleksibilnije. Sistem ima svoj tok informacija: materijala, osnovnih sredstava, ljudi i energije. To su inputi sistema koji prolaze kroz procese transformacije (operacije koje ih menjaju), izlaze iz sistema kao outputi (proizvod ili usluge). Povratna informacija je deo upravljanja sistemom po kome se rezultati rada vraćaju pojedincu, dozvoljavajući pri tom da se procedure rada analiziraju i isprave.

Sistemska teorija skreće pažnju na dinamičnu i međusobno povezanu prirodu organizacija i zadataka menadžera. Na taj način obezbeđuje se okvir za planiranje akcije i predviđaju se bliže posledice. Koristeći sistemsku perspektivu, menadžeri mogu lakše da održavaju ravnotežu između potreba delova preduzeća i potreba i ciljeva čitave kompanije.

2. TEHNOLOGIJA PROCESA

Tehnološki proces je deo proizvodnog procesa, a koji se odnosi na oblikovanje radnog predmeta, koji se realizuje najčešće na osnovnim sredstvima, tj. na definisanim proizvodnim radnim mestima. Oblikovanje se ostvaruje kroz niz međusobno povezanih aktivnosti, čiji je zadatak transformacija ulaznih materijala u definisani radni predmet koji je prikazan na tehničko-tehnološkoj dokumentaciji. Proizvodi po svom sastavu i obliku mogu biti: prosti, srednje složeni i složeni.

Prost proizvod je onaj koji sa sastoji iz samo jednog elementa (viljučka, kašika, tanjir). Srednje složen proizvod se sastoji od 30 elemenata (hemijska olovka, mašine za mlevenje mesa itd). Složen proizvod se sastoji od većeg broja elemenata nego srednje složeni proizvod (traktor, auto, lift, itd). Karakteristično za srednje složeni i složeni proizvod je da proizvod ima tehnološku liniju montaže, jer se ista sastoji od većeg broja elemenata.

¹ dr Zoran Radojević, FON, Beograd, 011/3950-819, Jove Ilića 154

dr Miroslav Radojević, Viša tehnička mašinska škola, Zemun

Dragana Stojanović, FON, Beograd, 011/3950-860, stojanovicd@fon.bg.ac.yu, Jove Ilića 154

Svaka proizvodnja se sastoji od jednog tehnološkog toka (masovna proizvodnja), više tehnoloških tokova (serijska i srednje serijska proizvodnja), više specifičnih tehnoloških tokova (pojedinačna proizvodnja).

Tehnološki proces se može deliti na više manjih, tehnoloških i organizaciono definisanih celina: operacija, zahvata, prolaza i pokreta.

Tehnološka operacija je skup direktnih ili pomoćnih dejstava na radni predmet na jednom obradnom sistemu (mašini), koja omogućuje realizaciju obradnog procesa. Najčešće je to ponovljiv deo obradnog procesa. Ovakva definicija važi za spregu čovek – mašina, odnosno za tehnološku operaciju koja zavisi od mašine. Kod ručne obrade na svakom radnom predmetu obavljaju se tehnološke operacije, koji mogu da se definišu kada se utvrdi šta se sve radi na radnom predmetu. Ako se na takvom radnom mestu obavlja samo jedna tehnološka operacija, što je najčešće slučaj na montaži proizvoda. Svaka tehnološka operacija se sastoji iz više zahvata.

Zahvat je osnovna ili direktna elementarna operacija kod koje direktno deluje alat na radni predmet. Ovakvim dejstvom na radni predmet, dobija se nova površina, čija je veličina definisana tehničkim crtežom. U toku izvođenja ovog procesa elementi obrade se ne menjaju. Zahvat može biti složen i grupni.

3. ZNAČAJ UPRAVLJANJA OPERACIJAMA

Upravljanje operacijama je složena aktivnost koja obuhvata planiranje proizvodnje, organizovanje resursa, usmeravanje operacija i nadziranje učinka sistema. Ovaj problem se može i drugačije rešiti kroz sledeće izražavanje. Upravljanje operacijama je kompleksna grupa menadžerskih aktivnosti u procesu planiranja, organizovanja, vođenja i kontrolisanja operacija jednog proizvodnog sistema.

Ranije se smatralo da upravljanje operacijama nije važna aktivnost, ali se poslednjih godina to menja. Sve veći broj menadžera smatra da su operacije "pčelinjak" aktivnosti sa ozbiljnim finansijskim posledicama za svaki proizvodni sistem. Upravljanje operacijama, prvo može da poveća produktivnost i na taj način finansijsko stanje proizvodnog sistema. Drugo, omogućava proizvodnim sistemima da odgovore na prioritete zahteve kupaca. Produktivnost kao odnos input-a i output-a koristi se za merenje koliko menadžer i radnik efikasno koriste raspoložive resurse za proizvodnju robe ili usluga. Bilo da se radi o procesu malih, ali stalnih unapređenja ili o opsežnom i radikalnom redizajniranju procesa, kvalitet direktno utiče na produktivnost i merenje efikasnosti. Koeficijenti produktivnosti mogu se izračunati za određeni vremenski period kojim se može izmeriti efikasnost operacija u datom periodu, ili se mogu uporediti sa drugim koeficijentima za prethodni period, kako bi se utvrdio trend produktivnosti. Mnoge kompanije se suočavaju sa problemima konkurencije, ako se izgubi iz vida osnovni razlog postojanja operacija – proizvodnja kvalitetnih proizvoda i usluga koje kupci žele po razumnim cenama. To upućuje na merenje organizacione efikasnosti. Efikasni menadžeri ne mogu zadovoljiti zahteve svih kupaca, već donose strateške odluke o tome kako će proizvodni sistemi na najbolji način zadovoljiti konkurentne prioritete kupaca i zatim na odgovarajući način prilagoditi svoje operacije. Četiri konkurentna prioriteta sa stanovišta upravljanja operacijama su:

- formiranje cene,
- nivo kvaliteta,
- pouzdanost kvaliteta,
- efikasnost.

Za mnoge potrošače cena je najvažniji element, ili zbog ograničenih sredstava ili se razlika u cenama ne može odmah uvideti. Jedan od zadataka menadžera operacija je da troškove svede na minimum, tako da proizvodni sistem može da ponudi konkurentne cene i ostvari dobit.

Nivo kvaliteta ima dve komponente: kvalitetan dizajn i kratak rok isporuke. Kvalitetan dizajn karakterišu superiorna svojstva, male tolerancije i duži rok trajanja proizvoda i usluga.

Pouzdanost kvaliteta označava dosledan kvalitet i isporuku u roku. Sistem "mršave proizvodnje" koji je lansirala TOYOTA i druge kompanije, naglašava organizacione i menadžerske aspekte proizvodnje, uključujući smanjenje zaliha i skraćivanje vremena procesa proizvodnje, nužne zalihe, stalna unapređenja i kvalifikovanu radnu snagu.

Ovaj model je bio veoma efikasan u uslovima apsolutno korporativnog (zadružnog) okruženja i apsolutne posvećenosti poslu svih radnika.

Fleksibilnost se odnosi na proizvode i na obim. Fleksibilnost proizvoda označava da dizajn proizvoda može brzo da se menja i da menadžeri zahtevaju ove promene da bi zadovoljili kupce – oni izrađuju nestandardizovane proizvode prema pojedinačnim potrebama kupaca. U ovom slučaju, nivou output-a za individualni proizvod je nužno niži, jer se proizvodni sistem prvenstveno takmiči na osnovu svoje sposobnosti da proizvede komplikovan jedinstveni proizvod. To je u suprotnosti sa masovnom proizvodnjom, u kojoj je došlo do standardizacije proizvoda, a proizvođači proizvode velike količine istog artikla. Fleksibilnost obima je sposobnost da se u kratkom roku obave promene u skladu sa promenama potražnje proizvoda firme.

Četiri konkurentna prioriteta – formiranje cene, nivo kvaliteta, pouzdanost kvaliteta i fleksibilnost, pokazuju da se sklonosti potrošača moraju uzeti u obzir prilikom izrade proizvoda. Osnovni problem kod zadovoljenja konkurentnih prioriteta je u tome što su ovi prioriteti često u sukobu. Potrošači žele razumne cene, ali i kvalitetne proizvode i usluge. Poslednjih godina menadžeri kreativnih operacija su pokazali da organizacije mogu da ponude visok kvalitet, fleksibilnu robu i usluge po konkurentnim cenama.

4. DIZAJNIRANJE SISTEMA OPERACIJA

Savremenu proizvodnju karakterišu menadžeri koji mogu da prilagode operativne planove prema strateškim planovima. Operativni planovi utiču na dizajniranje sistema operacija. Kada se dizajnira sistem operacija, potrebno je doneti odluku o tome koje proizvode i u kojoj količini proizvoditi, kao i ko će ih proizvoditi.

Projektovanje za proizvodnju određuje dizajn rado pojednostavljenja montaže. Nekada je projektovanje proizvoda bio dugotrajan, višefazni proces koji je podrazumevao kreiranje i ispitivanje prototipova ili radnih modela. Danas je ovo brz i jeftin proces zahvaljujući primeni računara (CAD), koji omogućava projektovanje proizvoda, crtanje ni ispitivanje u simuliranim uslovima koje treba interaktivno obaviti na računaru. Budući da veliki deo cene zavisi od dizajna, većina proizvođača se okreće simultanom ili istovremenom inženjeringu, kada inženjeri projektanti i inženjeri iz proizvodnje rade zajedno da bi pojednostavili dizajn. Proces određivanja količine proizvoda ili usluga koje treba proizvesti se naziva planiranje kapaciteta. To je proces predviđanja potražnje i donošenje odluke o tome koji će resursi biti potrebni za zadovoljenje te tražnje. Izbor procesa koji određuje kako će se proizvod ili usluga proizvesti, sadrži četiri faze tehnoloških odluka: izbor glavne tehnologije, izbor sporedne tehnologije, izbor specifične komponente i izbor redosleda operacija.

Glavna tehnologija se zasniva na najnovijim otkrićima i inovacijama, kao što su mikročipovi i genetička rekombinacija. Mada je izbor glavne tehnologije uglavnom u domenu inženjera, hemičara, biogenetičara i ostalih tehničkih stručnjaka, najviši rukovodioci treba što je moguće potpunije da sagledaju tehnologiju, njen potencijalni razvoj i alternative.

Sporedna tehnologija se bira posle glavne tehnologije i za to postoji nekoliko alternativa. Menadžer operacija treba da oceni troškove alternativnih procesa transformacije, kao i podudarnost sa željenim proizvodom i planovima kapaciteta. Kontinuiran proces, koji se obavlja 24 časa na dan da bi se izbegla česta puštanja u rad i zatvaranja, koristi se između ostalog u hemijskoj i industriji čelika. Kod masovne proizvodnje, proces na montažnoj traci se ponavlja, ali traka ne mora da radi 24 časa dnevno.

Specifične komponente se pojavljuju šezdesetih godina, kada su se u proizvodnim pogonima pojavile mašine alatke sa numeričkom kontrolom (NC). To su bile namenske mašine i obavljale su određeni zadatak prema uputstvima sadržanim u programu. Ovakve mašine obavljaju operacije dosledno i pouzdano, i u tome su daleko bolje od radnika koji rade za mašinom. Nedostatak ovih mašina je vreme zastoja i cena reprogramiranja – određivanja novog zadatka. Ovaj problem je rešen kada su počeli da se koriste novi mikrokompjuterski čipovi u kreiranju mašina sa kompjuterizovanom numeričkom kontrolom (CNC). Ove mašine se mogu mnogo lakše reprogramirati i podesiti za novi zadatak.

CIM – integracija proizvodnje pomoću računara je sveobuhvatni pristup koji obuhvata i CAD/CAM podsisteme, koji čine upravljanje računarima pri projektovanju, tehnološkoj razradi i proizvodnji, i uz robote sa planiranjem materijala (MRP).

Redosled operacija govori kuda se kreće radni predmet. Najčešće se posmatraju montažni crteži i dijagrami toka. Analize mogu pokazati da li je potrebno izmeniti redosled operacija, zatim kombinovati i eliminisati operacije kako bi se smanjili troškovi rukovanja i skladištenja materijala.

Često se u procesu projektovanja određuje kako će se raditi i ko će vršiti tehnološki proces proizvodnje. To zavisi od kvalifikacione strukture radnika, zaštite na radu i saradnje svih učesnika u realizaciji tehnologije.

Kontrolisanje procesa proizvodnje se vrši po ustaljenoj proceduri uz pomoć računara.

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom je prikazana uloga i značaj CIM sistema u realizaciji proizvodno-tehničkih operacija. Mesto i uloga operacija je veoma značajna i utiče na cenu proizvoda. Jeftinija i efikasnija proizvodnja utiče na formiranje cene prodaje, a samim tim i afirmiše proizvod na tržištu kroz konkurentnu cenu i kvalitet.

LITERATURA

- [1] Hans H. Hintenhuber: *The European way to lean management*, The International Executive, May-jun, 1994.
- [2] Kerri Konan: *Earn your veggies*, Restaruran business, 1993.
- [3] Ramesey N.: *What companies are doing*, Fortune, 1993.
- [4] Peter G.W.Keen: *Redesigning the organization through information technology*, Planning Review, 1991.
- [5] Radojević Z.: *Operativni menadžment*, Grafoslog, Beograd, 2002.
- [6] Spasić Ž.: *CIM sistem*, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.

Abstract: *Technology operations are part of the production operations. Production process is consists of all technological operations. Production process is entirely manufacturing of one or more products. All technological operations are operating on workplaces with semiautomatic machine with computer management. With those machines you can manage from distance, with center for production management. CIM system has important role, both in production process and controlling process, through technology processing, control, inventory management, for fast and quality products. For this reasons, operations are very important for completion of quality and low-cost products.*



M. Rakonjac, I. Rakonjac¹

CIM SISTEMI U PROCESU INDUSTRIJSKOG DIZAJNA

Rezime: Rad prikazuje inženjerski pristup industrijskom dizajnu, opis CIM sistema i njihove primene u procesu industrijskog dizajna kao organizacione celine proizvodnog ciklusa. Prikazan je ciklus razvoja proizvoda, kao i osnovne operacije koje ga prate.

1. UVOD

Računarski integrisana tehnologija, poznatija kao CIM (eng. *Computer Integrated Manufacturing*) je izraz koji se najčešće koristi prilikom opisa kompletne automatizacije proizvodnog postrojenja, gde su svi procesi pod direktnom kontrolom računara, a međusobno povezani digitalnim informacijama. Sam koncept pojavljuje se osamdesetih godina prošloga veka i podrazumeva alate za projektovanje i proizvodnju pomoću računara: CAD/CAM (*computer-aided design/computer-aided manufacturing*), sisteme za procesno planiranje na bazi računarske tehnologije: CAPP (*computer-aided process planning*), numerički upravljanje mašine: CNC (*computer numerical control machine tools*), direktno numerički upravljane alate: DNC (*direct numerical control machine tools*), fleksibilne sisteme: FMS (*flexible machining systems*), automatske sisteme skladištenja: ASRS (*automated storage and retrieval systems*), te automatski vođenih vozila: AGV (*automated guided vehicles*), upotrebu robotike i automatskog upravljanja, te računarsko planiranje i kontolu proizvodnje, kao i baze podataka integrisane u sistem poslovanja.

Osnova računarski integrisane tehnologije su tzv. CAD/CAM sistemi. Sistemi projektovanja pomoću računara (CAD – *Computer Aided Design*) i sistemi proizvodnje pomoću računara (CAM – *Computer Aided Manufacturing*) su od suštinskog značaja u smanjivanju perioda (proizvodnog) ciklusa u organizaciji. CAD/CAM sistemi su alati koji omogućavaju integraciju projektovanja i proizvodnje. CAD/CAM integrisani sistemi transformišu klasične crtačke table u elektronske fajlove i omogućavaju projektovanje, planiranje i organizaciju proizvodnih kapaciteta. CAD sistemi pružaju elektronske slike delova, dok CAM sistemi omogućavaju izradu takvih delova numerički kontrolisanim mašinama.

Grafike koje pružaju CAD sistemi omogućavaju projektantima da naprave elektronske slike koje se mogu posmatrati ili dvodimenzionalno kao klasična slika ili u tri dimenzije kao realni objekat koji se može rotirati i tako posmatrati u prostoru. Napredni softverski alati analiziraju i testiraju dizajn pre nego li se napravi prototip. Programi koji vrše analizu konačnih elementa omogućavaju inženjerima da predvide tačke opterećenja na delovima i posledice opterećenja.

Kada je deo isprojektovan, slike se koriste za projektovanje kretanja alata i obrade materijala od kog će se dotični deo proizvesti. Ukoliko se softver poveže se numerički kontrolisanim post-procesorom deo se izrađuje na CNC mašini. Slike dizajna se mogu koristiti i za projektovanje alata i sklopova, za mašinsku proveru dimenzija... Što se više stvari uradi koristeći CAD sisteme – više se vremena uštedi u celokupnom procesu.

Planiranje proizvodnog procesa je naprednija generacija CAD/CAM sistema. Koristi se još moćniji softver da bi se napravio plan celog procesa proizvodnje na osnovu geometrije dela, broja delova koji se izrađuju (veliçine serije) i podataka o raspoloživosti mašina u fabrici. Softver može da odabere najprikladniji alat i da izračuna vremena proizvodnje i troškove.

¹ Dr **Milorad Rakonjac**, Visoka škola za projektni menadžment, Beograd, 063 217 996

Ivan Rakonjac, dipl.inž.maš. „Meteor“ d.o.o. Fabrika dekorativnih svetiljki i stubova, Beograd, 065 333 99 46, ivan.rakonjac@gmail.com

2. INDUSTRIJSKI DIZAJN

2.1. Definisanje pojma

Industrijski dizajn predstavlja proces estetskog formiranja, koji u saradnji sa naukom, tehnologijom i pre svega inženjerskim disciplinama pruža osnovu razvijanju proizvoda i njegove pripreme za proizvodnju u cilju postizanja optimuma vrednosti kao što su: funkcionalnost, pouzdanost, upotrebljivost, bezbednost, ekonomičnost itd. To je proces donošenja odluka, često iterativan

Iako se sam pojam dizajna vezuje pre svega za idejno rešenje proizvoda, potrebe savremene industrije pokazuju da je on više od toga. Industrijski dizajn je pre svega kreativna aktivnost čiji je cilj ustanovljenje višestrukih kvaliteta proizvoda, procesa, usluga i uopšte čitavog ciklusa jednog proizvodnog sistema. Razvoj proizvoda počiva na industrijskoj logici i upotrebi savremenih alata, te je sasvim jasno da je industrijski dizajn kompleksan proces koji osim idejnog rešenja proizvoda obuhvata i projektovanje, konstruisanje, izradu prototipa, pripremu proizvodnje i još mnogo toga.

Značaj industrijskog dizajna kao i neophodnost CIM sistema u realizaciji istog u cilju dobijanja kvalitetnijeg i konkurentnog proizvoda biće predstavljen na primeru proizvodnje dekorativnih svetiljki i stubova javne namene (ulice, parkovi, šetališta, trgovi...). S obzirom na specifičnost proizvoda i zahteve koji se odnose na funkcionalnost, kvalitet i estetiku, veoma je važno ustanoviti kriterijume i optimizovati pre svega proces dizajna, konstruisanja i pripreme proizvodnje jer zahtevi kupaca direktno opredeljuju proizvodni program i praktično nameću potrebu za neprestanim razvijanjem novih proizvoda. Učešće sasvim novih ili delimično modifikovanih proizvoda dostiže i do 70% u godišnjoj proizvodnji dekorativnih svetiljki javne namene, dok se prodaja već razvijenih proizvoda kreće između 30% i 40%.

Posmatrajući razvoj novih proizvoda, može se oučiti tri tipa primenjenog dizajna: originalni, adaptivni i varijantni dizajn.

Originalni dizajn ne odlikuje samo sasvim nov proizvod, već i nove tehnologije, koje se po prvi put primenjuju u preduzeću. Statistički gledano ovakav tip dizajna zastupljen je sa 30% u dizajnu svih novih proizvoda. Adaptivni dizajn podrazumeva primenu poznatih rešenja u cilju dobijanja novog proizvoda i kao takav najzastupljeniji je - 52% . Varijantni dizajn karakteriše upotreba novih materijala ili procesa prilikom razvoja novih proizvoda. Ovakav vid dizajna zastupljen je u 18% slučajeva.

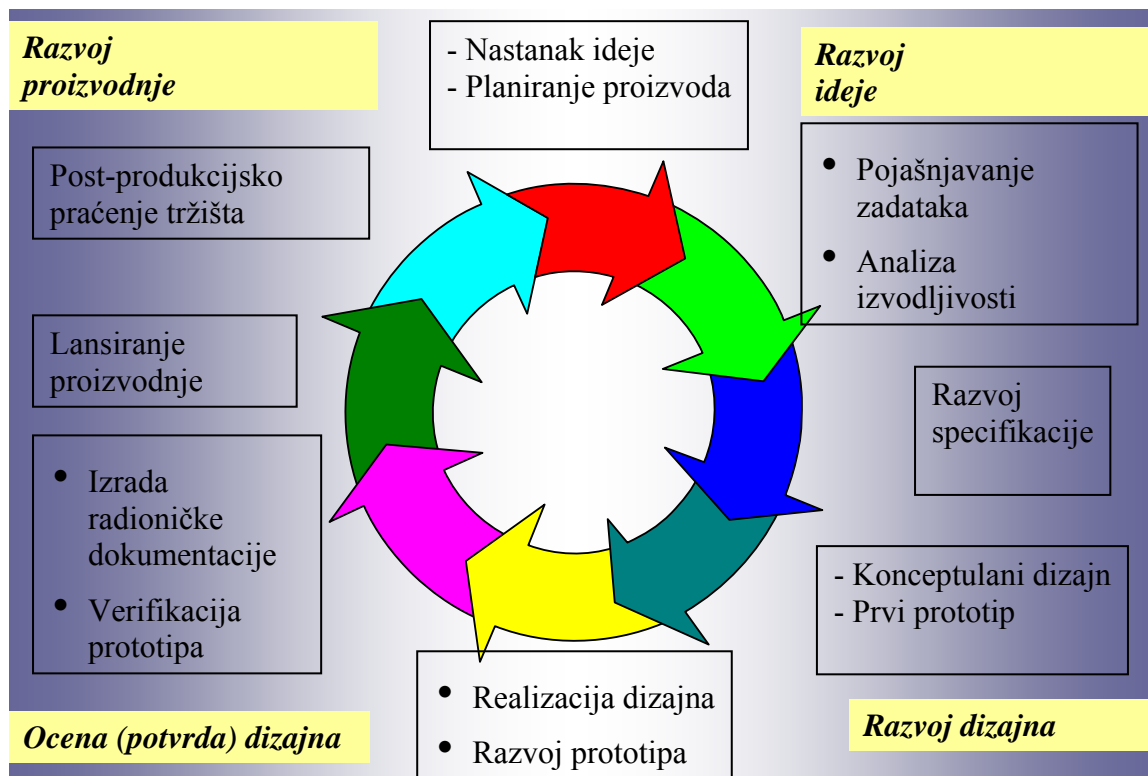
Bez obzira na primeni tipa dizajna, ciklus razvoja proizvoda može da se izrazi kroz sledeće faze:

- razvoj ideje
- razvoj dizajna
- ocena (potvrda) dizajna
- razvoj proizvodnje.

Dijagram ciklusa razvoja novog proizvoda prikazan je na slici 1, a dijagram osnovnih operacija u ciklusu razvoja novog proizvoda na slici 2.

2.2. Razvoj ideje

Praćenjem tržišta prikupljaju se podaci o deficitu i potrebi određenih proizvoda ili game proizvoda, zatim konkretni zahtevi u pogledu karakteristika, mogućnostima plasmana, kao i rizicima. Bilo da se radi o inidrektnom obrađivanju tržišta ili opdgovaranjem na konkretne tahteve klijenta (zahtevi za ponudama ili tenderska dokumentacija) princip je isti. Dobijeni podaci se pohranjuju u bazu, formira se inerrelacijska matrica i nakon analize formira se ideja o tome šta su priortetne osobine i koje kriterijume proizvod treba da zadovolji kako bi na najbolji način odgovorio zahtevima. Jako je važno od samoga početka razmišljati o izvodljivosti dizajna i realizaciji svih utvrđenih osobina u proizvodnom procesu. Stoga je neophodno pojasniti predstojeće zadatke, napraviti prve analize izvodljivosti ideje i mogućnosti realizacije proizvodnje.



Slika 1. Ciklus razvoja proizvoda [1]

2.3. Razvoj dizajna

Nakon potvrde izvodljivosti, shodno već obrađenim zahtevima klijenta izrađuje se tehnička specifikacija i sprovodi se analiza funkcija koje proizvod treba da ispuni, te se formiraju varijantna rešenja.

Redukcijom varijantnih rešenja izdvaja se konceptualni dizajn i pristupa se izradi prvog prototipa.

Sam koncept realizovanog dizajna i konstrukcije se unapređuje, otklanjaju se uočene slabosti i prototip se prilagođava tehnološkim procesima kako bi kasnije izrada samog proizvoda bila prilagođena raspoloživim resursima.

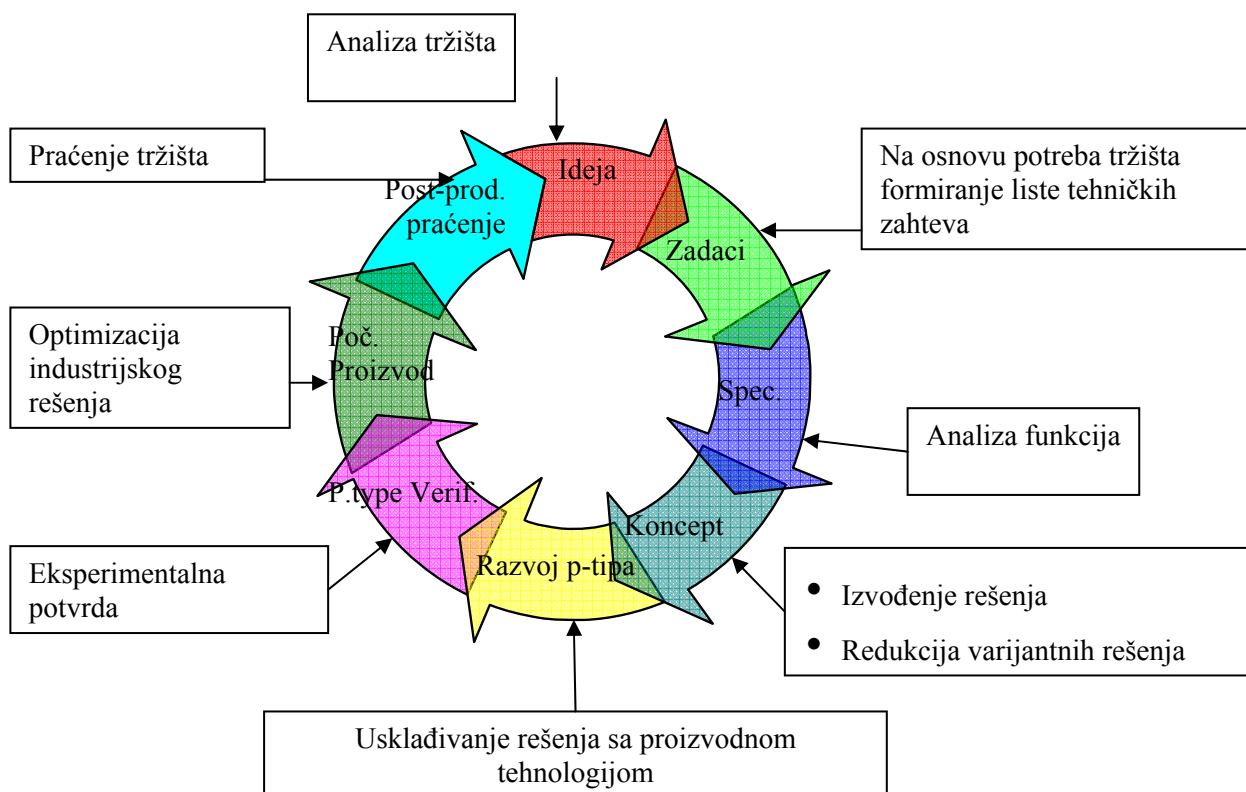
2.4. Ocena (potvrda) dizajna

Pre nego li na osnovu prototipa otpočne proizvodnja, neophodno je izvršiti provere i potvrditi dizajnerska i konstrukcijska rešenja. Najuobičajenija je eksperimentalna provera prototipa izlaganjem ekstremnim uslovima rada i praćenjem ponašanja istog. Ukoliko su rezultati eksperimentalne provere zadovoljavajući otpočenje se sa priprema za proizvodnju.

2.5. Razvoj proizvodnje

Na osnovu prethodnih faza formira se konačna dokumentacija, utvrđuje se tehnologija izrade, potrebni resursi, izrađuju se neophodni alati i otpočinje sa proizvodnim procesom. Ovu fazu sa stanovišta industrijskog dizajna karakteriše optimizacija industrijskih rešenja u smislu jednostavnosti izrade, modularnosti i adaptivnosti. Ranija rešenja se unapređuju, a nova realizuju tako da potencijalno mogu da se primene na neke buduće proizvode.

Od izuzetnog značaja za proces industrijskog dizajna je praćene proizvoda nakon prodaje. Prikupljaju se informacije o eksploataciji proizvoda i zadovoljstvu klijenta, zatim se obrađuju i koriste kao ulazne veličine u nekom narednom ciklusu razvoja novog ili adaptivnom dizajnu već poznatog rešenja.



Slika 2. Dijagram osnovnih operacija u ciklusu razvoja novog proizvoda [1]

3. ZAKLJUČAK

U eri dostupnosti materijala i tehnologija, ono što može izdvojiti proizvod od konkurencije upravo je proces industrijskog dizajna. Ukoliko se pođe od pretpostavke da konkurentni proizvođači raspolažu konkurentnim tehnologijama i da u tehničkom i ekonomskom smislu između njihovih reprezentativnih proizvoda nema očigledne razlike, onda šansu treba potražiti u novim dizajnerskim rešenjima. Pored semantičkog aspekta proizvoda dobro organizovani proces industrijskog dizajna pruža mogućnost i ostvarenja kriterijuma minimalnih troškova proizvodnje, minimalnih gabarita, težine, a sa druge strane maksimalne funkcionalnosti, pouzdanosti, kao i jednostavnosti prilikom eksploatacije i održavanja. Sasvim je jasno da CIM sistemi predstavljaju nezaobilazne alate u pomenutom procesu i da upravo njihova upotreba nedvosmisleno pomaže u dostizanju pomenutih kriterijuma.

4. LITERATURA

- [1] Freddi Alessandro: Industrial Design and Engineering, Mechanical Engineering Dept. Università di Bologna
 [2] www.rockfordconsulting.com/cim.htm

M. Rakonjac, I. Rakonjac

CIM SYSTEMS IN INDUSTRIAL DESIGN PROCESS

Abstract: The paper describes the engineering approach to industrial design, the overview of CIM systems and their application in the process of industrial design as one of the processes in the production cycle. The product development cycle is shown, as well as the basic actions that accompany it.



M. Đapić¹, Lj. Lukić²

STANDARDIZACIJA SIGURNOSTI INFORMACIONIH RESURSA PREDUZEĆA

Rezime: *Informacioni resursi preduzeća suočavaju se brojnim sigurnosnim pretnjama koji se karakterišu krađama, hakerskim sabotazama, virusima itd. Sledeći to u ovom radu³ se predstavlja koncept zaštite informacionih resursa preduzeća kroz razvoju, implementaciji i održavanju menadžment sistema za sigurnost informacija (ISMS) u skladu sa zahtevima serija standarda ISO/IEC 27000.*

1. UVOD

Informacione tehnologije igraju značajnu ulogu u razvoju i održavanju konkurentnosti savremenih organizacija. Uvođenje interneta, intraneta, elektronskog poslovanja itd. značajno je unapredilo sposobnost organizacija da brzo reaguju na stalne promene koje se dešavaju u okolini u kojoj organizacije ostvaruje svoje poslovne aktivnosti. Bez primene ovih tehnologija one teško mogu da prežive na tržištu koje se sve više globalizuje.

Zaštita informacija, očuvanje njihove poverljivosti, integriteta, odnosno celovitosti i raspoloživosti postaje od primarne važnosti. Sigurnost informacija je mnogo više od korišćenja odgovarajućih tehničkih rešenja koje nude savremene informacione tehnologije. Jer kao što je navedeno u /1/ "Ako mislite da tehnologijom možete rešiti vaš sigurnosni problem onda vi ne razumete ni problem ni tehnologiju".

Oslanjajući se na koncept da je sigurnost informacija mnogo više od primene savremenih tehničkih rešenja koje nude informacione tehnologije, razvijeni svet opredelio se za razvoj odgovarajućih standarda koji pokrivaju ovu oblast.

2. SIGURNOST INFORMACIONIH RESURSA

Informacija je podatak sa određenim značenjem, odnosno znanje koje se može preneti na bilo koji način (pismom, audio, vizuelno, elektronski ili na neki drugi način). One mogu da budu: štampane ili napisane na papiru, odložene (memorisane) elektronski, prenesene poštom ili elektronskim putem, prikazane na korporacijskom veb sajtu, verbalne – izgovorene u konverzaciji, znanje – veštine zaposlenih itd.

Informacije i njima pripadajući podaci, zatim procesi i sistemi (hardverski, softverski, mrežni itd.) koji se koriste za njihovo generisanje, obradu, prenos, memorisanje kao i pristup predstavljaju važan deo poslovne imovine organizacije koju je potrebno prikladno zaštititi ako se želi normalno poslovanje koje će obezbediti opstanak i razvoj. Ovaj zahtev postaje sve važniji zbog distribuirane poslovne okoline organizacije u kojoj su informacije izložene ranjivostima usled velikog broja pretnji (opasnosti).

Osnovni ciljevi zaštite informacija u nekoj organizaciji je da se obezbedi:

- kontinuitet poslovanja i
- minimizira rike od potencijalnih šteta (havarija)

Ovo se postiže prevencijom incidentnih događaja i redukovanjem njihovog potencijalnog uticaja. Definisane, implementacija, održavanje i unapređenje koncepta sigurnosti informacija može biti od presudne važnosti za ostvarivanje i održavanje konkurentnosti, dotoka novčanih sredstava i obezbeđenja profitabilnosti, kao i zadovoljenja zakonskih odredbi i osiguranja poslovnog ugled organizacije.

¹ Dr Mirko Đapić, LOLA Institut, Kneza Višeslava 70a 11030 Beograd, E-mail: mdjapic@yahoo.com

² Prof. dr Ljubomir Lukić, Mašinski fakultet Kraljevo, Dositejeva br. 19, 36000 Kraljevo, pbs1@tehnicom.net

³ Rad predstavlja deo istraživanja u okviru projekta br. TR-6319B – "Implementacija automatizovanog projektovanja obradnih sistema i procesa u industriji prerade metala" koji je delimično finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije

Sigurnost informacija je podjednako važna malim i veliki kao i javnim i privatnim organizacijama. Povezanost javnih i privatnih računarskih mreža i deljenje informacija otežavaju kontrolu pristupa informacijama. U takvim uslovima oblici centralizovane kontrole nisu delotvorni. Odnosno, primena tehničkih rešenja, odgovarajuće opreme i proizvoda više nije dovoljna da bi osigurala odgovarajuće upravljanje sigurnošću informacija.

Sigurnost informacija nije isključivi problem informacionih tehnologija (IT) već je to "poslovni" problem. Opšte je mišljenje da primenom odgovarajućih tehnologije se rešava samo jedan deo problema sigurnosti informacija.

Danas se sigurnost informacija postiže primenom odgovarajućih **kontrola** (eng. control), koje se odnose na politiku sigurnosti, poslovne procese, procedure, strukturu organizacije i funkcije hardvera i softvera (sistemskog i aplikativnog).

Kontrole važne za organizaciju sa zakonske tačke gledišta su: a) zaštita informacija i tajnosti ličnih podataka; b) čuvanje organizacionih izvještaja; c) poštovanje prava intelektualnog vlasništva. Kontrole koje u praksi postižu dobre rezultate kod implementacije koncepta sigurnosti informacija su: a) sigurnosna politika; b) raspodela odgovornosti za sigurnost informacija; c) svest o neophodnosti zaštite informacija, obrazovanje i obuka zaposlenih; d) ispravno procesiranje podataka u aplikacijama; e) upravljanje ranjivostima (slabostima) informacionih resursa; f) upravljanje kontinuitetom poslovanja g) upravljanje sigurnosnim incidentima i unapređenje sistema.

Navedene kontrole je potrebno osmisliti, implementirati, nadzirati, preispitivati i unapređivati kako bi se osiguralo ispunjenje poslovnih i sigurnosnih zahteva organizacije.

Upravljanje sigurnošću informacija zahteva uključivanje svih zaposlenih u organizaciji, a vrlo često je potrebna pomoć spoljnih konsultanata.

Razvojem, implementacijom i sertifikacijom menadžment sistema za sigurnost informacija ISMS (Information Security Management System) pruže određeni nivo poverenja kod komintenata menadžmenta, doničara i zaposlenih da će njihove informacije adekvatno biti zaštićene.

Sigurnost informacija obuhvata primenu mera zaštite podataka koji su na **obradi**, ili su **pothranjeni** ili je u toku njihov **prenos** od gubitaka:

- **poverljivosti**,
(Odnosi se na zaštitu određenih podataka, odnosno informacija od bilo kakvog namernog ili nenamernog otkrivanja neovlašćenim osobama)
- **celovitosti** (integriteta)
(Odnosi se na osiguranje tačnosti i celovitosti informacija i na onemogućavanje neovlašćene promene njihovog sadržaja)
- **raspoloživosti**
(Odnosi se na ta da su relevantne informacije u vremenski prihvatljivim terminima raspoložive odgovarajućim subjektima)

kao i sprečavanje gubitka **celovitosti** i **raspoloživosti** samih sistema.

Sigurnost informacija je ustvari proces upravljanja rizikom. Upravljanje rizicima mora da bude stalan, kontinuiran proces pošto su rizici sami po sebi promenjivi, a s druge strane stalno se generišu novi kao odraz promenljivog okruženja u kome organizacija ostvaruje svoju misiju. Ovo znači da je neophodno da se periodično preispituju rizici kao i pretnje i slabosti informacionih resursa. Ovo je upravo ono na čemu bazira menadžment sistem za sigurnost informacija (Information Security Management System - ISMS).

Jedan harmonizovani proces uspostavljanja ISMS-a dat je u standardu ISO/IEC 27001:2005. Uspostavljanje ISMS sistema koji ispunjava zahteve ISO/IEC 27001 mora da se realizuje kroz projekat koji podrazumeva primenu metoda i tehnika projekt menadžmenta.

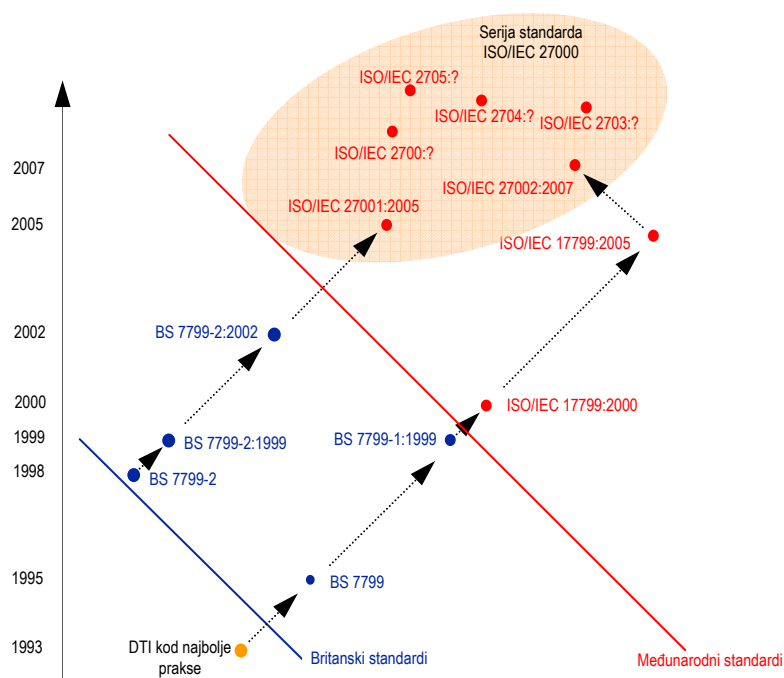
3. STANDARDIZACIJA INFORMACIONIH RESURSA PREDUZEĆA

Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) i Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) su osnovali zajednički tehnički komitet JTC1 u okviru koga radi stalni komitet SC27 (ISO/IEC JTC1/SC27 "IT Security Technique") koji se bavi razvojem standarda u oblasti sigurnosti IT sistema. Ovaj komitet je pokrenuo novu seriju standarda ISO/IEC 27000. Ovo je familija standarda o ISMS (menadžment sistemu za

sigurnost informacija) koja je planirana da se razvije u narednih 5-7 godina. Planirano je da ovu seriju (slika 3.1) čine:

- ISO/IEC 27000 ISMS - Osnove i rečnik pojmova
- ISO/IEC 27001 ISMS - Zahtevi
- ISO/IEC 27002 (ISO/IEC 17799 će postati posle 2007 godine) - Kodeks postupaka (dobra praksa) za upravljanje sigurnosti informacija
- ISO/IEC 27003 - ISMS Uputstvo za implementaciju
- ISO/IEC 27004 - Merenja u menadžmentu sigurnosti informacija
- ISO/IEC 27005 - Menadžment rizika sigurnosti informacija

Za sada su objavljena samo dva standarda iz ove serije. To su ISO/IEC 27001:2005 i ISO/IEC 17799:2005



Slika 3.1 Razvoj standarda ISO/IEC 27001 i ISO/IEC 17799

Standard ISO/IEC 17799:2005 definiše kodeks dobre poslovne praksa u oblasti sigurnosti informacija. Čitav standard bazira na jedanaest sigurnosnih kategorija (poglavlja) koje pokrivaju sve aspekte sigurnosti informacija. Te kategorije su:

- Sigurnosna politika
- Organizacija za sigurnost informacija
- Upravljanje resursima
- Sigurnost ljudskih resursa
- Fizička sigurnost
- Upravljanje komunikacijama i operacijama
- Kontrola pristupa
- Nabavka, razvoj i održavanje informacionih sistema
- Upravljanje sigurnosnim incidentima
- Upravljanje kontinuitetom poslovnih procesa
- Usklađivanje sa zakonskim i drugim propisima

Svaka od navedenih sigurnosnih kategorija definiše sigurnosne ciljeve kao i kontrole koje je potrebno sprovesti da bi se ispunili ti ciljevi. Važno je napomenuti da se kontrole definišu kao: način upravljanja rizicima, što podrazumeva politike, procedure, uputstva, organizacione strukture koje mogu da budu administrativne, tehničke, upravljačke ili pravne.

Paralelno sa ovim standardom razvija se standard (ISO/IEC 27001) koji definiše zahteva koje menadžment sistem za sigurnost informacija mora da zadovolji i po kome se sprovodi sertifikacija ISMS ako se to zahteva. Ovi zahtevi baziraju na ciljevima i kontrolama (dobroj poslovnoj praksi) koje su definisane u standardu ISO/IEC 17799.

Ceo koncept sigurnosti informacija koji je definisan u standardima ISO/IEC 27001 i ISO/IEC 17799 bazira na konceptu upravljanja (menadžmentu) rizicima. Ocena rizika je definisana kao ocena pretnji informacijam (pretnje koje dovode do povrede poverljivosti, integriteta i raspoloživosti informacija) njihovog uticaja na informacije i na ranjivost (slabost) informacija i informacionih sistema kao i verovatnoće njihove pojave. Upravljanje (menadžment) rizikom je definisan kao proces identifikacije, kontrole i umanjivanja ili eliminacije sigurnosnih rizika koji mogu da utiču na informacije i informacione sisteme a koji mora da bude finansijski opravdan.

4. ZAKLJUČAK

Otvaranje informacionih resursa organizacije prema spoljnjem svetu ima i svoje negativne strane. Informacije i informacioni resursi (hardverski i softverski) izloženi su brojnim sigurnosnim pretnjama kao što su računarske prevare, industrijske špijunaže, hakerske sabotaze, virusi itd. Opstanak organizacija je u direktnoj vezi sa njenom sposobnosti da zaštiti svoje informacione vrednosti. Tako koncept zaštite, odnosno sigurnosti informacija izbija u prvi plan.

Serijski standardi ISO/IEC 27000, odnosno njihovi standardi ISO/IEC 27001:2005 i ISO/IEC 17799:2005 daju jedan harmonizovani pristup upravljanju rizicima kojim su izložene informacione vrednosti u organizaciji kroz razvoj, implementaciju i održavanje menadžment sistema za sigurnost informacija.

LITERATURA

1. Kenning, M., *Security management standard - ISO 17799/BS 7799*, BT Technology Journal, Vol 19, No 3, July 2001, (pp 132-136).
2. Vermeulen, C., Van Solms, R., *The information security management toolbox - taking the pain out of security management*, Information Management & Computer Security, Vol 10, No 3, 2002, (pp 119-125).
3. Broderick, S., *ISMS, security standards and security regulations*, Information Security Technical Report IT, 2006, (pp 26-31).
4. Solms, R., *Information security management: why standards are important*, Information Management & Computer Security, Vol 7, No 1, 1999, (pp 50-57).
5. Fawaz, M., *Information security management systems* (power-point prezentacija), QMI seminar, Malezija, 2004.
6. ISO/IEC 27001:2005, *Information technology - security techniques - information security management systems - Requirements*.
7. ISO/IEC 17799:2005, *Information technology - security techniques - code of practice for information security management*.

STANDARDIZATION OF ENTERPRISE INFORMATION RESURS SECURITY

Summary: *Enterprise information resource face to serious security threats just like as stealing, hacker sabotage, viruses etc. Continue to that in this paper are presented information security concept and ISO/IEC 27000 series of standards which provide a harmonize approach to development, implementation and maintains information security management systems (ISMS).*



Jankulović A.¹, Slavković G.², Spasić Ž.³

SISTEMSKO INŽENJERSTVO U FUNKCIJI REALIZACIJE CIM SISTEMA

Abstract: *CIM systems represent computer integrated functions and business processes in systems. Successful implementation is based on implementation of system theory and systems engineering. Implementation of integrative systems approach is very important in the system modeling phase. In regard to this, the need for new employees is emerged - Systems engineer. Enterprise modeling and Systems engineering as very fast growing discipline is studied in many universities (MIT, Lancaster, Arizona etc) within partial departments and faculties.*

1. UVOD

Sistemska teorija i sistemsko razmišljanje o svetu predstavljaju osnov u uspešnom modeliranju, integraciji i operacionalizaciji sistema. SISTEM u datom sagledavanju može biti bilo šta od preduzeća, projekta, kompleksnog proizvoda do države i državnih institucija. Pri datom sagledavanju i primeni teorije mogu se postaviti određena pitanja kao što su:

- Zašto je važno sistemski razmišljati i raditi ?
- Zašto je to preko potrebno za uspešno funkcionisanje sistema (od preduzeća do države) ?
- Zašto razvijene zemlje primenjuju ovu teoriju ?

SISTEMSKO RAZMIŠLJANJE je tokom proteklih decenija izraslo kao jedna od najvažnijih intelektualnih disciplina koja je omogućila jak mentalni okvir za razumevanje situacije problema i dnevno donošenje odluka. Istraživanja su započela 1950 tih razvojem SISTEM ANALIZE i SISTEMSKOG INŽENJERSTVA najviše za primenu u avio i vojnoj industriji. Prvo je primenjivana za identifikaciju i izbor alternativnih predloga i služila kao osnov za racionalno razmišljanje.

Svaki element sistema se planira i realizuje (projektuje i izgrađuje) uz eksplicitno uvažavanje međuveza između njega i drugih elemenata sistema. SISTEM reč je nastala od grčke reči: SYN što znači zajedno i HISTEMA što znači postaviti – setovati. Postoje mnoge definicije Sistema:

- Sistem je skup jedinica sa vezama (odnosima) između njih (Von Bertalanffy)
- Sistem je skup objekata zajedno sa vezama između objekata i između njihovih atributa (Hall i Fagen),
- Sistem je konfiguracija komponenti međusobno povezanih za jednu svrhu saglasno planu,
- Sistem je kontinualni, granice odražavajući na različite načine sklop delova.

Sistem je kompleksno grupisanje ljudi i mašina. On ima podsisteme koji su međusobno povezani i predstavlja deo hijerarhije takvih sistema. Da bi funkcionisao sistem mora imati postavljen zadatak. Da bi funkcionisao maksimalno efikasno, sistem mora biti projektovan na način da je sposoban da dostigne ukupni zadatak na najbolji mogući način.

2. SISTEM I TEORIJA SISTEMA

SISTEM kao fizički entitet. SISTEM kao čista intelektualna konstrukcija i ništa više. IDEJA O SISTEMU je apstraktna konstrukcija koja se može opisati i diskutovati. MODEL SISTEMA je jasna formalna predstava o toj konstrukciji koja je razvijena saglasno specifičnim pravilima i sa kojom se tada može manipulirati. Cilj sistema mora biti jasno definisan kako bi mogao biti razumljiv. Po uspostavljanju ciljeva neophodno je definisati merila za ocenu uspeha. Akcija koju sprovodi sistem naziva se njegova FUNKCIJA. Sistem

¹ Doc Dr Aleksandar Jankulović, Fakultet informacionih tehnologija, Beograd, email: jankulovic@yahoo.com

² Mr Goran Slavković, dipl.ing.maš.i el., Mašinski fakultet Beograd, email: gslavkovic@mas.bg.ac.yu

³ Prof Dr Žarko Spasić, dipl.ing.maš., Mašinski fakultet Beograd, email: zspasic@mas.bg.ac.yu

obrađuje i distribuira materijal, energiju i informacije. Sistem se stoga sastoji iz strukturnih komponenti (statičkih delova), operativnih komponenti (obezbeđuju obradu) i komponenti protoka (materijal, energija i informacije).

Svaki SISTEM se sastoji iz komponenti, koje mogu biti dalje prikazane kroz više manjih komponenti. Niži nivo u dekompoziciji se naziva PODSISTEM. Sve što nije deo sistema naziva se OKRUŽENJE. Interakcija sa okolinom se ostvaruje kroz ulaze i izlaze u/iz sistema. Subjekt koji ulazi a potom transformisan izlazi naziva se JEDINICA PROTOKA.

Istraživanja pokazuju da postoji i da se može identifikovati metodologija koja se može primeniti za razvoj bilo kakvog sistema. Posmatranjem izgrađenih sistema, identifikovan je jedan šablon događaja koji se ponavljaju od projekta do projekta. Ovaj šablon obrazac ima svoju vertikalnu i svoju horizontalnu strukturu. Vertikalnu strukturu Životnog ciklusa karakteriše redosled određenih stanja kroz koja prolazi projekat a svako stanje odnosno fazu vertikalne strukture karakteriše horizontalna struktura sleda aktivnosti koji čini Proces projektovanja. Sistemski pristup se razlikuje od relacionog pristupa. Relacije postoje samo između 2 komponente a sistem između više komponenti. Veze između komponenti relacija su direktne dok kod sistema one zavise od celokupnog sistema i njegovih komponenti.

Istraživanja su pokazala da sistem ima opšte karakteristike nezavisno od oblasti u kojoj se pojavljuje. Stoga se posebno proučavaju oblasti kibernetike, opšte teorije sistema i sistemologije. Kibernetika se prvi put pominje 1947 godine u delu Norberta Wienera. Odnosi se na samoregulaciju mehaničku, elektro ili biološku. Koncept povratne veze je osnov kibernetičke teorije. Kibernetika je nauka optimalne kontrole kompleksnih procesa u prirodi, društvu i kompanijama. Kibernetika je dala veliki doprinos oblasti regulacije i kontrole. Još širi koncept unifikacije od kibernetike je nastao krajem 1940-te. To je ideja da se zajednički principi za sve sisteme mogu naći i u drugim oblastima osim kontrole i samoregulacije.

Ludwig von Bertalanffy je koristio izraz OPŠTA TEORIJA SISTEMA. Opšta teorija sistema se bavi razvojem sistemskog okvira za opis relacija u svetu. Ova potreba je nastala iz problema komunikacije između različitih disciplina. Hijerarhija nivoa vodi do sistemskog pristupa koji ima široku primenu. SISTEMOLOGIJA predstavlja nauku o sistemima ili njihovom formiranju. Sa razvojem sistema i povećanjem kompleksnosti dolazi i do potrebe za interdisciplinarnim znanjima. Sve zajedno išlo se ka sintezi različitih znanja. Sistemologija je zahtevala sintezu nauke i ljudskih resursa kao i novih tehnologija. Jedan od najznačajnijih doprinosa sistemologije je da je ponudila jedinstveni rečnik i niz koncepata primenljivih na različite sisteme.

Da postoji urgentna potreba da se primeni sistemski prilaz u razvoju i projektovanju i rešavanju problema uopšte i posebno u industriji, svedoče brojni primeri posledica fragmentarnog prilaza.

Mogu se prepoznati pet koristi od korišćenja sistemskog prilaza:

- Sistemski prilaz pruža šansu da se zastane i uzme dobar pogled na sistem i započne formulisanje novih zadataka.
- Još uvek je tendencija u industriji i upravi da se odluke zasnivaju na pogađanju (guess work). Važna korist sistemskog prilaza je da se metod pogađanja zameni gradnjom modela i optimizacijom
- Najvažniji deo svakog proučavanja je da se postave pravi zadaci. Ako su zadaci pogrešni najveći deo daljih napora koji slede je izgubljen. Ma koliko to bio težak problem (bio realni zadatak težak da se definiše i nejasan-on se mora otvoriti). Otuda važna korist od sistemskog prilaza je u tome što disciplinovani metod da se napadne problem fokusira pažnju na važna pitanja - teži da se iznese u prvi plan korektan zadatak umesto irelevantnog zadatka koji se može držati u pozadini.
- Važna korist je što se uzimanjem globalnog pogleda problemi poduhvataju po njihovom korektnom redu važnosti.
- Korist je činjenica da, ako prosti alati i tehnike rezultiraju u velikim poboljšanjima – oni treba da budu primenjeni što je pre moguće, ostavljajući ostatak od 5 ili 10% poboljšanja za kasnije.

Razvijene zemlje u svetu doživljavaju prelazak iz jednog u drugo tehnološko doba na način da sa sobom donose promene u koncepciji sveta u kome živimo. Dve ideje su dominantne u načinu na koji ljudi shvataju svet oko sebe. Prvi se naziva REDUKCIONIZAM i smatra da se sve može redukovati, dekomponovati ili rastaviti na proste delove. Druga ideja je MEHANIZAM i podrazumeva da se svaki fenomen može sagledati kroz jednostavnu relaciju uzroka i efekata. Krajem mašinskog doba smatra se 1940-ta godina i početkom

SISTEMSKOG DOBA. Ovo novo doba je proizvod intelektualnog okvira redukcionizma, mehanizma dopunjenog sa ekspanzionizmom i novim sintetičkim – sistemskim načinom razmišljanja. EKSPANZIONIZAM podrazumeva da su svi objekti i događaji delovi jedne celine. Sve se fokusira na celinu a prihvata se postojanje delova kao celine.

Kod analitičkog modela opis celine proizilazi iz opisa njenih delova. Kod sintetičkog razmišljanja sve se posmatra iz ugla šireg sistema i njegove uloge u celini. Sistemsko doba se više bavi spajanjem nego razdvajanjem delova. Sintetski model razmišljanja kad se primeni na sistemske probleme naziva se Sistemski pristup. Zasnovan je na tome da kada jedan od delova sistema najbolje funkcioniše, ne mora i ceo sistem da najbolje funkcioniše. U sistemskom dobu, pažnja se posvećuje grupama i organizacijama kao delovima većih socijalnih sistema ili celina.

3. SISTEMSKO INŽENJERSTVO

Sistemsko inženjerstvo je vezano za period teškog inženjerstva 1950-tih i 60-tih godina prilikom primene u vojnim sistemima. Teorija je zasnovana na donošenju najbolje varijante i njenoj primeni. Javljaju se problemi visoke strukturalnosti sa velikim brojem komponenti i interakcija među njima. Ona predstavlja osnov mnogih današnjih tehnika i metoda. INCOSE (International Council of Systems Engineering) daje definiciju SE kao: Inženjerska disciplina čija je odgovornost kreiranje i izvođenje interdisciplinarnih procesa koji omogućuju da su potrebe klijenata/korisnika i stakeholdera zadovoljene visokim kvalitetom, efikasnom cenom-troškovima i rokom. Ovaj model definiše sedam zadataka: Definisane problema, Određivanje alternativa, Modeliranje sistema, Integracija, Lansiranje sistema, Određivanje performansi i ponovna evaluacija (akronim SIMILAR).

Sistemsko razmišljanje je izraslo iz strukturnih ili hard sistem pristupa u soft sistem pristupe tokom 1970 – 80 tih godina. Promena na soft sistem razmišljanje je dovela do značajnih promena. Proširenu ulogu i odgovornost inženjera i menadžera koja obuhvata sve faze životnog ciklusa, posebno uključivanje početnih faza planiranja, neki autori definišu kao SISTEMSKO INŽENJERSTVO. To je nauka o projektovanju složenih sistema uz efikasno korišćenje resursa (4M – Material, Money, Mashine, Man). Tako da se obezbedi da se komponentni sistemi – podsistemi (koji sačinjavaju sistem) projektuju, međusobno usklađuju, proveravaju i funkcionišu na najefikasniji način. SISTEMSKO INŽENJERSTVO je primena sistemskog prilaza u rešavanju problema. To je nauka o projektovanju kompleksnih sistema u svoj svojoj ukupnosti da se osigura da su komponentni podsistemi koji čine sistem projektovani, podešeni zajedno, provereni i rade na najefikasniji način. Sistemsko inženjerstvo postaje sve važnije jer se povećava kompleksnost poslovanja i svih modernih poslova uopšte. Mnogi odvojeni sistemi treba da se spoje zajedno ako se želi da se dobije zadovoljavajuće rešenje za tako kompleksne sisteme. Tako nauka o spajanju zajedno odvojenih sistema postaje važna grana nauke – nauka o sistemskom inženjerstvu.

Sistemsko inženjerstvo je timska aktivnost koja sastavlja specijaliste različitih profila – prirodnih nauka, inženjera, matematičara, ekonomista itd. Kao primer možemo uzeti investicije i Upravljanje projektima gde je neophodno multidisciplinarno znanje. Koristi od primene Sistemskog inženjerstva:

- Pruža šansu da se zastane i uzme dobar pogled na sistem i započne formulisanje novih zadataka
- To je disciplinovani metod da se napadne problem, fokusira pažnja na važna pitanja i teži da se iznese u prvi plan korektan zadatak.
- Da se metod pogađanja zameni gradnjom modela i optimizacijom,
- Uzimanjem globalnog pogleda problemi se poduhvataju po njihovom korektnom redu važnosti,
- Ako prosti alati i tehnike rezultiraju u velikim poboljšanjima, oni treba da budu primenjeni što je pre moguće.

Sistemski prilaz za projektovanje se može primeniti na komercijalne, upravljačke – menadžment i softver sisteme kao i za hardver sisteme kao što su projektovanje državnih institucija, fabrika, proizvoda itd. Odsek za sistemsko inženjerstvo u Lancasteru je uzeo to ime jer reč INŽENJER se upotrebljava u opštem smislu za čoveka koji projektuje ili inženjerizuje sisteme bili oni sastavljeni od hardvera ili softvera ili samo od ljudi.

METODE nisu univerzalno primenljive već su postavljene pod određenim pretpostavkama za određene probleme i situacije. Stoga je izbor metode važan posao. METODOLOGIJA uzima kao dato da je problem tačno definisan. Ako nema mehanizma utvrđivanja problema onda je ona primenjiva samo za probleme koji

su jasno definisani. Faze u primeni **SISTEMSKOG INŽENJERSTVA** – glavni niz događaja u tipičnom proučavanju sistema:

- Sistemska analiza, opšta analiza onoga što se dešava, zašto i da li to može da bude bolje, definiše se sistem i njegovi zadaci i prikupljaju podaci o njegovim performansama,
- Sinteza sistema ili projektovanje sistema, prognoza budućeg okruženja sistema a zatim izgradnja kvantitativnog modela da bi se koristio da **SIMULIRA** ili ispita jedan broj načina rada sistema a zatim se bira sistem koji se čini najboljim,
- Implementacija, optimisani sistem treba da se izgradi a to je konstruisanje hardvera ili softvera, projekt mora biti pažljivo paniran da bi se osiguralo ostvarivanje pune koristi sistemskog prilaza, kad je izgrađen treba da se sistem proveri sa svojim performansama
- Rad sistema, predaja sistema na korišćenje, potrebno je oceniti efektivnost i ako ona nije zadovoljena sistem mora biti podešen ili optimisan.

U menadžmentu je trend da se idenifikuje nedostatak pa da se zatim otklone nedostaci i utvrde simptomi. Međutim mnogo je važnije pitanje zašto ciljevi nisu već postignuti i šta je to u modelu sistema što onemogućava uspeh. Modeli odavno postoje i postoje u vidu mentalnih modela koje se koriste za preduzimanje akcija (mislilac Senge MIT). Postoje **HARD** i **SOFT** metodologije. Hard sistemi – fabrike sa zadacima koji se lako definišu, jasno definisana procedura donošenja odluka i merila performansi. “Hard” sistem razmišljanje je rešavanje bilo kog struktuiranog problema koje je zasnovano na šemi “traženja cilja”. Međutim, dalje razmišljanje sugerise da su to zaista vrlo ograničeni problemi. To su dobro struktuirani problemi. Metodologija koja traži šemu sredstva-ciljevi, je fundamentalno isključena iz mnoštva problema realnog sveta koji su nestruktuirani, problemi u kojima se zadaci ne mogu uzeti kao dati. Kako se na zadovoljavajući način može napraviti balans između industrijskog razvoja i očuvanja životne sredine? Kako treba projektovati naše škole? To su vrste teško - definisanih, nestruktuiranih problema, kojih pokušava da se poduhvati “soft” sistem razmišljanje. “Soft” sistem metodologija (SSM) kao deo sistemske metodologije obezbeđuje struktuirani način da se poduhvate teško definisani problemi, a da se ne nameće ni sredstvo-ciljevi “hard” sistem metodologije, ili zaista, bilo koja druga potvrđena šema ove vrste.

4. ZAKLJUČAK

Sistemske pristup modeliranju i realizaciji funkcionisanja sistema predstavlja osnov za uspešnu realizaciju kompjuterski integrisanog sistema. Uključivanje profesionalaca sa multidisciplinarnim znanjem koji mogu integrativno i na sistemske način posmatrati sistem su nezaobilazni u današnjem okruženju i povećanom stepenu složenosti sistema.

5. LITERATURA

1. Systems engineering and analysis, 4th ed., Benjamin S. Blanchard, Wolter J. Fabrycky, Prentice Hall, 2006, ISBN 0-13-186977-9
2. Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world with CD-ROM, 1st ed., John Sterman, Mc Graw Hill Higher Education, 2000, ISBN 007238915x
3. Systems analysis and design methods, 7th ed., Jeffrey L. Whitten, Lonnie D. Bentley, Mc Graw Hill Higher Education, 2007, ISBN 0073052337
4. Systems modeling: Theory and practice, Michael Pidd, John Wiley, 2004, ISBN 0-470-86731-0
5. Vernadat. F., Enterprise modeling and integration, Prentice Hall, 1998.
6. Jankulović A., Modeliranje i integracija preduzeća, Zadužbina Andrejević, 1999.

SYSTEMS ENGINEERING AS A PART OF CIM SYSTEMS IMPLEMENTATION

Rezime: *CIM sistemi predstavljaju kompjuterski integrisane funkcije i poslove u sistemu. Osnov za uspešnu realizaciju zasnovan je na primeni teorije sistema, sistemskog pristupa i sistemskog inženjerstva. Primena integrativnog sistemskog pristupa je neophodna u fazi modeliranja sistema. Stoga se u svetu javlja potreba za novim zanimanjem Inženjer ili Projektant sistema i nova naučna oblast koja se proučava na mnogim fakultetima (MIT, Lancaster, Arizona itd) u okviru posebnih odeljenja i fakulteta.*



mr Vukica Jovanović¹, dr Mileta M. Tomović, Sreten Filipović, dipl. inž.

INTERNETOM PODRŽANA SARADNJA U DISTRIBUIRANIM PROIVODNIM SISTEMIMA

Rezime

Svetsko tržište je u poslednjoj deceniji pretrpelo velike promene zahvaljujući propulzivnom razvoju Internet baziranih aplikacija i tehnologija. Razvoj proizvoda, dizajn, projektovanje i proizvodnja se odvijaju na dislociranim mestima. Koordiniranje između članova projektnih timova treba da je efikasno i pravovremeno. Korišćenje Internet portala za razmenu podataka vezanih za projekte omogućava bržu i pouzdaniju komunikaciju između inženjera zaduženih za različite operacije tokom čitavog životnog ciklusa proizvoda. Poslovna strategija se više ne oslanja samo na pojedinačne resurse preduzeća. Sve više se fokusira i na saradnje ostvarene sa ostalim kompanijama koje rade na zajedničkom projektu. Poslovanje malih i srednjih preduzeća često zavisi od nalaženja pravovremenih informacija o aktuelnim podacima vezanim za oblast kojom se bave. Regionalni centri za preduzetništvo i privredne komore bi trebale da koriste savremene Internet tehnologije u cilju ostvarivanja komunikacije između inostranih kompanija i malih i srednjih preduzeća koja nemaju mogućnost korišćenja najsavremenijih tehnologija.

Ključne reči: *distribuirani proizvodni sistemi, upravljanje životnim ciklusom proizvoda, digitalna proizvodnja*

1. UVOD

Razvoj savremenih informacionih tehnologija je doveo do velikih promena na svetskom tržištu, a samim tim i u načinu na koji posluju današnja preduzeća. Interakcija između konstruktora, inženjera zaduženih za proizvodnju i montažu, nabavke i prodaje je sve intezivnija. Parcijalne tehnološke postupke sve više zamenjuje simultani pristup projektovanju gde se uporedo sa razvojem idejnog rešenja proizvoda i izrade prototipa, sve više razmišlja i o pogodnosti proizvoda za proizvodnju, montažu i reciklažu.

Usled čestih promena na tržištu, životni ciklus proizvoda je sve kraći. Da bi ostale konkurentne u uslovima savremenog poslovanja, kompanije moraju da izbace proizvod na tržište za što kraće moguće vreme. Jedna od najvažnijih stvari za nesmetano izvršavanje procesa vezanih za razvoj proizvoda, svakako predstavlja i pravovremen tok informacija. Promene na tržištu uslovljavaju neprestano osavremenjivanje proizvodnog programa. Dinamički pristup projektovanju i proizvodnji se sve više oslanja na podršku informacionih tehnologija. Znanja vezana za prethodne varijante proizvoda treba da budu sačuvana radi eventualnog ponovnog korišćenja.

Nakon izlaska proizvoda na tržište, briga o njemu se nastavlja kroz procese servisiranja, opravke, demontaže, reciklaže i odlaganja. Podaci o proizvodu moraju biti dostupni i nakon što se proizvod povuče iz proizvodnog programa. Čuvanje sveukupnog znanja o proizvodu posebno je važno u sistemima gde se timovi često menjaju. Bilo da zaposleni menjaju radna mesta, bilo da se penzionišu, znanje ugrađeno u razvoj proizvoda se delimično gubi.

¹Purdue University, Mechanical Engineering Technology, Product Lifecycle Management Center of Excellence, West Lafayette, Indijana, S.A.D., Tel: +1 765 496 7273, e-mail: vjovanov@purdue.edu

2. SEKVENCIONALNI PRISTUP PROJEKTOVANJU

Sekvencionalni pristup računarom podržanog projektovanja proizvoda se sastoji od parcijalnih procesa koji se izvode jedan za drugim. Nakon idejnog rešenja, a na osnovu definisanih funkcionalnih karakteristika proizvoda, sprovode se potrebni proračuni i inženjerske analize. Potom se proizvod modelira u izabranom softverskom paketu. Na osnovu 3D modela se izrađuje projektno-konstrukciona dokumentacija. Definišu se tehnološki procesi, izrađuju uputstva za proizvodnju i dokumenti za operacije montaže, kontrole i nabavke.

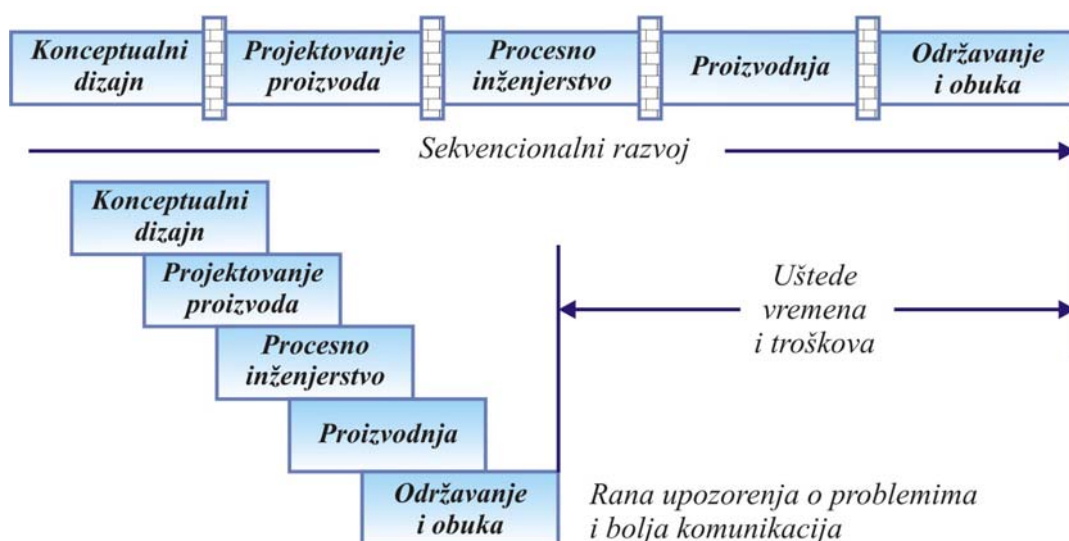
Problemi koji mogu nastati primenom ovakvog pristupa su višestruki. Ovi procesi se ne trebaju posmatrati sekvencionalno, jer se na taj način produžava ukupno vreme izlaska proizvoda na tržište. Pojedinačne faze životnog ciklusa su odvojene jedna od druge. Tok informacija između konstruktora i ostalih inženjera je previše dugačak i otežano je uvođenje promena. Timovi zaduženi za razvoj proizvoda i njegovu izradu moraju intenzivno komunicirati još od faze idejnog rešenja, kako bi proizvod bilo lakše proizvesti i montirati. Odluke vezane za konstrukciju proizvoda treba da zavise i od toga koliko ga je pogodno i isplativo realizovati.

3. SIMULTANI PRISTUP PROJEKTOVANJU (SIMULTANEOUS ENGINEERING)

Simultano inženjerstvo je povezivanje adekvatnih ljudi u odgovarajuće vreme, u cilju identifikacije i rešavanja dizajnerskih problema. Primena simultanog inženjerstva zahteva različite metode planiranja, koje se često nazivaju „Dizajn pogodan za – tehnike“ (*Design for Excellence – DFX*). Najpoznatije su: „Dizajn proizvoda pogodnog za montažu“ (*Design for Assembly – DFA*) i „Dizajn proizvoda pogodan za proizvodnju“ (*Design for Manufacturability – DFM*), ali treba napomenuti da postoje i druge metode, kao što su: Dizajn pogodan za dostupnost, cenu, zadovoljstvo kupca, održavanje, upravljivost, proizvodnost, operabilnost, performansu, kvalitet, rizik, sigurnost, raspoređivanje, socijalnu prihvatljivost i sve ostale osobine proizvoda [1].

Simultano inženjerstvo je sistemski prilaz za integrisan, konkurentan razvoj proizvoda i vezanih procesa, koji daje prioritet odgovoru na očekivanja kupca i otelotvorava timske vrednosti kooperacije, poverenja i deljenja informacija. Odlučivanje se odvija u velikim intervalima paralelnog rada, u svim područjima životnog ciklusa, sinhronizovano sa relativno kratkim izmenama u proizvodnoj saradnji [2].

Simultano inženjerstvo je proces formiranja i pružanja podrške multifunkcionalnim timovima za podešavanje parametara proizvoda i procesa, još u fazi projektovanja proizvoda (Jagnnathan, 1991). Na Sl.1. je prikazano poređenje preklapanja različitih procesa kod simultanog inženjerstva i tradicionalne linearne metode sekvencionalnog pristupa.



Sl. 1. Preklapanja procesa kod simultanog inženjerstva i sekvencionalnog razvoja [3]

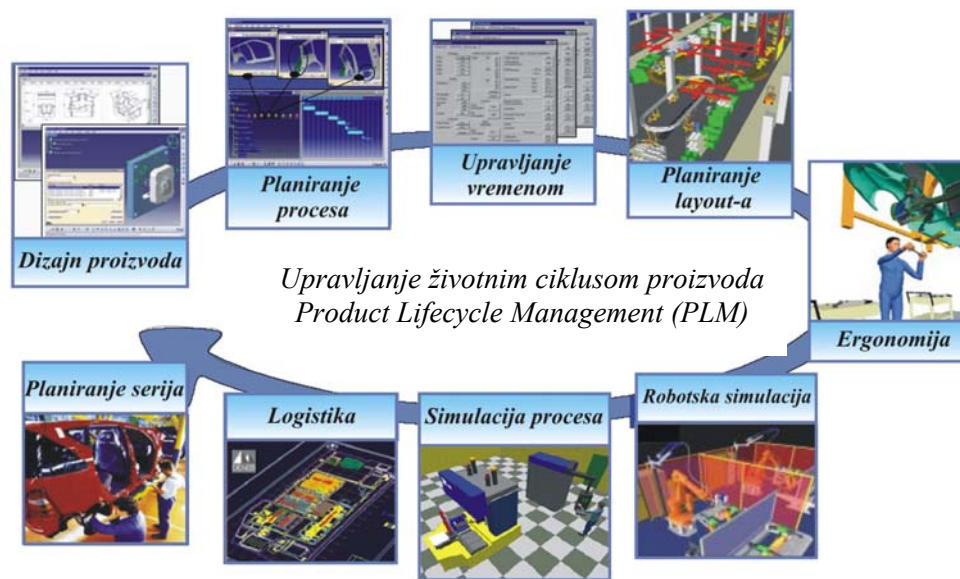
Simultano inženjerstvo je metoda koja spaja u jednu celinu ljudske resurse, različite odseke, softver i ostale funkcije koje učestvuju u razvoju proizvoda, tako da njihova međusobna saradnja vodi do efikasnijeg rada preduzeća. Integrisanje svih ovih funkcija zavisi kako od upravljanja, tako i od softverske podrške. Upravljanje preduzećem podrazumeva nove strategije, konstantno usavršavanje personala i posvećenost poslu, timski rad, menadžment projektima, ostvarivanje komunikacije itd. Metoda simultanog inženjerstva je znatno otežana bez integracije softvera vezanih za procese dizajniranja i upravljanja. Simultani razvoj proizvoda je znatno olakšan primenom digitalne proizvodnje.

3. DIGITALNA PROIZVODNJA (DIGITAL MANUFACTURING)

Digitalna proizvodnja je pojam koji predstavlja široku mrežu digitalnih modela i metoda kojima se opisuje svaki aspekt životnog ciklusa proizvoda[1]. Ona predstavlja integraciju različitih alata za:

- Dizajn proizvoda (CAD: Catia, Pro-Engineer, UGS NX),
- Planiranje procesa (CAPP, Delmia Process Engineering),
- Upravljanje vremenom i poslovne aplikacije (MS Project, MSOffice),
- Planiranje layout-a fabrike (Delmia Quest, Catia Factory Layout),
- Ergonomiju (Delmia Human Solutions, UGS Jack),
- Simulacija rada robota (Delmia E-Grip, Ultra Paint),
- Simulacija procesa (E-Factory, Delmia Envision Ergo),
- PLM sisteme (Enovia Matrix One, Teamcenter, Smarteam),
- Softvere za analizu (Patran, Nastran),
- Simulaciju procesa (Delmia, Technomatix, Adams, Arena),
- CAM softvere (Delmia Virtual NC)

i ostale aplikacije koje se koriste za planiranje i optimizaciju procesa i objekata stvarnog preduzeća, kao što je prikazano na Sl. 2.



Sl. 2. Šematski prikaz integracije različitih alata digitalne proizvodnje

Primer primene koncepta Digitalne proizvodnje je projekat koji je sproveden u Daimler Chrysler-u 2005. godine, sa PLM Centrom za Izvršnost (PLM Center for Excellence), Purdue Univerzitet. Projekat se odnosio na verifikaciju procesa montaže (Assembly Process Verification). Sredstva rada nisu izrađena dok nisu prethodno verifikovana primenom digitalnih tehnologija. Kada bi zadovoljila unapred ugovorene cene, kvalitet i rokove, odobrena su za stvarnu proizvodnju. Rezultat je bio povišenje kvaliteta planiranja u odnosu na konvencionalne metode, iz razloga što je omogućio i raniju evaluaciju dobijenih rešenja. Takođe se za kraće vreme, i sa manje ulaznih podataka, moglo razviti više alternativnih scenarija planiranja.

4. DISTRIBUIRANI PROIZVODNI SISTEMI

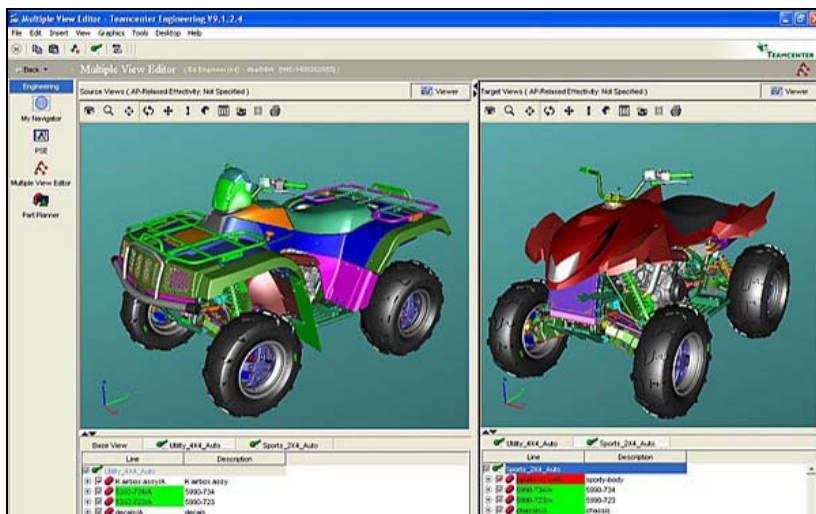
Sekvencijalni pristup projektovanju se oslanja na postojanje različitih odseka zaduženih za određene inženjerske i proizvodne funkcije. Sve faze stvaranja proizvoda se realizuju u okviru jedne fabrike. Međutim u današnjim uslovima poslovanja, sve je manji broj takvih preduzeća. Proizvodnja složenih proizvoda se realizuje u većem broju malih i srednjih preduzeća, u uslovima *distribuirane proizvodnje*. Pojedinačna preduzeća su specijalizovana za parcijalne tehnološke procese.



Složeni proizvodi, koji se sastoje iz velikog broja delova, komponenta i modula, sklapaju se u funkcionalnu celinu u jednom preduzeću, ali se ne moraju proizvoditi na istom mestu. Stoga, potrebna je pojačana koordinacija između timova koji saraduju sa različitih mesta na istom projektu. Projektno-konstrukciona i tehnološka dokumentacija se razmenjuju u digitalnom formatu, često u različitim ekstenzijama, kao što je prikazano na Sl. 3.

Sl. 3. Primer distribuirane proizvodnje

Odluka o početku primene koncepta simultanog inženjerstva je strategijska odluka top menadžmenta kompanije i potrebno je izvršiti reinženjerstvo kako proizvodnih, tako i poslovnih procesa. Preduzeće bi trebalo utvrditi koje su to veštine potrebne njegovim menadžerima, projektantima, dizajnerima i ostalim zaposlenima, a u isto vreme i promene u stavovima, odgovornostima, autoritetima.



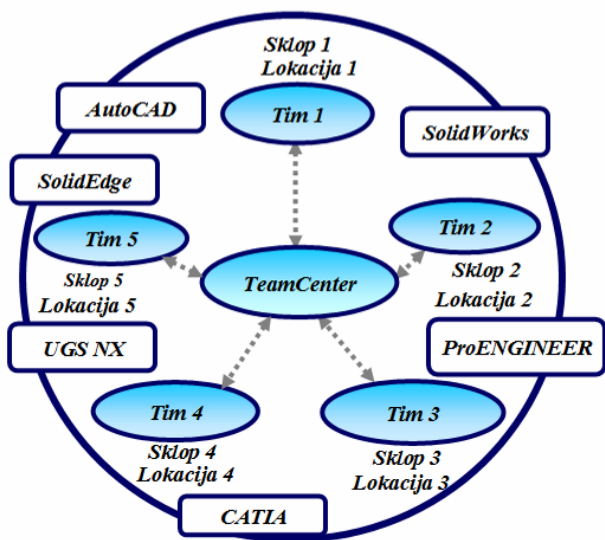
Takođe treba obratiti pažnju na predviđanje potencijalnih problema koji mogu nastati tokom implementacije novog pristupa. Distribuirani način poslovanja zahteva implementaciju novih softverskih alata (kao što je npr. UGS Teamcenter Engineering, prikazan na Sl.4.).

Pomoću ovakvih platformi se omogućava siguran i pravovremen pristup informacijama o proizvodu autorizovanim korisnicima, takoreći sa bilo kog mesta na planeti.

Sl. 4. Razvoj više varijanti jednog proizvoda

Savremeni softverski alati sadrže zasebne module, koji omogućavaju saradnju projektnih timova preko Interneta, čime se omogućavaju veća inovativnost i bolji kvalitet, uz smanjenje troškova i vremena potrebnog za plasiranje novog proizvoda na tržište. Česte promene u proizvodnju, rezultuju pojavom više varijanti proizvoda, tako da su potrebni novi alati koji bi administrirali rad sa različitim varijantama i porudžbinama kupaca, tokom svih faza životnog ciklusa proizvoda.

Upravljanje revizijama dokumenata tokom životnog ciklusa proizvoda vrši se preko posebnih aplikacija. Kreiraju se nove verzije svakog fajla i njegove revizije, prepoznaje se razlika između verzija pomoću provera ulaza, provera izlaza i statusa predate dokumentacije. Važno je sprečiti neautorizovane modifikacije i brisanja dokumenata. Unapred definisani i personalizovani upiti za delove, konfiguracije, radioničke crteže i sklopove omogućavaju korisnicima dobijanje dokumenata koji odgovaraju kriterijumima pretraživanja.



Sl. 5. Razmena podataka između timova

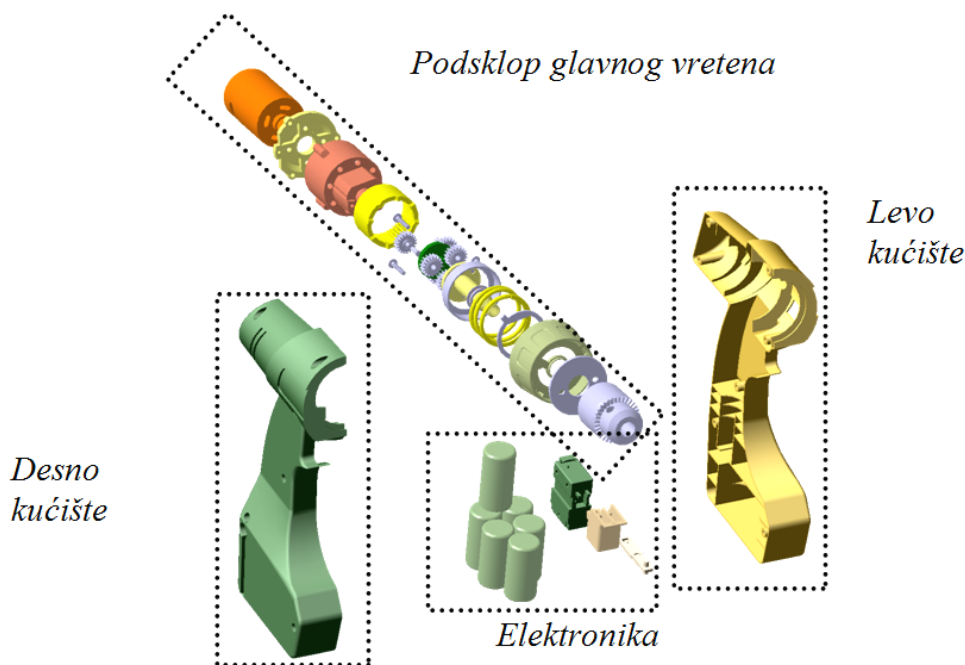
Značajno je obezbeđenje upravljanja procesom pristupa podacima od strane korisnika. Potrebno je definisati hijerarhiju autorizovanog pristupa, koja može biti formirana kao poseban sistem za autentifikaciju prijave korisnika.

PLM centar za izvrsnost sa Purdue univerziteta saraduje sa još četiri američka fakulteta na projektu razvoja nastavnog programa za novi smer: Dizajn i realizacija proizvoda. Pet dislociranih timova koristi UGS Teamcenter portal za razmenu podataka. Korisnička prava su definisana na četiri nivoa, u zavisnosti od uloge koju učesnik ima u timu.

Na sličan način, saradnja bi se mogla ostvariti i npr. između Mašinskih fakulteta lociranih u Beogradu, Novom Sadu, Kragujevcu, Nišu i Kraljevu na zajedničkom projektu. Na Sl.5. je prikazan mogući vid saradnje pet projektnih timova preko Teamcenter portala.

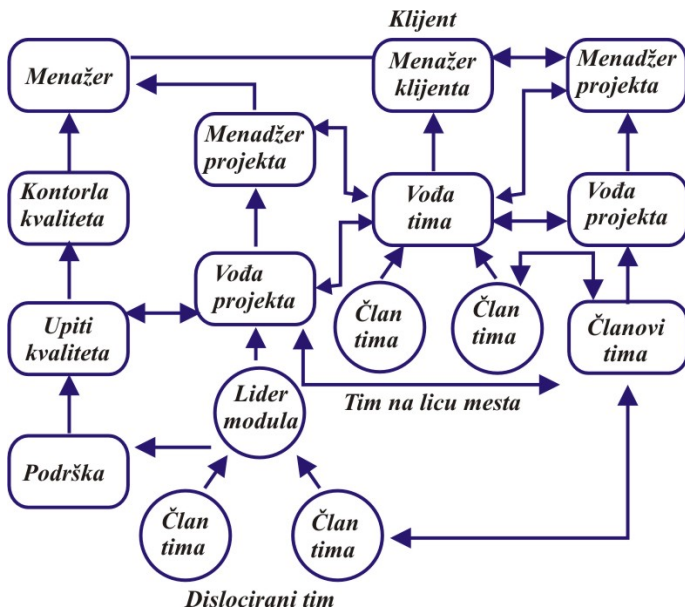
Preduzeća koja saradjuju na kompleksnim proizvodima često rade u različitim CAD softverskim paketima. Kompanije koje saradjuju često ne koriste isti CAD modeler. Integracija 3D modela kreiranih u različitim softverima ili različitim verzijama istog softvera, je problem sa kojim se suočavaju konstruktori.

Na Sl. 6. je prikazan primer reverzibilnog inženjerstva ručne bušilice sa prenosnim napajanjem. Tri studenta su modelovala proizvod u tri različita CAD paketa: kućište u softverskom paketu CATIA Generative Shape Design, podsklop glavnog vretena u softveru UGS NX a podsklop prekidača i baterije u paketu SolidWorks. Podaci su razmenjivani preko Teamcenter Internet portala. Eksperimentisano je sa različitim varijantama čuvanja geometrije. U ovom slučaju, najbolje se pokazala razmena modela između prethodno navedenih softverskih paketa, korišćenjem neutralnog formata STEP.



Sl. 6. Primer timskog studentskog projekta

Globalni inženjerski centri predstavljaju timove formirane od visoko stručnih ljudi koji se udruženih oko istog projekta na određeno, kraće vreme. Ovakva forma integracije inženjerskog znanja može okupljati ljude različitih struka, u zavisnosti od proizvoda koji se razvija. Pomenuti način pružanja konsultantskih usluga bi pogotovo mogao biti interesantan za mala preduzeća koja ne bi morala imati zaposlene sve potrebne stručnjake za određeni posao.



U zavisnosti od faze životnog ciklusa proizvoda, timovi se mogu sastojati od različitih članova, sve u zavisnosti da li se radi o konstrukcionim zadacima, razradi elektromehaničkih sistema, elektronskih sistema, planiranju održavanja itd.

Na ovaj način se mogu oformiti konsultantski biroi koji bi bili angažovani od strane malih i srednjih preduzeća za rad na razvoju novih proizvoda, a bili bi angažovani po projektima. Ovakvi timovi bi morali biti fleksibilni, sa mogućnošću putovanja na potrebne lokacije, sposobnošću saradivanja sa ljudima u različitim vremenskim zonama itd.

Primer organizacije jednog ovakvog globalnog tima kompanije TATA je prikazan na Sl. 7.

Sl. 7. Primer organizacije globalnog inženjerskog tima

5. ZAKLJUČAK

Skraćivanje životnog ciklusa proizvoda i promene koje nastaju usled čestih izmena proizvodnog programa, dovode do potrebe za sve bržim prenosom informacija između inženjera. Ovakav način poslovanja zahteva nove veštine. Uvođenjem razmenjivanja podataka preko Internet baziranih aplikacija za upravljanje životnim ciklusom proizvoda (kao što je npr. UGS Teamcenter) u okviru studentskih projekata, obrazovali bi se stručnjaci koji bi poslovali sa preduzećima iz zemlje i inostranstva u distribuiranim proizvodnim sistemima. Regionalni centri za preduzetništvo i privredne komore bi mogle predstavljati sponu između zainteresovanih klijenata iz malih i srednjih preduzeća koja nemaju potreban kadar za razvoj novih proizvoda sa konsultantskim timovima koji bi se oformljavali po potrebi. Timovi bi mogli biti sastavljeni od npr. nezaposlenih mladih stručnjaka i iskusnijih inženjera. Tokom ovakvih projekata, oni bi mogli uzajamno razmenjivati iskustva i znanja. Kasnije bi se mogle i oformiti konsultantske agencije.

LITERATURA:

- [1] Dean, E. B. & Unal, R. 1992. Elements of Designing for Cost, AIAA 1992: Aerospace Design Conference, Irvine, CA, SAD.
- [2] Cleetus, J. 1992. Definition of Concurrent Engineering, Morgantown, WV: Concurrent Engineering Research Center.
- [4] Rantala, T., Concurrent Engineering – Organizational and Software Requirements (2001), VTT Automation, VTT Symposium, Tampere, Finland.
- [5] Tooling and Production (2001): The move to digital manufacturing, Most Companies Do It without All the Fanfare, from:
<http://www.manufacturingcenter.com/tooling/archives/0405/0405move_to_digital.asp>.
- [3] Tata Consultancy Services, Global Engineering Center, April 2007, <<http://www.tcs.com/eis/servicelines/show.aspx?cname=Assets&sname=Overview&index=686>>.



PRIMENA RFID TEHNOLOGIJE U PROCESU KONTROLE STANJA ROBE U SUPERMARKETIMA

mr Gordana Ostojić¹, Marija Rakić – Skoković², mr Milovan Lazarević³, mr Vukica Jovanović⁴

Rezime: Proces skladištenja robe predstavlja proces koji obuhvata veliki broj različitih aktivnosti. Istraživanje koje se sprovelo u jednom od vodećih supermarketa na teritoriji Republike Srbije odnosi se samo na dve aktivnosti u procesu skladištenja, a to su proces kontrolisanja uskladištene robe i proces unutrašnjeg transporta koji je povezan za procenat angažovanosti postojećih transportnih sredstava. Problem čekanja robe u ulaznom skladištu zbog njene provere, uočen na predmetnom sistemu, ukazuje na potrebu korišćenja novih tehnologija za identifikaciju koje bi ubrzale sam proces identifikacije, odnosno smanjile vreme čekanja robe, a posebno omogućile dobijanje informacije o stanju robe koja ima ograničeni vek trajanja. U radu je dat prikaz dva moguća prilaza za rešenje navedenih problema korišćenjem RFID tehnologije.

Ključne reči: proces skladištenja robe, RFID tehnologija

1. UVOD

Problem praćenja pojedinačnog proizvoda ili grupe proizvoda u potpunom procesu skladištenja, od prijema u skladište do njegovog izlaska iz skladišta u najvećem broju slučajeva se rešava korišćenjem barkod tehnologije. Barkod tehnologija služi za identifikaciju samo proizvođača i proizvoda, ali ne i jedinstvenog artikla. Barkod na omotu čokolade je isti na svakom omotu iste vrste čokolada od istog proizvođača, pa je nemoguće putem samog barkoda izdvojiti tačno određeni proizvod. RFID (Radio Frequency IDentification) tag, s druge strane, poseduje jedinstveni identifikator – serijski broj dodeljen za svaki pojedinačni proizvod.

RFID tehnologiju moguće je primeniti u različitim uslovima, a posebno onda kada je potrebna sigurna i jedinstvena identifikacija, kao i dugotrajnost i velika otpornost identifikatora na razne specifične uticaje okoline, a nije potrebna ili moguća direktna vidljivost identifikatora. RFID ne poseduje pokretne delove, kao ni optičke komponente što ga čini jednostavnim za korišćenje i održavanje.

Pored same identifikacije proizvoda, ono što bi RFID tehnologija trebala da omogući je i prikupljanje podataka o roku trajanja svakog pojedinačnog proizvoda, posebno kada su u pitanju prehrambeni proizvodi koji imaju kratak vek trajanja, nakon kojeg postaju opasni za upotrebu i moraju biti povučeni iz upotrebe (predviđeno zakonom [1]).

¹ Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Trg D. Obradovića 6., 21000 Novi Sad, Republika Srbija, Tel. (021) 4852166, goca@uns.ns.ac.yu

² Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Trg D. Obradovića 6., 21000 Novi Sad, Republika Srbija, Tel. (021) 4852172, marijars@gmail.com

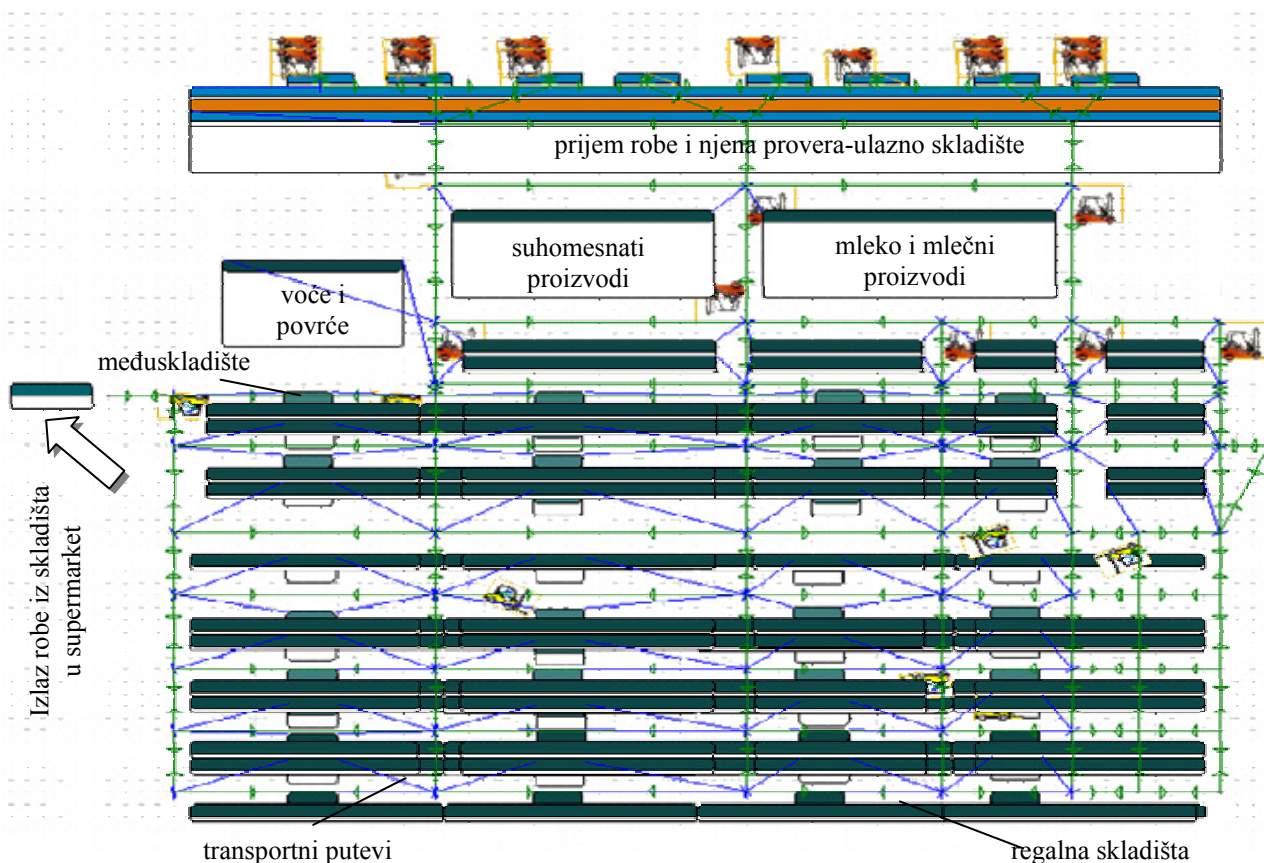
³ Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Trg D. Obradovića 6., 21000 Novi Sad, Republika Srbija, Tel. (021) 4852153, laza@uns.ns.ac.yu

⁴ Purdue University 401 N. Grant Street, West Lafayette, IN 47907-2021, USA Tel. +1-765-4967273, vjovanov@purdue.edu

2. OPIS PROBLEMA UNUTRAŠNJEG TRANSPORTA

Proces skladištenja robe predstavlja složen proces koji obuhvata različite aktivnosti, od kojih su osnovne: vođenje nabavljenih materijala; vođenje izdatih materijala; skladištenje, rukovanje i unutrašnji transport materijala; kontrola uskladištenih materijala; izdavanje izveštaja o stanju zaliha materijala. Istraživanje koje se sprovело u jednom od vodećih supermarketa na teritoriji Republike Srbije odnosi se na dve aktivnosti u procesu skladištenja, a to su unutrašnji transport, koji je povezan za procenat angažovanosti postojećih transportnih sredstava, i kontrola uskladištene robe.

Sistem se sastoji iz ulaznog skladišta, međuskladišta i regalnog skladišta (slika 1.). Redosled izvršavanja aktivnosti u unutrašnjem transportu je sledeći: roba se kamionima dovozi do ulaza u skladište, gde se vrši prijem robe i njen istovar, koje se ostvaruje viljuškama (viljuškari su sedećeg i ručnog tipa). Sva prethodno istovarena roba prevozi se u ulazno skladište, gde se proverava njeno stanje - po tipu i količini. Roba koja se dovozi je delom paletizovana, a delom nije (npr. voće i povrće), tako da je tu robu potrebno paletizovati radi daljeg skladištenja. Istovarena i proverena roba (kao i naknadno paletizovana roba) zatim se odvozi u međuskladište namenjeno toj vrsti robe. Međuskladište predstavlja mesto gde roba čeka preuzimanje od strane viljuškara radi konačnog uskladištenja u regalno skladište. Nakon oslobađanja prostora u odgovarajućim regalima, roba se prebacuje iz međuskladišta viljuškama do odgovarajućeg regala, nakon čega se vrši njeno skladištenje visokoregalnim dizalicama.



Slika 1. Šematski prikaz skladišta.

Za opisan sistem urađena je simulacija rada svih transportnih uređaja koji se koriste za transport robe. Analizom rezultata simulacije došlo se do zaključka je da su postojeći transportni uređaji u značajnoj meri neiskorišćeni, odnosno samo dva od šest postojećih transportnih uređaja imaju procenat rada od 60% dok su u ostalom vremenu neiskorišćeni zbog dugotrajnog procesa provere stanja robe pristigle u ulazno skladište. Proces provere stanja robe, odnosno provere robe po tipu i količini, trenutno nije automatizovan.

Problem čekanja robe u ulaznom skladištu zbog provere količine ukazuje na potrebu korišćenja neke od postojećih tehnologija za identifikaciju koja bi omogućila skraćanje procesa identifikacije, odnosno smanjila vreme čekanja robe na ulaznom delu skladišta.

Od postojećih tehnologija za automatsku identifikaciju proizvoda trenutno je najviše primene našla barkod tehnologija. Pored svih prednosti koje ova tehnologija ima u odnosu na duge tehnologije za automatsku identifikaciju postoje i brojni nedostaci, kao što su :

- Čitanje barkoda zahteva angažovanje operatera, koji bi pomerao robu pored (ili preko) barkod čitača ili pomerao mobilni barkod čitač preko robe. Ovakav način rada zahteva angažovanje većeg broja radnika, kao i veći broj barkod čitača.
- Barkod ne sme na sebi imati bilo kakve nečistoće, jer ukoliko one postoje očitavanje može biti sa greškama. Pored toga, potrebno ju je postaviti tako da nema nikakvih oštećenja niti nabora koji mogu dovesti do pogrešnog iščitavanja.
- Barkod nalepnice često je veoma teško postaviti na palete ili proizvode.
- Ukoliko je potrebno promeniti identifikaciju (ID) ili informaciju, na paleti, koja treba biti iščitana mora se koristiti nova barkod nalepnica, što uslovljava veći utrošak materijala i vremena za formiranje nove nalepnice [2].

Zbog svih navedenih nedostataka, koji se javljaju pri korišćenju barkod tehnologije, predloženo je da se za opisani problem identifikacije robe u skladištu koristi RFID tehnologija.

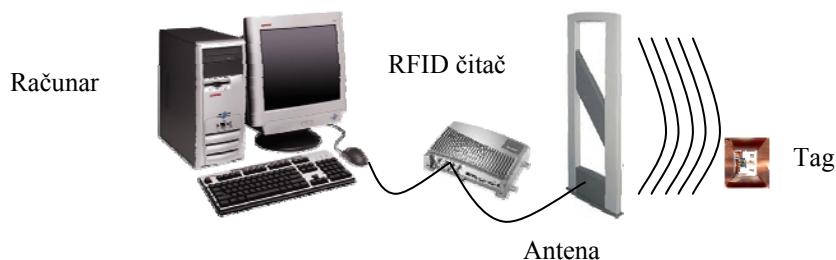
3. OPIS PROBLEMA KONTROLISANJA USKLADIŠTENE ROBE

U cilju uspešnog upravljanja osetljivim proizvodima, kao što su zamrznuti proizvodi, mleko i mlečni proizvodi i mesne prerađevine, neophodno je primeniti tehnike i alate koji će pratiti rok trajnja proizvoda kao i uslove neophodne za njihovo uskladištavanje. Sama barkod tehnologija ne pruža mogućnost automatskog praćenja isteka roka proizvoda. Datum isteka proizvoda je u tom slučaju neophono manuelno pratiti, što iziskuje angažovanje priličnog broja ljudskih resurasa i vremenski je zahtevno. Zakonom [1] je, međutim, predviđeno da se u skladištima, a pogotovu u prodajnim objektima, ne smeju naći proizvodi kojima je istekao rok trajnja, već ih je neophodno povući iz upotrebe. Uvođenjem RFID tehnologije, kao metode označavanja i praćenja robe, moguće je automatizovati prikupljanje podataka o isteku roka trajanja proizvoda i sprovesti, takođe automatski, različite aktivnosti u cilju uspešnog rukovanja datim proizvodima.

4. NAČIN REALIZACIJE RFID TEHNOLOGIJE

RFID (Radio Frequency IDentification) tehnologija predstavlja tehnologiju za identifikaciju ljudi, objekata ili životinja bežičnim putem, odnosno korišćenjem radio signala koji se odašilje na određenoj frekvenciji.

RFID sistem čine računar (ili PLC), čitač, antena i transponder - tag (slika 2.). Antena se koristi za pojačavanje signala koji odašilje čitač ka tagu i signala koji tag vraća čitaču, čime se i povećava domet čitanja taga. RFID čitač predstavlja fiksni ili prenosni uređaj koji može da aktivira i prikuplja signale koje odašilju tagovi. On se sastoji od napajanja, antene i štampane ploče i predstavlja uređaj čije su primarne funkcije prijem i slanje RF signala od strane tagova korišćenjem antene. Naredbe definisane odgovarajućim softverom čitač prima od računara ili PLC-a. Upravljačka jedinica koja se nalazi u čitaču izvršava primljene naredbe [3].



Slika 2. Osnovne komponente RFID sistema.

Čitač je moguće ugraditi u neki drugi uređaj (npr. mobilni telefon). Čitači se razlikuju po dometu koji ostvaruju, odnosno frekvenciji na kojoj rade. Kao i tagovi, postoje čitači sa malim dometom (do nekoliko centimetara), srednjim dometom (do 1 metar), većim dometom (do nekoliko desetina metara ali uz dodatnu antenu). Pored navedenih postoje i čitači koji sadrže potenciometar za podešavanje dometa.

RFID tag se sastoji od antene (bakarna žica) i opcionog izvora napajanja (kao što je baterija). Mogu se naći u raznim oblicima: u vidu priveska raznih oblika, okrugle ili kvadratne pločice, magnetne kartice, ili u nekom drugom obliku u zavisnosti od potreba koje nameće primena. Posebnu vrstu tagova čine nalepnice (smart label) koje se mogu ugraditi ili postaviti na paletu ili proizvod.

Prema vrsti napajanja koju koriste, RFID tagove možemo podeliti na: aktivne, polu-pasivne i pasivne. Aktivni RFID tagovi imaju svoj izvor napajanja u vidu baterije. Baterija omogućava kontinualno slanje signala RFID čitaču. Stoga ovi tagovi imaju mnogo veći domet od pasivnih i polu-pasivnih tagova. Međutim, vek trajanja baterije je ograničen na maksimalno deset godina. Ovi tagovi su malo većih dimenzija od ostale dve vrste tagova, ali imaju znatno veći domet - do nekoliko desetina metara. Zbog postojanja baterije cena ovih tagova je znatno veća od cene pasivnih i polu-pasivnih (od 5-100 \$). Zbog visoke cene aktivni tagovi se uglavnom koriste za praćenje vredne robe i/ili praćenje robe na velikoj udaljenosti. Polu-pasivni tagovi imaju bateriju koja napaja čip koji se nalazi u njima, ali da bi ostvarili komunikaciju sa čitačem potrebna im je dodatna energija koju dobijaju od čitača kada se nađu u njegovom dometu. Pasivni RFID tagovi za komunikaciju sa čitačem koriste energiju koju odašilje sam čitač kada se nađu u njegovom dometu. Za razliku od aktivnih tagova pasivni tagovi nisu stalno aktivni već se aktiviraju tek kada se nađu u polju koje stvara RFID čitač. Nepostojanje baterije uslovljava i njihovu nižu cenu u odnosu na cenu aktivnih tagova. Pasivni tagovi su manjih dimenzija jer ne sadrže bateriju. Takođe, domet pasivnih tagova je znatno manji od aktivnih i iznosi do pola metra. Pasivni tagovi su uglavnom *read only* što znači da se informacija unesena u njihovu memoriju može samo pročitati, ali ne i izmeniti. Aktivni tagovi mogu biti i *read-write* što znači da se na tag mogu upisivati dodatni podaci o proizvodu korišćenjem računara. Takođe postoji i *write once read many* vrsta tagova gde se željeni podatak može uneti samo jednom, ali se može čitati više puta.

Svaki tag poseduje EPC (Electronic Product Code) koji se očitava pomoću bezkontaktnog čitača. EPC je trenutno 96-to bitni numerički kod zapisan u memoriji taga. Na taj način, AUTO ID (Automatic Identification) čini mogućim dinamičko sakupljanje podataka, gde je identifikacija proizvoda ugrađena u svaki pojedinačni proizvod.

5. PRIMENA RFID TEHNOLOGIJE U PROCESU SKLADIŠTENJA ROBE U SUPERMARKETIMA

Pre samog prikaza mogućih rešenja postavljenih problema potrebno je naglasiti da se u okviru unutrašnjeg transporta razmatrao samo problem identifikacije paletizovane robe, dok se problem prijema nepaletizovane robe smatrao zasebnim procesom i nije se razmatrao.

Obzirom na veliki broj varijanti mogućih rešenja za svaki pojedinačni sistem u razmatranje su uzete samo dve varijante, koje su se smatrale podobnim za rešenje problema unutrašnjeg transporta.

5.1 Primena aktivnih tagova u procesu unutrašnjeg transporta

Rešenje, koje se predlaže u slučaju da se u procesu prijema i skladištenja roba koriste aktivni tagovi, koncipirano je na sledeći način: aktivne - read only tagove postavlja dobavljač na svaku od paleta. Viljuškarom se izuzimaju palete iz kamiona parkiranog na prijemnom delu skladišta. Viljuškar prolazi pored RFID antene pri čemu RFID čitač povezan na računar (koji se nalazi kod lica zaduženog za obezbeđenje sistema) očitava EPC sa taga. Isčitani EPC se u odgovarajućoj aplikaciji na računaru povezuje sa bazom podataka proizvoda. Pri tome za svaki zasebni tag, njegov EPC je povezan sa podatkom o vrsti robe i količini koja se nalazi na paleti. Proces prolaska viljuškara i proveru tipa robe prati se putem web kamere od strane lica zaduženog za obezbeđenje sistema. Ukoliko se pojavi neusaglašenost odmah se signalizira rukovaocu transportnog sredstva koji paletu prevozi do mesta za prijem robe gde se ona proverava po tipu i količini. Ukoliko nema neusaglašenosti paleta se prevozi do međuskladišta gde se sa palete skida tag i vraća dobavljaču. Ostatak procesa koji se odnosi na unutrašnji transport ne menja se, odnosno odvija se po već opisanoj proceduri.

Prednost ovakvog rešenja je u jednostavnosti njegove realizacije, relativno niskoj ukupnoj ceni predloženog rešenja u odnosu na već postojeću koncepciju sistema, a posebno u smanjenju vremena čekanja robe na transport do međuskладиšta.

Nedostatak ovakvog rešenja je u veličini početnih ulaganja u RFID opremu koju je potrebno nabaviti, ali je s druge strane kratak period isplativosti rešenja.

5.2 Primena pasivnih tagova u procesu unutrašnjeg transporta

Razlika između predloženog rešenja, korišćenja aktivnih tagova, u procesu prijema i skladištenja roba i pasivnih tagova je ne samo u tipu taga već i u načinu postavljanja taga na paletu, odnosno orijentacije same palete radi pravilnog iščitavanja EPC sa taga.

Orijentacija palete predstavlja zaseban problem zbog malog dometa čitača, pa je potrebno da dobavljač postavi oznaku na paletu (npr. kao kod poštanskih pošiljki, kada je potrebno obratiti pažnju na orijentaciju pošiljke u skladu sa njenim sadržajem), koja omogućava rukovaocu transportnog sredstva pravilno ulaganje (kod dobavljača), odnosno izuzimanje palete iz kamiona (na ulaznom delu skladišta u supermarketu). Ostatak procesa isti je kao i kod rešenja sa aktivnim tagovima, odnosno odvija se po već opisanoj proceduri.

Ovakvo rešenje ima iste prednosti kao i prethodno s tom razlikom što je niža cena njegove realizacije, ali s druge strane postoji ograničenje u tipu pasivnog taga koji se može koristiti, odnosno nije moguće koristiti tagove u vidu nalepnica.

Glavni nedostatak, koji se odnosi na oba predložena rešenja, je obavezivanje dobavljača da postavlja tagove odgovarajućeg tipa sa pouzdanim podacima na palete sa proizvodima, čime će biti omogućena realizacija predloženih rešenja.

5.3 Primena RFID tehnologije u procesu kontrolisanja uskladištene robe

Upravljanje inventarom i kontrolisanje uskladištene robe je rutinski zadatak koji zahteva puno vremena. Neki proizvodi, kao što je hrana, imaju ograničeni rok trajanja. Zaposleni u supermarketima moraju svakodnevno da prate i uklanjaju sa policia robu kojoj je istekao rok trajanja. Primenom RFID tehnologije moguće je automatizovati određene aktivnosti vezane za proces kontrolisanja robe.

Jedno od rešenja bi bilo da se pri prijemu i skladištenju robe beleži i datum prijema i datum isteka proizvoda, a da se potom roba raspoređuje na police po sistemu *First In First Out (FIFO)* tj. roba koja je prva pristigla u skladište, prva se dalje distribuira. Kombinovanjem ove metode u sistemu sa tačnom pozicijom robe koju pruža RFID tag, moguće je automatizovati transportne puteve robe unutar skladišta i međuskладиšta sve do policia u supermarketu. Ovo rešenje predstavlja nadogradnju predloženih rešenja u procesu unutrašnjeg transporta. Modifikacije su potrebne samo u sistemu za upravljanje putevima transporta robe. Nema nekih dodatnih ulaganja sem modifikacije softvera.

Ovakvo rešenje, međutim, ne obezbeđuje da se na samim policama neće naći roba kojoj je već istekao rok trajanja, što može biti posebno opasno kada su u pitanju mlečni i mesni proizvodi. Pošto svaki pojedinačni proizvod može da ima na sebi RFID tag, moguće rešenje bi bilo da se na policama, ili frižiderima sa robom postave čitači koji će u određenim vremenskim intervalima vršiti očitavanje stanja robe. Nakon očitavanja datum isteka i njegovog upoređivanja sa trenutnim datumom, sistem može da reaguje šaljući odgovarajuće poruke odgovornom osoblju. U zavisnosti od zahteva supermarketa reakcija na događaj isteka roka trajanja može biti različita. Ako je datum isteka posle trenutnog datuma, moguće je aktivirati osoblje da se određeni proizvod ukloni sa policia. Sistem se može podesiti i tako da se, ako je kratak vremenski period (npr. par dana) do isteka roka trajanja, pošalje poruka upozorenja i snizi cena odgovarajućeg proizvoda. Na taj način bi se smanjila količina robe koju je neophodno ukloniti sa policia. Dodatna prednost ovakvog rešenja je što se od čitača dobija i stanje količine robe na policama, pa je moguće signalizirati osoblju kada broj proizvoda padne ispod određene granice.

Dalja nadogradnja ovakvog rešenja bi bilo kombinovanje RFID tehnologije sa elektronskom oznakom cena (*electronic price label-EPL*). U ovom slučaju specijalna elektronska oznaka je povezana sa odgovarajućim proizvodom i kontrolisana od strane servera [4]. Sve poruke o isteku roka trajanja proizvoda ili promene cene moguće je, u tom slučaju, automatski prikazati na samoj oznaci. Prednost ovakve implementacije je što je većina radnji vezanih za kontrolu robe od strane zaposlenih u supermarketima automatizovana. Manuelni rad bi se tada sveo samo na uklanjanje proizvoda sa tačno određenih policama. Još jedna od prednosti je što i kupac odmah ima jasan znak upozorenja da je određena roba van roka trajanja.

Nedostatak ovakvog rešenja je cena. U ovom slučaju bilo bi neophodno da svaki proizvod ima svoju RFID oznaku. Ako bi sami proizvođači usvojili ovaj način obeležavanja proizvoda, sama cena implementacije ovakvog rešenja u supermarketima bila bi minimalna. Bilo bi potrebno samo postaviti par čitača na određenim pozicijama i prilagoditi softver. U slučaju da supermarketi sami vrše označavanje pored samog problema označavanja proizvoda, javlja se i pitanje ulaganja u znatan broj RFID tagova.

6. ZAKLJUČAK

Praćenje proizvoda u procesu unutrašnjeg transporta u supermarketima predstavlja značajan problem usled dugotrajnog procesa kontrole prijema robe. Trend koji se javlja je da se navedeni problem pokušava rešiti uvođenjem RFID tehnologija koja nudi identifikaciju paleta u realnom vremenu. Analiza i simulacija procesa unutrašnjeg transporta u jednom od vodećih supermarketa u Republici Srbiji pre i posle uvođenja RFID tehnologije pokazala je da se korišćenjem RFID tagova na paletama skraćuje vreme čekanja robe na prijemu za 18% što predstavlja značajno unapređenje celokupnog procesa skladištenja.

Drugi problem koji se javlja jeste praćenje ispravnosti uskladištene robe, naročito robe koja se već nalazi na policama supermarketa. Značajan broj proizvoda, naročito prehrambene robe, ima ograničeni vek trajanja koji je potrebno pažljivo pratiti. Adekvatnim raspoređivanjem pristigle robe i blagovremenim reagovanjem na približavanje i/ili istek roka trajanja odgovarajućih proizvoda moguće je u velikoj meri smanjiti procenat robe koja se mora ukloniti iz upotrebe, čime se smanjuje potreba i troškovi nabavke nove robe. Kombinovanjem ovih podataka sa odgovarajućim alatima za analizu, takođe je moguće preciznije proceniti potrebe za novim količinama robe.

Osnovni problem, koji se trenutno može uočiti odnosi se na početna ulaganja u opremu od strane supermarketa, odnosno način na koji će supermarket obavezati svoje dobavljače da na palete sa proizvodima postavljaju tagove.

7. LITERATURA

[1] Zakon o zaštiti potrošača, Sl.list SRJ br.37/02

[2] "Automation trends" Omron Electronics, LLC, January 2003

[3] B. Johansson, An Introduction to RFID – Information Security and Privacy Concerns, TDDC03 Projects, Spring, 2004.

[4] Software Patent: System and method of managing expired products <http://gauss.ffii.org/PatentView/EP1246108#head-f31b0d3c3a2943b515a461e6ba032957eaa17600>

IMPLEMENTATION OF RFID TECHNOLOGY IN CHECKING GOODS PROCESS IN SUPERMARKETS

Abstract: Goods storage process is a very complex and encloses different activities. Research, carried out in one of the leading supermarkets in Republic of Serbia regards two activities in goods storage process, which are process of stored goods checking and inner transport, namely percentage of exploitation of transport resources. The need for using new technologies for goods identification, which will speed up identification process namely decrease mean time before storage, appears from the existence of the good waiting problem in entering part of warehouse. This problem emerges from long goods checking time. Also there is a need for gathering information about expiration day for alimentary products. Two possible solutions for specified problems by using RFID technology are presented in this paper.

Key words: goods storage process, RFID technology



CIM KONCEPT U ODEVNOJ INDUSTRIJI

Gordana Čolović¹, Danijela Paunović², Goran Savanović³

Rezime: Ključna konkurentna prednost za modernu proizvodnju odeće je fleksibilnost u brzom reagovanju na tržišne pritiske i potrebe potrošača. U proizvodnoj industriji potrebno je odgovoriti uvećanim zahtevima, za fleksibilnost, kvalitet, brzinu i ekonomiju. Dizajn i planiranje proizvodnih sistema je aktivnost od ogromnog značaja za industrijske konkurentnosti. Oni moraju znati kako primeniti CIM i automatizaciju tehnologije.

1. UVOD

Jedan od najvećih gubitnika tržišnog raspada Jugoslavije je tekstilna industrija u Srbiji. Ova privredna grana donosila je godišnje i do milijardu dolara (druga po vrednosti srpskog izvoza) i obezbeđivala posao za oko 150 000 radnika. Tokom devedesetih godina prošlog veka proizvodnja je desetkovana. Za 15 godina proizvodnja rublja je svedena na 1% od one iz 1989. godine, a proizvodnja odeće na 12% ostvarenja od pre. Sa kapacitetima za neuporedivo veće tržište prvo je izgubljeno domaće tržište, da bi sankcijama izgubilo i tržište Evropske unije i SAD. Međutim, od marta 2005. godine okvirnim sporazumom o tekstilu sa EU ukinuta su sva količinska i carinska opterećenja za izvoz našeg tekstila na tržište svih 25 članica EU, pa je izvoz porastao za 50%. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku izvoz odeće u vrednosti 20 miliona evra je treća po vrednosti izvozna stavka Srbije u januaru 2006. godine (ispred su samo izvoz čelika, gvožđa i obojenih metala). Odnosno, povećan je izvoz odeće za 40% u odnosu na januar 2005. godine. U 2006. godini izvezeno je proizvoda u vrednosti od 552 miliona dolara, odnosno 22% više nego u 2005. godini.[1]

Trenutna prednost naše proizvodnje su Sporazum o slobodnoj trgovini sa Rusijom i poseban tretman u trgovini sa SAD (bez 15% dodatne carine na robu iz EU). Ali izlazak naše odevne industrije na svetsko tržište još uvek je daleko od realnih mogućnosti, prvenstveno zbog najstarije opreme u Evropi, nedostatku školovanog kadra i mogućnosti prilagođavanja brzim promenama modela, malim serijama ili mogućnosti prelaska npr. sa linije za proizvodnju muških košulja na proizvodnju posteljine.

Dinamika internacionalne strategije modne industrije se ubrzava razvojem koncepcija i novim zahtevima sve bržih promena na tržištu. Čitav svet se posmatra kao potencijalni izvor proizvodnje, a istovremeno kao jedinstveno tržište odevnih predmeta. Baza ekonomskog sistema se zasniva na tome da je krajnji uspeh pozitivan kod onih proizvođača čiji su proizvodi jeftiniji i bolji nego konkurentski. Veća produktivnost omogućava povećanje udela na globalnom tržištu. Oni koji ne mogu da drže korak gube svoje mesto. Na primer, švedski proizvođač odeće (jeftine i modne) H&M, Zara, Mango (španske robne kuće) omogućavaju ženskoj populaciji da nabave modnu odeću u trendu. Krajnjim kupcima nije važno odakle je proizvod, već parametri koji odlučuju o njegovom izboru su kvalitet i cena. Danas se odeća kupuje kao dnevni artikal sa kratkim vremenom upotrebe.

¹ mr Gordana Čolović, dipl.inž., Viša tehnička tekstilna škola, Beograd, du.co@sbb.co.yu

² mr Danijela Paunović, dipl.inž., Viša tehnička tekstilna škola, Beograd, vspaunovic@sbb.co.yu

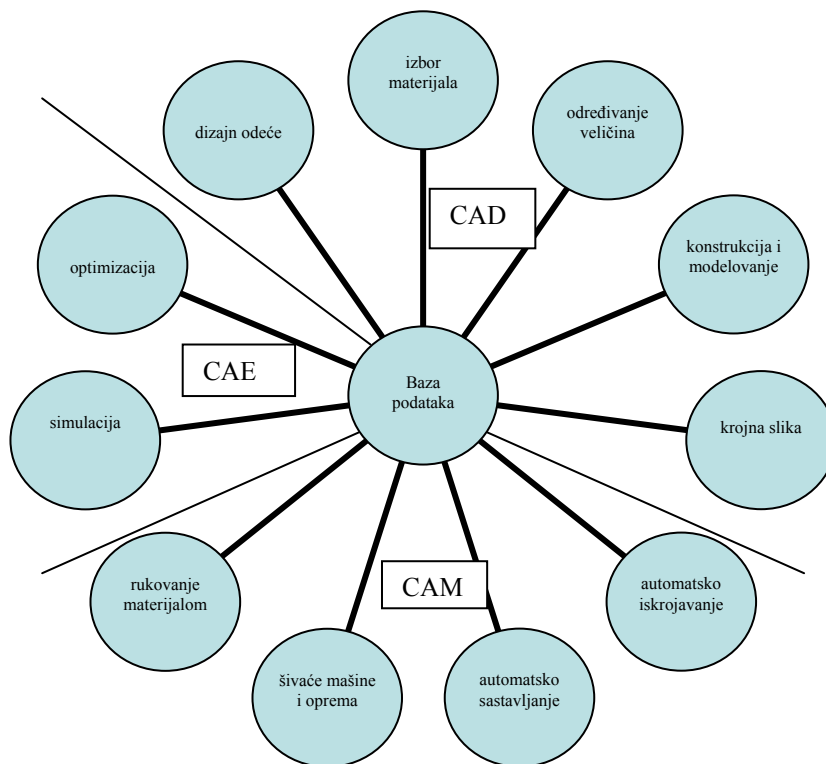
³ dr Goran Savanović, dipl.inž., Viša tehnička tekstilna škola, Beograd, vtts@eunet.yu

Odevna industrija razvijenih i srednje razvijenih zemalja sveta prolazi isto kroz mnogobrojne krize i stalni pad proizvodnje, gubitak tržišta, otpuštanje radnika, zatvaranje fabrika i premeštanje proizvodnje u nerazvijene zemlje s jeftinom radnom snagom. Razvijene zemlje bile su primorane da intenziviraju istraživanja automatskih sistema tehnoloških procesa, što je dovelo do napretka na području mehatronike, automatizacije i robotike i pojave novih tzv. inteligentnih šivaćih mašina.

2. ZNAČAJ KONCEPTA CIM U ODEVNOJ INDUSTRIJI

CIM (Computer Integrated Manufacturing) obuhvata računarsku integraciju poslovnih, inženjerskih, proizvodnih i upravljačkih informacija koja povezuje sve funkcije kompanije od marketinga do distribucije proizvoda. Prednosti CIM sistema su: brz odziv zahtevima tržišta, lako modifikovanje modnog proizvoda, smanjenje proizvodnog ciklusa, visok kvalitet proizvoda, niska cena proizvodnje, povećanje fleksibilnosti proizvodnje, racionalnije iskorišćenje tekstilnih materijala, proizvodne opreme i radne snage. CIM je koncepcija proizvodnje u kojoj je ceo tok izrade od ulaska sirovina do izlaska gotovog proizvoda na tržište, povezan, nadgledan i kontrolisan pomoću računarskih sistema koji su u sprezi sa svim procesima koji se odvijaju u jednom poslovno-proizvodnom sistemu. Podaci koji se sakupljaju i obrađuju su: ulaz novih sirovina u magacin, stanje u magacinu, cena proizvodnje, podaci o radnicima, prodaja proizvoda, stanje u proizvodnji i dr. Tradicionalna organizaciona struktura nije adekvatna za CIM koncept pa se paralelno sa razvojem CIM strategije mora menjati način rada u industriji odeće.

Jedna od najvažnijih koncepcija međusobnog povezivanja računarima koji su vezani za proizvodni proces je CIM koncepcija u okviru koje se nalaze se različiti skupovi specijalizovano orijentisanih računarskih sistema: CAD, CAM, CAP, CAE, CAQ, ADS, MIS, CAO i CAPP.

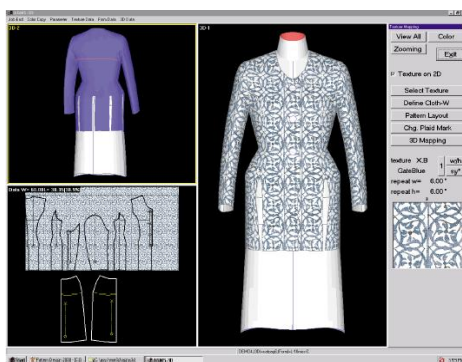


Slika 1. Interakcija CAD, CAM i CAE u proizvodnji odeće

CIM koncepcija uvodi se u odevnu industriju poslednjih desetak godina i do danas u potpunosti objedinjuje konstrukcijsku pripremu i tehnološki proces krojenja odeće. U konstrukcionoj pripremi vrši se više poslova od kojih u velikoj meri zavisi konačan izgled, funkcionalnost i cena gotovog odevnog predmeta. Konstrukciona priprema za industrijsku serijsku proizvodnju obuhvata poslove koji se mogu podeliti u nekoliko grupa: skupljanje ideja za nove proizvode, kreiranje i skiciranje modela, opis modela, konstruisanje osnovnog kroja, standardizacija novih krojnih delova, modelovanje osnovne konstrukcije prema zadatoj

kreaciji, kompletiranje krojnih delova, gradiranje krojnih delova, isecanje šablona sa obeležavanjem, izrada krojne slike i izrada modela prototipa.

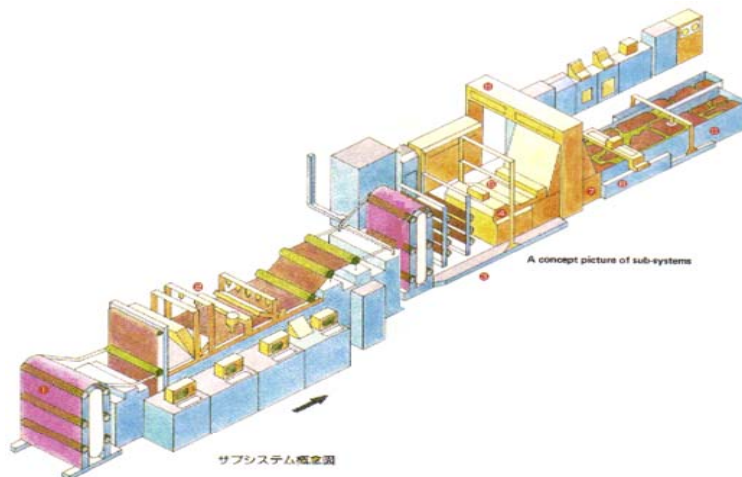
Na primerima razvoja sistema aktuelnih na našem i na svetskom tržištu (Gerber, Lectra, Investronika, Optitex i Assyst) moguće je razmotriti sve varijante budućeg odevnog predmeta. Simuliraju se njihova ponašanja, analizira se njihov uticaj na okruženje, koristi se simultano projektovanje sa ciljem da se dobije najbolje rešenje u datim uslovima, koje svodi naknadne promene (korekcije modela projektovanja, korekcije uklapanja u krojne slike za osnovni i pomoćni materijal) na minimum. Stvaranje prototipa modela za industrijsku proizvodnju u okviru formiranja proizvoda u industriji odeće podrazumeva razvijanje CAD metoda za više segmenata konstrukcije pripreme. Broj mogućih varijanti u pogledu boje, dizajna i oblika, modelovanja i premodelovanja odevnog predmeta je skoro neograničen, slika 2.



Slika 2. Aplikacija za izradu ženske bluze [3]

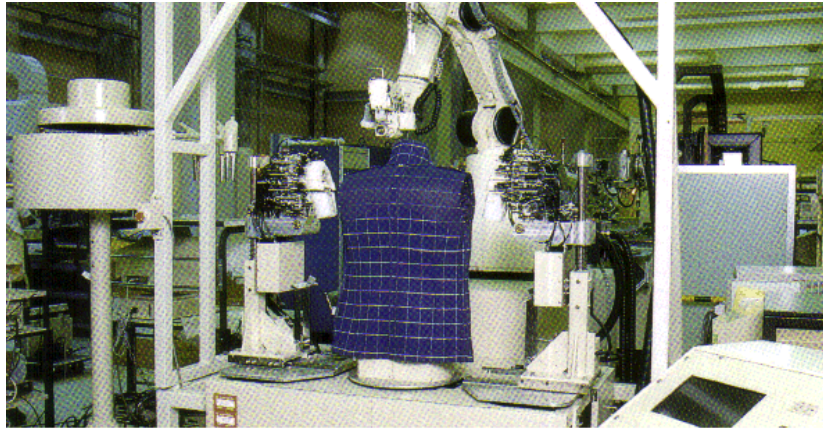
Projektovanje modnog proizvoda pomoću CAD sistema, ubrzava razvoj, analizu, redizajniranje modela i donošenje odluka o pravim rešenjima. Prava rešenja predstavljaju optimalna rešenja koja zadovoljavaju zahtev da se za minimalnu cenu dobija maksimalni kvalitet. Projektovanje proizvoda predstavlja kritičnu aktivnost proizvodnog procesa jer se procenjuje da je njen udeo 70% do 80% od cene razvoja i proizvodnje.

Rezultati japanskog istraživačkog centra Automated Sewing System (Technology Research Association) pokazuju o mogućnosti primene CIM koncepta od ulaska sirovina do izlaska gotovog proizvoda na tržište. Na balama tekstilnog materijala se nalaze etikete i linijski kodovi proizvođača (oznaka, boja, dezen, dužina, širina i dr.) koji se prenose na glavni mainframe računar. Za kontrolu materijala koristi se kompjuterski opremljene mašine, tzv. TIM mašine. Velika pažnja se posvećuje ispitivanju materijala, da bi se sprečile greške, zastoji u proizvodnji i smanjio utrošak energenata. Dobijeni podaci o ispitivanom materijalu (parametri) pohranjuju se u računaru AFP (Auto Fow Processor) i koriste se za određivanje širine i dužine krojne slike, optimalno polaganje materijala i uklapanje. Svakoju greški na materijalu se odredi pozicija, veličina i vrsta. Rad mašine za polaganje slojeva materijala ubrzan je procesnim mikrokompjuterom, koji na vreme priprema balu materijala u automatskom magacinu bala i preko AFP računara registrovane greške ulaze u međušablonski gubitak, odnosno sugerise se optimalni gubitak tekstilnog namotaja, slika 3.



Slika 3. CAM sistem za kontrolu tekstilnih materijala, polaganje i krojenje [4]

U procesima šivenja i dorade nije još izvedena u potpunosti. CIM koncepcija omogućava međusobno povezivanje snažnih centralnih elektronskih računara, njihovo povezivanje sa prostorno dislociranim računarima manje snage ili terminalima u svim segmentima proizvodnog ciklusa. Podaci se prikupljaju ručno ili automatski, povezuju sa NC i CNC mašinama i industrijskim robotima (slika 4). Razmena podataka je trenutna, kao i povratni protok informacija. Ovo je veoma značajno za industriju odeće jer su prisutne česte promene u proizvodnim procesima (različiti modeli, artikli, tekstilni materijali).



Slika 4. Trodimenzionalni "šivač" rukava sa istovremenim opšivanjem ivica [4]

Savremene šivaće mašine poseduju programe i programski interfejs radi povezivanja sa računarom, iz tog razloga postavljaju se blokovi prilagođeni mašini za dvosmernu komunikaciju sa računarom. Tako da se instrukcije sa računara direktno šalju radniku ili mašini u slučaju neke korekcije, redosleda aktivnosti i dr. U suprotnom smeru, ka računaru, prenose se podaci o stanju mašine, odvijanju posla i dr. Podaci koji se prikupe sa mašina u mreži analizira računar uz pomoć posebnog programa i smešta ih u bazu podataka, odakle te podatke mogu koristiti razni korisnici uz pomoć određenih aplikativnih programa.

Računar za organizaciju tehnološkog procesa krojenja može se povezati sa računarom za izradu tehnološke domuntacije i radnog naloga. Npr. firma JUKI ima vlastitu mrežu za povezivanje 30 računarskih sistema i preko CAP sistema se vrši planiranje proizvodnje odeće i upućuje podatke o materijalu na osnovu kojih se programiraju šivaće mašine (sistem transporta materijala, regulacija napetosti konca, sila pritiska papučice, brzina šivenja i sl.), međufaznom transportu i podaci o krojnim delovima za vođenje CNC šivaćih mašina.

Primena računara omogućava u doradi postizanje kvaliteta peglanja odabirom optimalnih parametara peglanja i ušteda energije (električne energija, voda, para, vazduh). Programirane mašine za peglanje omogućavaju održavanje i merenje pritiska, temperature, vakumiranog vazduha i komprimiranog vazduha za peglanje, slika 5.



Slika 5. Automatska mašina za peglanje nogavica sa mikroprocesorom [5]

3. ZAKLJUČAK

Prednosti CIM koncepta u odevnoj industriji mogu se predstaviti na nekoliko nivoa:

- Poboljšanje uslova rada u odevnoj industriji ostvaruje se kroz prikupljanje, obradu i automatsko vrednovanje podataka, smanjenje "ručnog" rada, bolju organizaciju rasporeda radne snage, kvalitetnije prikupljanje i analizu informacija o kupcima i dobavljačima, lakšu komunikacija između struktura PPS-a, bržu i efikasniju obradu podataka, pojednostavljenje raznih operacija, dostupnost podataka sa bilo koje tačke u svetu zahvaljujući internetu, kao i optimizacija i sistematizacija tokova informacija.
- Bolje korišćenje proizvodnih kapaciteta postiže se zahvaljujući boljem nadzoru nad mašinama, rasporedu radne snage, određivanju uslova optimalnog podešavanja zadatka, redukciji vremena čekanja zbog boljeg planiranja i bržem dobijanju tačnijih podataka o ukupnoj količini proizvodnje, pa se proizvodnja samim tim pojeftinjuje.
- Poboljšanje produktivnosti proizilazi iz interaktivne veze između pogona i službi planiranja ili izrade naloga. Eventualni zastoji proizvodnje se trenutno registruju, tako da se može na vreme reagovati, a mogu se i ispitivati bolji načini proizvodnje, odnosno neprekidno usavršavati proizvodnja. Proizvodnja se može planirati i u samom njenom toku.
- Poboljšanje kvaliteta izrade odeće nastaje zbog brzog uočavanja i eliminacije grešaka u toku proizvodnje, a samim tim smanjuje naknadne kontrole kvaliteta i gubitke u vremenu.

Formiranje integrisanih CAD/CAM sistema u sklopu CIM koncepcije postiže povećanje kvaliteta proizvodnje 2 - 5 puta, pouzdanost proizvodnih operacija 40 – 70 %, smanjenje troškova 20 % i povećanje sposobnosti inženjera u pripremi i analizi procesa za 3 - 30 puta.

Tradicionalna organizaciona struktura u našoj odevnoj industriji nije adekvatna za CIM koncept pa je potrebno paralelno sa razvojem CIM strategije menjati i način rada u industriji odeće. Delimična automatizacija nekih proizvođača odeće primenom CAD za dizajn i konstrukciju odeće i veoma retki CAM sistemi za krojenje u našoj zemlji ukazuju na značaj primene CIM koncepta u odevnoj industriji.

4. LITERATURA

- [1] Aleksandra Branković, Dejan Gajić, Jelena Momčilović, Ružica Savčić, Tekstilna industrija Srbije, Privredna komora Srbije i Privredna komora Beograda, Beograd, 2006.
- [2] A. de Toni and S. Tonchia, Manufacturing Flexibility, International Journal of Production Research, 1998, vol. 36, no. 6, 1587-617.
- [3] www.gerbertechnology.com
- [4] www.interq.or.jp
- [5] www.viet.com.

Abstract: *A key competitive advantage for modern garment manufacturing enterprises is the flexibility to react swiftly to market pressures and customer needs. For manufacturing industries to respond to ever increasing demands, for flexibility, quality, speed and economy. The design and planning of manufacturing systems is an activity of immense importance for industrial competitiveness. They must know how to apply CIM and automation technology.*



CIM I PROGRAM MENADŽMENT PRI PROIZVODNJI NOVIH PROIZVODA

Ćebić Duško¹

***Rezime:** Radom se definišu zadaci i uloge program menadžmenta i podсистема CIM-a koji se odnosi na upravljanje proizvodnjom pri istraživanju i razvoju novih proizvoda. U okviru CIM koncepta radom se analizira struktura podсистема CIM koji se odnosi na upravljanje proizvodnjom sa aspekta mogućnosti realizacije program menadžmenta novih proizvoda.*

1. UVOD

Program menadžment je specijalizovana menadžment disciplina koja se bavi upravljanjem višestrukim projektima sa definisanim zajedničkim ciljem. Projekti se u program menadžmentu mogu povezati na osnovu više kriterijuma i to;

- Prema oblasti pripadanja (strateški, tržišni, operativni) i ukupnih finansijskih sredstava
- Na osnovu više projektnih principa i to:
 - na osnovu zajedničkih ciljeva
 - na osnovu zajedničkog budžeta
 - na osnovu vremenske dinamike programa
 - na osnovu strategije programa
 - na osnovu organizacionih pravila
 - na osnovu marketinga programa

Primenom program menadžmenta omogućava se plasman novih proizvoda na tržište na najbrži način sa najmanjim troškovima i sa potrebnim kvalitetom. Novi proizvodi, njihov razvoj i plasman predstavljaju pojedinačne projekte koji su proizašli iz portofilija projekata definisanih na osnovu strategije preduzeća. Povezivanje ovih projekata u program na osnovu predhodno definisanih kriterijuma, omogućiće da se novi proizvodi u najkraćem vremenu pojave na tržištu sa potrebnim kvalitetom i minimalnim troškovima. Izgradnja CIM sistema i izgradnja softvera visokih performansi za integrisanje parcijalnih kompjuterizovanih podсистема zahteva zajednički fond eksperata različitih oblasti. Zahtevaju se nove metode, novi procesi, nova znanja i interdisciplinarni inženjeri. Postavlja se pitanje kako se u sve ovo uklapa program menadžment novih proizvoda projekata?

Prvi pristup baziran je na pretpostavci uvođenja novih proizvoda u već izgrađeni CIM sistem u preduzeću a drugi se bazira na izgradnji CIM-a za proizvodni program novih proizvoda. I jedan i drugi pristup predpostavljaju primenu program menadžmenta i definisanje optimalne strukture program menadžmenta novih proizvoda.

¹ Prof. Mr Ćebić Duško, dipl.inž., Viša tehnička tekstilna škola, Beograd, Starine Novaka 24
vtts@eunet.yu

2.PROGRAM MENADŽMENT NOVIH PROIZVODA U OKVIRU POSTOJEĆEG CIM SISTEMA

U okviru ovog pristupa, program menadžment novih proizvoda se koristi i obuhvata sledeće faze:

1. Dizajniranje i konstruisanje
2. Izrada i testiranje prototipa i pilot projekta
3. Predproizvodne modifikacije proizvodnog pogona
4. Rad na marketingu i distribuciji novih proizvoda

Kada se predhodne aktivnosti završe možemo se pozvati na MRP i JIT. Očigledno da ne postoji sukob između program menadžmenta i sistema za upravljanje proizvodnjom. U svakom sličaju program menadžment će biti od pomoći pri fazi istraživanja i razvoja ako pokušavamo da nove proizvode iznesemo na tržište ali tu su i sistemi za upravljanje proizvodnjom koji će nam omogućiti da efikasno proizvedemo nove proizvode.

Program menadžment novih proizvoda počinje sa ciljem kako izbaciti nove proizvode na tržište i završava se kada se proizvodi plasiraju i koriste na tržištu. Cilj proizvođača je da se smanji vreme iznošenja proizvoda na tržište.

Brže iznošenje proizvoda na tržište, manje investicija, sto ranija zarada i manja šansa konkurenata da iznesu nove proizvode pre vas, osnovni je cilj primene program menadžmenta u realizaciji novih proizvoda.

CIM podsistem za planiranje i upravljanje proizvodnjom u svojoj strukturi sadrži različite module koji se povezuju sa modulima za upravljanje poslovanjem. Sadržaj ovih modula definisan je sistemima za upravljanje proizvodnjom koji se koriste u okviru CIM podsistema za planiranje i upravljanje proizvodnjom. Najefikasniji sistemi su MRP II prošireni sistem i MOZAJKUS XXI. Moduli ovih sistema pokrivaju kompletnu problematiku koja se odnosi na upravljanje proizvodnjom.

Sistemi za upravljanje proizvodnjom moraju da budu u funkciji program menadžmenta. Sta znači da je CIM podsistem za planiranje i upravljanje proizvodnjom ako koristi MOZAJKUS ili MRP II kompatibilan sa zahtevima program menadžmenta novih proizvoda? Npr. MRP II prošireni sistem sem što je orijentisan ka pozicijama proizvodnje vrši i kontrolu, daje izveštaje o stanju i troškovima po svakom proizvodu (projektu), po pojedinačnom serijskom broju proizvoda. Znači ovaj sistem rešava osnovne probleme koji se javljaju kod preduzeća koja moraju obezbediti praćenje i kontrolu pojedinačnom proizvodu i po programu novih proizvoda.

Na osnovu predhodnog vidimo da su mogućnosti MRP II sistema u potpunosti kompatibilne sa zahtevima program menadžmenta u proizvodnji novih proizvoda.

JIT ideja i opšta kompjuterizacija proizvodnje omogućiće da se veliki broj različitih delova, podsklopova i sklopova proizvede. Sve se ovo stavlja u kompjutersku porudžbinu i u proizvodni sistem. Snabdevači se upoznaju sa traženim zahtevima i od njih se traži da isporuče narudžbine 'Tačno na vreme'.

Odgovarajući delovi se stavljaju u kamion na osnovu odvijanja procesa proizvodnje bas kako zahteva proizvodna linija.

3.TEHOLOGIJA JUST TO LATE-BAŠ SUVIŠE KASNO

Postoji jedna druga pametna šema koja se naziva uporedna tehnika i čudo je da se ne primenjuje kod nas u industriji. Ako ne primenjujete 'uporednu tehniku' a imate tim dizajnera koji sortiraju kompletan dizajn za nove proizvode do poslednje pozicije, šrafa i zavrtnja pre nego što se nešto konkretno ne proizvede.

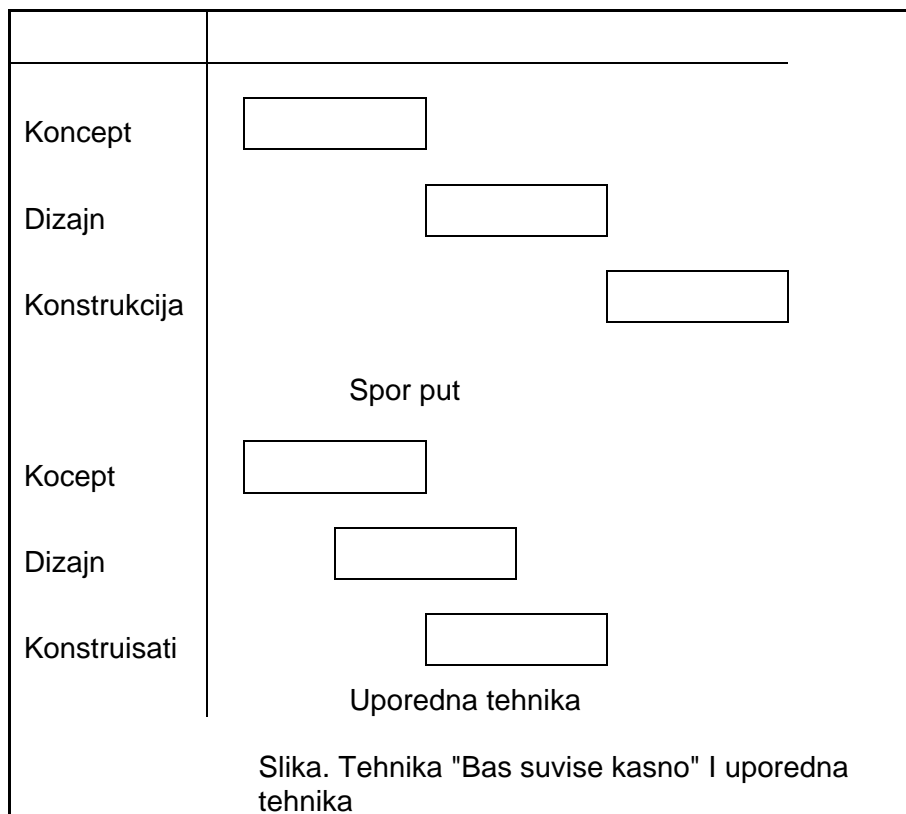
Predpostavljamo da je građevinska industrija jedna od najgorih u ovom pogledu. Arhitekta provodi sate nad tablom za crtanje ili CAD sistemom skicirajući vaš hotel do poslednje šarke i konzole. U trenutku kada dizajn bude skoro gotov, rukovodilac za materijal preuzima i navodi sve komponente u knjigu koja se zove proračun. On navodi sav beton, kanalizacione cevi i kvake u detalje. Ovaj se proračun šalje izvođačima koji predlažu delove da bi izgradili hotela a posao dobija ponuđač sa najnižom cenom. Izvođač počinje posao na terenu u blatu, napredujući od temelja i betonske konstrukcije do krova. Tada tek otpočinju unutrašnji radovi i jednog trenutka mnogo kasnije nameštaju se šarke. Na osnovu predhodnog potrebno je shvatiti da je izgradnja mogla da počne mnogo pre nego što je planirana svaka šarka.

Ako posao kreiranja sledi razumnu šemu, biće moguće da se posao konstrukcije obavlja paralelno sa poslom kreiranja. Ovakav metod će omogućiti bržu realizaciju projekta.

U program menadžmentu novih proizvoda tim dizajnera kreira proizvode i njihov zadatak je da isporuče kompletan paket dizajna za nove proizvode. Druga grupa je plaćena da izrađuje i testira prototipove. Oni dobijaju plan i nezadovoljni šta dizajneri nisu mogli da kreiraju na njihov način iskazuju nezadovoljstvo. Posle izvesnog perioda dešava se jedna od dve stvari:

1. Dizajn se vraća kao nepraktičan koji dovodi do nezadovoljstva tim dizajnera
2. Inženjeri gundajući počinju sa radom

U takvim slučajevima su ciljevi zavrnuti. Cilj tima dizajnera je da isporuči briljantan i koristan proizvod na tržište. U trenutku kada stavite dizajnere u jednu prostoriju da kreiraju, inženjere u drugu prostoriju da proizvode i tako dalje sa drugim grupama, gradi se zid između grupa. Auto CHRYSLER VIPER iznet je na tržište u rekordnom vremenu, zato što su timovi bili stavljeni zajedno u jednu prostoriju, zidovi su bukvalno sklonjeni i svi su radili i saradivali.



4.ZAKJUČAK

Pokretačke snage koje guraju da se novi proizvodi brzo plasiraju na tržištu su u sukobu sa složenom prirodom modernog projekta razvoja i zamršenim kvalitetom i sigurnosnim zakonodavstvom koje se često primenjuje.

Na osnovu predhodno navedenog može se videti da će program menadžment da pomogne upravljanje svim projektima razvoja preko etapa uporedne tehnike,etapa proizvodnje preko prototipova i pilot projekta,preko etapa testiranja tržišta i u JIT proizvodnji.Zbog toga ne postoji sukob između projekta i program menadžmenta i CIM podsistema za upravljanje proizvodnjom.

U svakom slučaju program menadžment će biti od pomoći pri fazi istraživanja i fazi razvoja ako pokušavamo da nove proizvode iznesemo na tržište,ali tu je i CIM podsistem za upravljanje proizvodnjom koji će pomoći da efikasno proizvedemo nove proizvode.

5.LITERATURA

1. Milačić R. Vladimir i Spasić A. Žarko-‘Kompjuterski integrisani tehnološki sistemi CIM sistemi’,Beograd 1990 god.
2. Ćebić M. Duško-‘Koncept određivanja strukture program menadžmenta u proizvodnji složenog proizvoda’,doktorska disertacija,Zrenjanin 2006 godine.

CIM AND NEW PRODUCT PROGRAMME MANAGEMENT

Abstract: The role of the programme management and the sub-system CIM are seen through working examples which are related to the management of newly researched products. The CIM sub-system structure is analysed through similar working examples in relation to the feasibility of the realisation of the programme management of the new product.



N. Lapčević, Ž. Spasić¹

INFORMACIONA INTEGRACIJA POSLOVNIH FUNKCIJA NA PRIMERU PLANIRANJA I ALOKACIJE RESURSA (ERP-SISTEM)²

Rezime

Industrija Ikarbus je započela internu i eksternu informacionu i funkcionalnu integraciju poslovnih funkcija primenom ERP MAX sistema koji povezuje aktivnosti projektovanja za proizvodnjom, lancem snabdevanja, planiranjem i dodeljivanjem resursa, finansijama, zapisivanjem informacija i ostalih aktivnosti. Obrazovanje je vrlo važan CIM podsistem za uspešnu saradnju univerziteta i industrije. Kao prilog ovog rada, daje se primer stručnog treninga studenata u industriji u okviru novog predmeta Kvalitet inženjerskog obrazovanja prema principima Bolonjske deklaracije.

1. UVOD

Ikarbus je osnovan sa prvobitnim imenom Ikarus 1923. godine kao prva fabrika aviona na Balkanu. Prvi avion "Brandenburg" je proizveden 1924. godine, dok je avionom Š-451MM postavljen 1957. godine svetski rekord u brzini. Prvi autobus je proizveden 1954. godine po licenci "Saurer" [1]. Danas je Ikarbus akcionarsko društvo sa oko 720 zaposlenih. Lider je u proizvodnji autobusa u Jugoistočnoj Evropi i predstavlja značajan potencijal privrede Srbije. Proizvodi kompletnu gamu gradskih, međugradskih i turističkih autobusa, kao i autobuse na prirodni gas. Svojim modelima modernog dizajna, sa tehnološko-tehničkim rešenjima po najvišim svetskim standardima i normama, Ikarbus ravnopravno konkuriše najvećim evropskim proizvođačima. Iz proizvodnih pogona kapaciteta 1.000 vozila godišnje izlaze moderna vozila visokog kvaliteta i pouzdanost koji su potvrđeni u najtežim uslovima rada, od polarnih oblasti Rusije, do pustinjačkih oblasti Afrike.

Ikarbus trenutno saraduje sa većim brojem fakulteta i univerziteta. Posebno mesto u saradnji zauzima Univerzitet u Beogradu i Mašinski fakultet istog univerziteta. Ambicije Ikarbusa su da, kao proizvodno preduzeće integrisanih tehnologija, bude aktivan učesnik u integracionim trendovima Evrope. U ovom radu se prikazuju naponi da se digitalizuje poslovanje fabrike u saradnji sa digitalnim univerzitetom u okviru projekta FP7 programa Evropske unije.

2. PREDUZEĆE INTEGRISANIH TEHNOLOGIJA

Integracija opštih, inženjerskih, proizvodnih, poslovnih, finansijskih i drugih funkcija CIM-preduzeća je kompleksan zadatak koji se realizuje uspešno ako su postavljene teorijske osnove integracije u sistemskom pristupu rešavanja problema [2]. Usvojen je model informacione integracije [3] i koncept integracije CIM-podsistema i CIM-modula koji podrazumeva razvoj referentnog CIM modela u parcijalne i partikularne modele prema CIMOSA standardima ESPRIT programa Evropske unije [4].

Sve kompjuterizovane aktivnosti proizvodnog preduzeća integrisanih tehnologija kroz globalni koncept CIM-preduzeća (CIM – *Computer Integrated Manufacturing*) integriše sve mnoge druge koncepte (CAD/CAM, TQM, STEP, ERP, SAP, SCM, CRM, BPR i slično). Referentni model CIM-preduzeća prema

¹ **Nebojša Lapčević**, dipl. inž. maš., Ikarbus, Zemun, e-mail: nlapcevic@sezampro.yu

Profesor dr **Žarko Spasić**, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, e-mail: zspasic@mas.bg.ac.yu

² Rad je deo saradnje industrije Ikarbus i Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu na postavljanju stručnih treninga i laboratorijskih vežbi za studente prema novim nastavnim programima i principima Bolonjske deklaracije po evropskim standardima u nastavi.

[2] sadrži 22 CIM-podsistema (Cp_i, i = 1-22) grupisanih u četiri glavne oblasti proizvodno-poslovnog sistema i poslovnog okruženja proizvodnog preduzeća (slika 1). To su:

Opšti aktivnosti (OA):

Cp1 - Klasifikacija elemenata poslovanja, Cp14 - Integrisano upravljanje kvalitetom (CIM/QA), Cp21 - Simulacije i statistika performansi poslovanja, Cp20 - Zaposleni i novi radni sadržaji, Cp22 - Obrazovanje.

Inženjerske aktivnosti (IA):

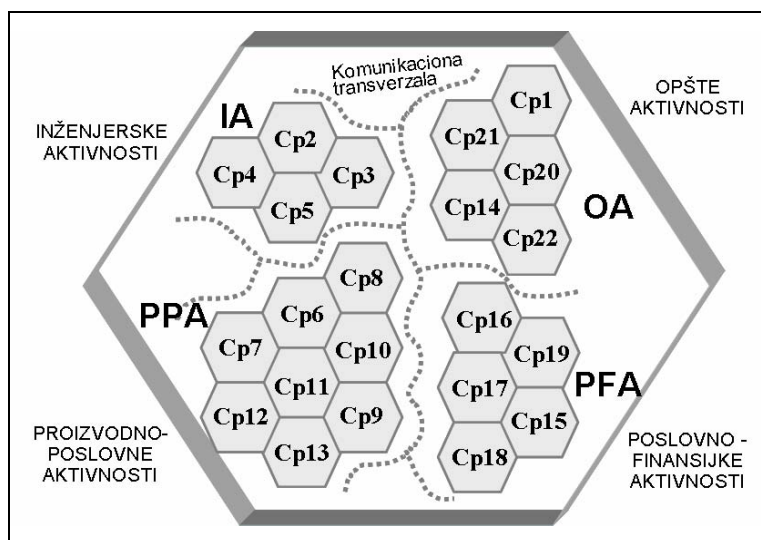
Cp2 - Projektovanje proizvoda (CAD), Cp3 - Projektovanje tehnologije (CAM), Cp4 - Metode inženjerskih proračuna (CAE), Cp5 - Poslovanje sastavnicama proizvoda.

Proizvodno-poslovne aktivnosti (PPA):

Cp6 - Planiranje i priprema proizvodnje, Cp7 - Terminiranje i praćenje proizvodnje, Cp8 - Upravljanje zalihama, Cp9 - Transport i skladištenje, Cp10 - Priprema i distribucija alata i pribora, Cp11 - Upravljanje mašinama, robotima i uređajima, Cp12 - Održavanje i dijagnostika, Cp13 - Praćenje proizvoda u eksploataciji.

Poslovno-finansijske aktivnosti (PFA):

Cp15 - Marketing, Cp16 - Nabavka, Cp17 - Prodaja, Cp18 - Ekonomija i finansije, Cp19 - Pravna regulativa i ugovori.



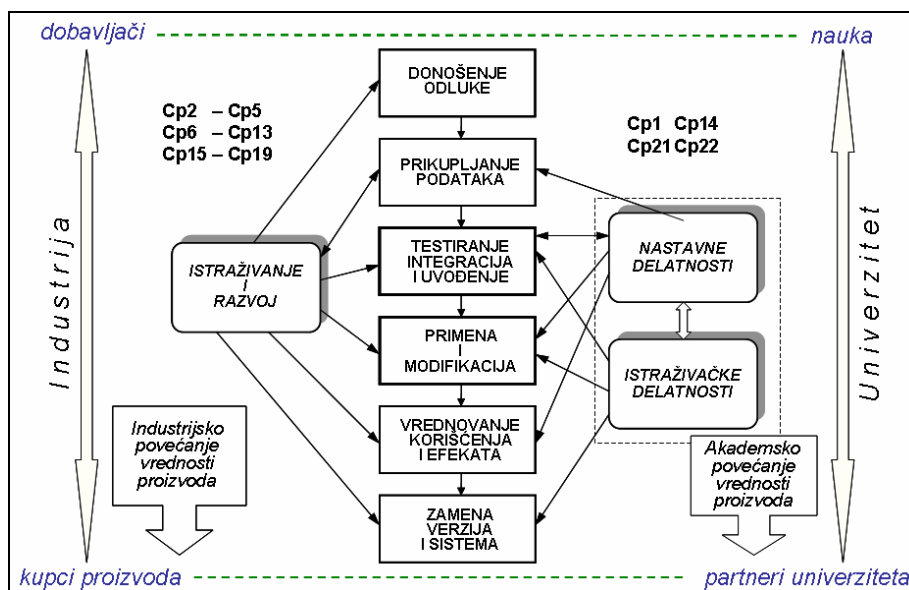
Slika 1. Referentni CIM-sistem preduzeća integriranih tehnologija

Definisani CIM-podsistemi integrišu CIM-module i međusobno razmenjuju informacije koristeći komunikacione transversale realizovanih komunikacionih mreža CIM-preduzeća i poslovnog okruženja (kupci, dobavljači, kooperanti, univerzitet, banke i drugi). Razumevanje integracionih trendova, kao i poznavanje proizvodnih i poslovnih procesa i aktivnosti CIM-preduzeća su preduslovi za informacionu integraciju. Teorijske osnove predstavljaju preduslov za uspešnu realizaciju postavljenog zadatka. Naredni korak je primena u usvojenom proizvodno-poslovno-obrazovnom okruženju, pri čemu se projektuju CIM-podsistemi sa odgovarajućim CIM-modulima i CIM-interfejsima. Referentni CIM model predstavlja polaznu osnovu za integraciju proizvodnih, informacionih i komunikacionih tehnologija proizvodnog preduzeća. To su modeli CIM-sistema koje uglavnom definišu akademske institucije ili vodeće industrije sveta kao rezultate istraživačkih projekata većeg broja eksperata. Usvojeni referentni model se dalje razvija u parcijalne modele za pojedine grupacije industrija sličnih proizvodno-poslovnih parametrima. Partikularni modeli CIM-sistema odnose se na konkretna preduzeća ili kompanije. Vodeće industrije sveta i neke domaće industrije postavile su svoje CIM-koncepte radi vođenja strategije dugoročnog razvoja. Okvirni model informacione integracije je prezentiran na ESPRIT konferenciji [3] na kojoj su definisani prioriteti za FP5 program (5th Framework Programme) istraživanja Evropske unije, posle čega su uvedene sankcije.

3. INTEGRACIJA ERP SISTEMA U CIM/Ikarbus SISTEM I TEHNOLOGIJE

EPR (*Enterprise Resource Planning*) je paket programa za planiranje i dodelu resursa CIM-preduzeća koje integriše sve njegove poslovne funkcije koje se ostvaruju u svim organizacionim jedinicama koje međusobno komuniciraju na optimalan način, preuzimajući poslovne procese redosledno ili paralelno. Prema [5], osnovni delovi ERP sistema su *Menadžment poslovanja u pogonu*, *Menadžment materijalom*, *Menadžment relacijama sa kupcima i prodaja* i *Menadžment finansijama*. Model životnog ciklusa ERP sistema je prikazan na slici 2 [6, 7] i sastoji se donošenja odluke o uvođenju, prikupljanju podataka,

testiranju, primeni i modifikaciji, vrednovanju uspešnosti korišćenja i zameni verzijama i sistemima naredne generacije. U fazi prikupljanja podataka analizira se kompatibilnost postojeće dokumentacije sa formatima za ulaz podataka. U fazi primene dolazi do modifikacije i integracije pojedinih ERP rešenja uz prilagođavanja specifičnostima CIM-preduzeća. Vrednovanje uspešnosti primenjenih rešenja izvodi se na osnovu upoređivanja performansi poslovanja za određene vremenske periode.

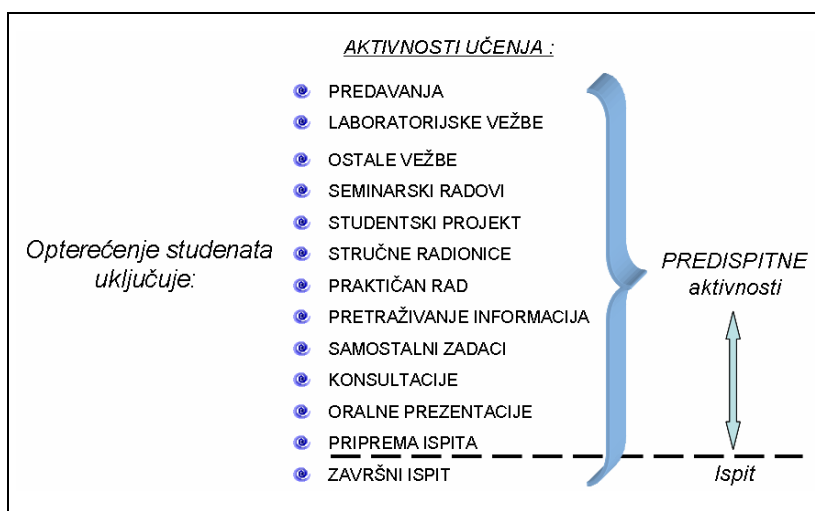


Slika 2. Životni ciklus ERP sistema

U Prilogu A su delimično prikazani formati dokumenata sa realnim podacima koji u proizvodno-poslovnom sistemu Ikarbus dobijaju primenom ERP MAX sistema i koriste u odeljenju za Pripremu i planiranje proizvodnje. To su: Lista materijala za vozilo, Vizuelna, jednonivojska i višenivojska sastavnica, Glavni plan proizvodnje i Radni nalog.

4. UNIVERZITETSKA NASTAVA I STRUČNI TRENING STUDENATA U INDUSTRIJI

Elementi za sračunavanje ukupnog vremena angažovanja (opterećenja) studenata u nastavnim aktivnostima su konsultantski časovi za nastavne predmete i module, priprema pre zaključenja konačne ocene posle lekcija i seminara i nezavistan rad za uspešan završetak kursa. Nezavistan rad obuhvata izbor i prikupljanje relevantnih materijala, čitanje i studiranje radnog materijala, izrada seminarskih radova, priprema za pismeni deo ispita, pisanje izveštaja, diplomskog rada i magistarske teze i vođeni ili nezavistan rad u laboratorijama (slika 2). Posebna pažnju zaslužuju stručni treninzi studenata u industriji (Prilog B).



Slika 3. Predispitne aktivnosti studenata

Opis nastavnih predmeta i modela se daje prema standardima Komisije za akreditaciju koje usvajaju univerziteti. Primer opisa se daje za novi predmet III semestra studija:

Kvalitet inženjerskog obrazovanja

Naziv predmeta:	Kvalitet inženjerskog obrazovanja (KIO-355)
Profesor:	Dr Žarko Spasić (zspasic@mas.bg.ac.yu)
Šifra:	3.5.5
Fond:	5 časova
ESPB:	6 bodova
Datum postavljanja:	01.10.2006. g.
Status predmeta:	izborni
Uslov:	--
Semestar:	III (zimski)
Predavanja:	416/IV, CeNT, (Ikarbus - stručni trening)
Mogućnosti:	Završni rad, Doktorske studije.

Ciljevi predmeta:

Osnovni cilj:

Proučavanje integrisanog sistema obezbeđivanja kvaliteta za univerzitet i fakultet.

Specifični ciljevi:

Da studenti steknu neophodna znanja, veštine i iskustvo o:

- Kvalitetu nastavnog procesa
- Kvalitetu istraživačkog procesa
- Integraciji nastave i istraživanja
- Ulozi studenata u upravljanju fakultetom i univerzitetom
- Akademskim performansama studenata i nastavnika
- Poslovnim performansama fakulteta i univerziteta
- Evropskom okviru kvalifikacija
- Neposrednoj primeni principa *Bolonjske deklaracije*

Predispitne obaveze:

Laboratorija #1: Informaciona integracija inženjerskih, proizvodnih i poslovnih aktivnosti.
Laboratorija #2: Analiza i sinteza inženjerskih problema resursima *Interneta*.
Seminar #1: Iskustva i očekivanja u nastavi prema principima *Bolonjske deklaracije*.
Projekt #1: Tehnološki razvoj industrije i privrede Srbije: Stanje i perspektive.
Industrija #1: Proizvodi i tehnologije industrije **Ikarbus**: – Stručni trening studenata
Kolokvijum #1: Test na polovini nastavnog procesa.
Kolokvijum #2: Test na kraju nastave a pre završnog ispita.

Predmetni nastavnik u svakoj školskoj godini može da promeni sadržaj laboratorijskih vežbanja, studentskih projekata i seminarskih radova, kao i industriju u kojoj studenti imaju stručni trening. Težinski faktori za sračunavanje konačne ocene su takođe podložni promenama prema značaju koji se daje pojedinim predispitnim aktivnostima.

5. ZAKLJUČAK

Poslovne funkcije proizvodnog preduzeća integriranih tehnologija treba da se integrišu kroz CIM/Ikarbus koncept. Primena ERP sistema zahteva prilagođavanja i modifikacije kroz informacionu i funkcionalnu integraciju Industrije Ikarbus i njenog poslovnog okruženja.

Univerzitet prolazi kroz probleme reforme visokog obrazovanja, dok industrija prolazi kroz probleme tranzicije i promene vlasničke transformacije. Edukacija je važan CIM podsistem koji partnerski povezuje univerzitet i industriju. Univerzitet i industrija treba da sarađuju pripremajući zajedničke projekte za integrisani evropski prostor obrazovanja i istraživanja.

LITERATURA

- [1] <http://www.ikarbus.co.yu/kompanija.htm>
- [2] Spasić, Ž., *Obrazovanje za informacionu integraciju u interakciji univerziteta, industrije i poslovnog okruženja - Modeli za menadžment znanja univerziteta i industrije*, Uvodni rad, 27. JUPITER konferencija, Beograd, 2001.

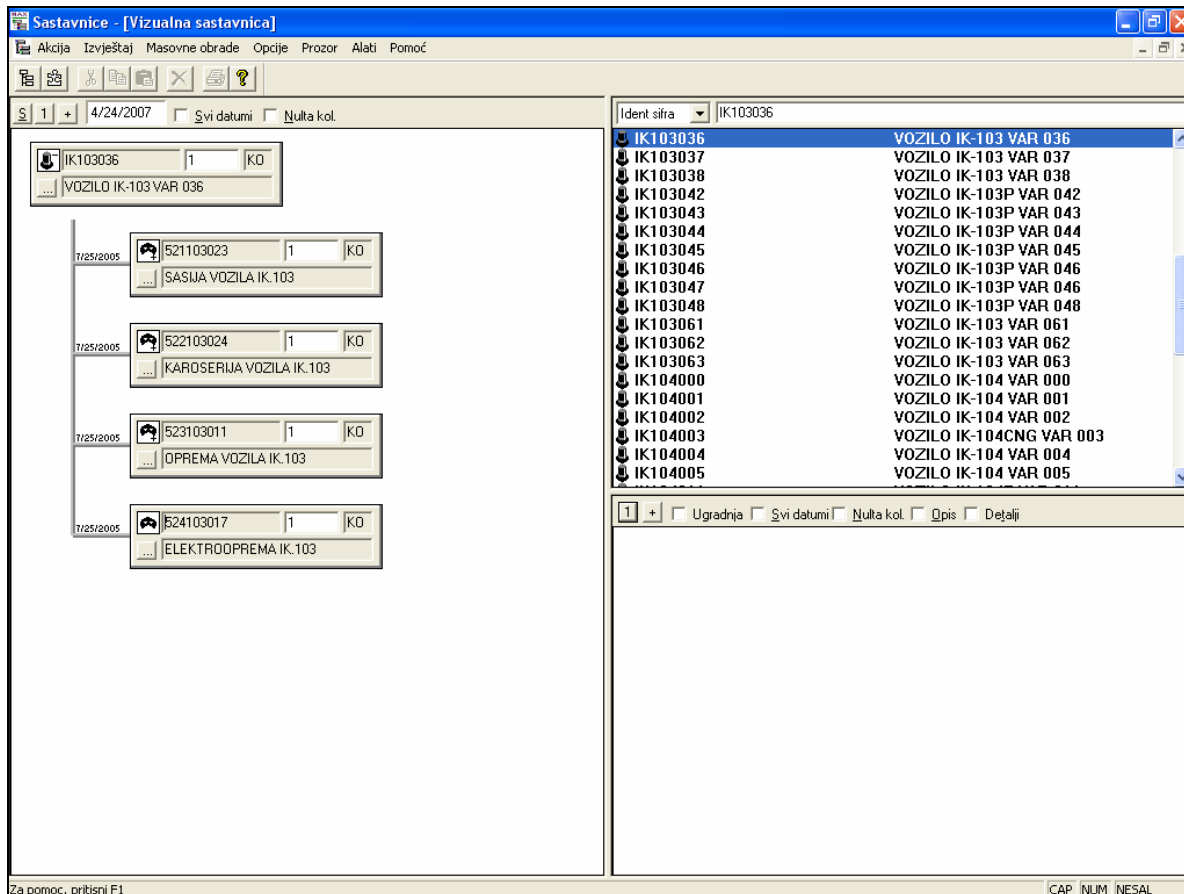
- [3] Spasić, Ž., Mladenović, I., Vujić, I., *A Framework for Information Integration in Extended Manufacturing CIM-Enterprise*, In the Book "Changing the Way We Work – Shaping the ICT-solutions for the Next Century", Ed., N. Martensson et al., ICS Press, Göteborg, 1998.
- [4] Kosanke, K. et al., *Enterprise Engineering and Integration: Building International Consensus*, Esprit Research Report 21859, CIMOSA Association, European Commission, Springer, Berlin, 1991.
- [5] <http://www.globalshopsolutions.com/erp-software/erp-international.asp>
- [6] Mitrović, D., *Collaborative Planning Forecasting and Replenishment*, Seminararbeit aus Informationswirtschaft, Wirtschaftsuniversität, Wien, 2006.
- [7] Bernroider, E.N., Leseure, M.J., *Enterprise resource planning (ERP) diffusion and characteristics according to the system's lifecycle: A comparative view of small-to-medium sized and large enterprises*, Information Processing and Information Management, No. 01/2005, Vienna, 2005.
- [8] Spasić, Ž., *Integrirani sistem kvaliteta digitalnog univerziteta*, Monografija, Mašinski fakultet, Beograd, 2007.

N. Lapčević, Ž. Spasić:

INFORMATION INTEGRATION OF BUSINESS FUNCTIONS: EXAMPLE OF PLANNING AND RESOURCE ALLOCATION (ERP-SYSTEM)

Abstract. *Industry Ikarbus starts with the ERP MAX system in the internal and external information and functional integration of business functions for projects, manufacturing, supply chain management, resource planning and allocation, financials, information warehouse and other. Education is very important CIM-subsystem in the successful collaboration between university and Industry. As the appendix of the paper we have an example of student training in industry in the scope of the course Quality of Engineering Education according to the Bologna principles.*

PRILOG A: *Dokumentacija ERP MAX sistema u Ikarbusu*



Slika 4. Vizuelna sastavnica

Višenivojska sastavnica po Ident sifra nadređenog

Strana

Ident sifra nadređenog Raspon: 810337300 - 810337300, Vrijedi od: 4/24/2007

Ident sifra	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog	Ident sifra nadređenog
..3	810337322	P LOCA	10/6/2004	1.000000	U	KO	0	N	0	0	37	08	A		
..4	4221678	LIM 8x1000x2000 JUS C.B4.110 C.0462	11/15/2004	0.660000	U	KG	0	N	0	4-221	08	B			
..3	810337323	P ODMETAC	10/6/2004	2.000000	U	KO	0	N	0	37	08	A			
..4	4221678	LIM 8x1000x2000 JUS C.B4.110 C.0462	11/15/2004	0.160000	U	KG	0	N	0	4-221	08	B			
..3	810337324	U PROFIL	10/6/2004	1.000000	U	KO	0	N	0	37	08	A			
..4	4221036	LIM 5x1000x2000 JUS C.B4.110 C.0462	11/15/2004	1.424000	U	KG	0	N	0	4-221	08	B			
..3	810337325	U KRU CENJE	10/6/2004	1.000000	U	KO	0	N	0	37	08	A			
..4	4221036	LIM 4x100x2000 JUS C.B4.111 C.0462	11/15/2004	0.486000	U	KG	0	N	0	4-221	08	B			

Slika 5. Višenivojska sastavnica

Sastavnica		Tehnologija		Prolaz kroz Pseudo									
Uvrstili	Status	Sifra komponente	Naziv/opis	Vaz.kolic.	Duž.kolic.	Dat.vaz.	Vrem.pom.	Izd.kolicina	Manjak	Post.kolic.	Jed.kol.	Ska	
1	✓	3	581001010	MOTOR D 2866 LUH 23 - E3	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
2	✓	3	581052020	MENJAC VOITH D 864.3E	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
3	✓	3	810337101	DRZAC NALIVNOG GRLA	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
4	✓	3	810337104	NALIVNO GRLO DOPRADA	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
5	✓	3	810337130	NOSAC MOTORA-LEVI	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
6	✓	3	810337135	NOSAC MOTORA-DESNI	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
7	✓	3	810337319	PREDNJI P.N.MOTORA SA	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
8	✓	3	810337330	PREDNJI NOSAC MOTORA	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
9	✓	3	830137061	NOSAC MOTORA-DESNI	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
10	✓	3	830137064	NOSAC MOTORA-LEVI	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
11	✓	3	921137051	OSLONAC ELASTICNI-DESNI	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
12	✓	3	921137052	OSLONAC ELASTICNI-LEVI	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
13	✓	3	921137055	ELAST. OSLONAC - PREDNJI	10.00	10.00	04/24/2007	0.00	0.00	-10.00	0.00	1.00	
14	✓	3	953004014009	VIJAK JUS ISO 401 4	120.00	120.00	04/24/2007	0.00	0.00	-120.00	0.00	12.00	
15	✓	3	953004014039	VIJAK JUS ISO 401 4	120.00	120.00	04/24/2007	0.00	0.00	-120.00	0.00	12.00	
16	✓	3	953004014054	VIJAK JUS ISO 401 4	40.00	40.00	04/24/2007	0.00	0.00	-40.00	0.00	4.00	
17	✓	3	953008673416	NAVRTKA JUS ISO 8673	120.00	120.00	04/24/2007	0.00	0.00	-120.00	0.00	12.00	
18	✓	3	953008673418	NAVRTKA JUS ISO 8673	20.00	20.00	04/24/2007	0.00	0.00	-20.00	0.00	2.00	

Slika 6. Tablica Radnih naloga



IKARBUS
ZEMUN

24/04/2007 14:34:04

LISTA MATERIJALA ZA VOZILO

SIFRA	NAZIV	KOLICINA	SJM	LJM
3268015	PROGRAM +INTERFEJS - KO	5925 00.41 - Voith	1,0000	KO KO
4164019	ULJE GALAKS EKSTRA	HPD 5W 30	100,0000	LT KG
4165010	MAST FOR NT - 0,8 Kg	ZA TEMP. DO -60°C	1,0000	KG KO
4165012	FORNAL 00 EP	SPECIJAL 0,8 Kg	1,0000	KG KO
4221035	LIM 4x100x2000	JUS C.B4.111 C.0462	7,6400	KG KG
4221036	LIM 5x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	17,4400	KG KG
4221081	LIM 10x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	269,3100	KG KG
4221093	LIM 6x1000x2000	JUS C.B4.111 C.0452	12,0200	KG KG
4221167	LIM 6x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	192,6700	KG KG
4221678	LIM 8x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	60,6800	KG KG
4221693	LIM 15x1000x2000	JUS C.B4.110 C.0462	88,8000	KG KG
4223716	SIPKA O JUS C.B3.021	50x4000 C.0562.5	11,4000	KG KG

Slika 7. Lista materijala

3.042-302/07	502411	10	KO	24.4.2007	
porudžbina	radni nalog	količina	j.m.	datum lansiranja	br. prve r. liste
"IKARBUS" A. D. ZEMUN	naziv dela DRZAC NALIVNOG GRILA			RADNI NALOG	
	broj dela 8.103.37.101		broj crteža		
termin početka		termin završetka		datum završetka	
redosled kretanja po radnim odelenjima 03103 -> 03103 -> 03107 -> 03104 -> 03106 -> 03106 -> 061 -> 061					
prilog uz radni nalog		br. trebovanja: _____		br. kopije crteža: _____	
				br. kopije procesa: _____	

Slika 8. Radni nalog

PRILOG B: Stručni trening iz predmeta Kvalitet inženjerskog obrazovanja u industriji Ikarbus



Slike B. 1-4. Generalni direktor mr sci. Srećko Nijemčević pozdravlja studente generacije '05. Na slikama su organizacione jedinice Ikarbusa; Pogon proizvodnje autobusa i Projektni biro (desno dole)



CIM SISTEM MARKETING STRATEGIJE U RAZVOJU MALIH PROIZVODNIH POSLOVNIH SISTEMA

Dr Goran Savanović¹, Mr Julija Avakumović²

Rezime: U radu se obradjuje problem CIM sistema marketing strategije u razvoju malih proizvodno poslovnih sistema. Bilo je potrebno dosta vremena da prodje da shvatimo da je upravo mala privreda, važan izvor privrednog rasta i povećanja broja radnih mesta. Kod malih proizvodno poslovnih sistema moguć je brz tempo uvođenja novina, pronalazaka, rast zaposlenosti, oživljavanje konkurentske borbe za potrošača uz ponudu proizvoda i usluga visokog kvaliteta uz umerene cene, a to doprinosi razvoju tržišne privrede.

1. UVOD

Marketing se može posmatrati kroz konkretne aktivnosti koje mali proizvodno poslovni sistem preduzima s ciljem postizanja unosnih rezultata na odabranom tržištu (prodaja, profit, tržišno učešće). To uključuje analizu tržišta, razvijanje proizvoda ili usluga, određivanje cena za njih, distribuciju, promotivnu informisanost, naklonost tržišta i dr.

CIM sistem (Computer Integrated Manufacturing) predstavlja celokupan proces proizvodnje sa svim procesima i funkcijama kontrolisan uz pomoć kompjutera.

CIM sistem marketing strategije definiše marketing kao proces i podrazumeva niz koraka i postupaka koji omogućavaju bržem razvoju malih proizvodno poslovnih sistema, a to je pronalaženje odgovarajućeg tržišta i osvarivanje i održavanje konkurentske pozicije na njima.

Korištenjem ovog pristupa u razvoju malim proizvodno poslovnim sistemima omogućava se da ona u potpunosti razumeju svoja tržišta. Informacije sa potrošačima mogu koristiti za planiranje i organizaciju.

2. FORMULISANJE CENA

Marketing možemo definisati kroz stvaranje i očuvanje specifičnih razlika u zadovoljavanju potreba potrošača u poredjenju sa konkurencijom u ostvarene profitabilnosti poslovanja. To podrazumeva da marketing orijentacije malih sistema treba da:

- prema okruženju ima okrenutu poslovnu orijentaciju i planiranje svojih aktivnosti (tzv. strateški pristup),
- kreiranje i očuvanje razlike se odnosi na inovativni pristup razvijanju novog proizvoda za određeno tržište i da se stalno prilagođava potrebama tržišta,
- rešava zahteve potrošača po pitanju zahtevanih karakteristika proizvoda ili usluga,
- sprovođenjem marketing strategije da ostvaruje efikasnost, što podrazumeva postizanje profitabilnosti.

Kod formulisanja cilja imamo tri zahteva, i to:

- stvaranje vrednosti za potrošače,
- ostvarivanje konkurentske (posebne) prednosti u poredjenju sa konkurencijom, i
- usmeravanje ukupnih aktivnosti i ulaganja svojih resursa prema konkurentnom tržištu.

¹ Direktor Više tehničke tekstilne škole, Beograd e-mail: vtts@eunet.yu

² Viša tehnička mašinska škola, Zemun e-mail: julija09@yahoo.com

Mali proizvodno poslovni sistemi su tamo gde se nalaze njihovi potrošači. Princip koji se bazira na nudjenu proizvoda koji će zadovoljiti potrošače, znači održavanje stalnog kontakta sa njihovim potrebama, čak i u uslovima kada se one menjaju.

U većini CIM sistema, marketing strategije u razvoju malih proizvodno poslovnih sistema koriste miks ciljeva uključujući profitabilnost, rast prodaje, povećanje tržišnog učešća, smanjenje rizika.

Ciljevi u sistemu treba da ispune četiri kriterijuma, i to:

- Ciljevi moraju biti uređeni po hijerarhiji, od najznačajnijeg do najmanje važnog,
- Ciljevi treba da budu realni. Moraju proistići iz analize šansi i snage sistema a ne iz želja,
- Ciljevi treba da budu kvantitativni, gde god je to moguće,
- Ciljevi moraju biti konzistentni. Veoma je retko moguće istovremeno maksimizirati prodaju i profit. Većina eksperata smatra da prihvatanje da cilj bude veliki rast tržišnog učešća može značiti i naše odricanje od velikog kratkoročnog profita.

3. FORMULACIJA MARKETING STRATEGIJE

Ciljevi ukazuju na to što razvojem mali proizvodno poslovni sistem želi da postigne cilj – da stignemo gde smo planirali. Nema nikakvog posla i šansi za njegov uspeh ukoliko ne napravimo strategiju za ispunjenje ciljeva. Pored marketing strategije potrebno je uraditi i kompatibilne strategije kao što su: strategije tehnologije i strategije snabdevanja.

Michael Porter je predložio tri generičke strategije koje su po našem mišljenju dobre za strateško razmišljanje:

- Vodjstvo u troškovima. U poslu se naporno radi na tome da troškovi proizvodnje i distribucije budu što manji, tako da cena bude niža od konkurentske i da se postigne veliko tržišno učešće.
- Diferenciranje. Pošto se koncentriše na postizanje superiornih performansi u području koristi koje je značajno za kupce i koje se vrednuje na velikom delu tržišta.
- Fokusiranje. Posao se fokusira na jedan ili više uskih tržišnih segmenata. Poznata je činjenica da možemo pobediti ako pri obavljanju istih aktivnosti to efikasnije radimo od svojih konkurenata.

4. STRATEGIJSKO PLANIRANJE MALOG PROIZVODNO POSLOVNOG SISTEMA

U svakom organizacionom delu malog proizvodno poslovnog sistema mora se definisati njegova misija unutar šire misije sistema.

Svaki sistem postoji da bi nešto ostvario da proizvede neke delove, sklopove, mašine, agencijske poslove, pozajmi izvod i dr.

Misija sistema ili svrha su jasni kada posao započne. Tokom vremena misija se može promeniti radi korištenja novih šansi ili reakcije na nove uslove tržišta.

Potrebno je izvršiti analizu eksternog i internog okruženja. Analizom eksternog okruženja nadgledaju se ključni faktori u makrookruženju (prirodni i tehnološki). Za svaki trend ili dostignuće, menadžment mora identifikovati odgovarajuće šanse i opasnosti. Posmatrano sa stanovišta marketinga šanse su oblasti potrebe i interesovanja kupca gde postoji verovatnoća da mali proizvodno poslovni sistem može da zadovolji tu potrebu na profitabilni način. Te tržišne šanse mogu biti:

- da se ponudi nešto čega nema dovoljno,
- da se ponuda postojećeg proizvoda ili usluge ponudi na nov ili bolji način,
- i da se ponudi potupno nov proizvod ili usluga.

U svakom poslu treba proceniti unutrašnje snage i slabosti. Veoma često poslovanje nije loše za to što ljudi koji rade nemaju dovoljno umeća i snage, već zato što ne rade zajedno kao tim.

5. ORJENTACIJA KA HOLISTIČKOM MARKETINGU I VREDNOSTI ZA KUPCA MALIH SISTEMA

Za realizaciju osnovnih proizvodno poslovnih procesa, sistemima su potrebni resursi, radna snaga, materijali, mašine, informacije i energija. Do sada sistemi su posedovali i kontrolisali najveći deo resursa koji su im trebali za poslovanje, ali danas se to u velikoj meri menja i većina malih proizvodno poslovnih sistema vrši nabavku iz okoline od drugih sistema.

Orjentacija malih proizvodno poslovnih sistema ka holističkom marketingu može da pruži uvid u proces obezbeđivanja vrednosti za kupca.

U našem radu prihvat ćemo definiciju da je holistički marketing „integrisane aktivnosti istraživane vrednosti“ stvaranje vrednosti i isporuke vrednosti medju ključnim stejholderima.

Marketing obuhvata zadovoljenje potreba i želja potrošača. Zadatak, odnosno cilj svakog posla jeste stvaranje vrednosti za kupca uz ostvarenje profita. Vrednost proizvoda teče unutar i duž tržišta koja su veoma dinamična i konkurentna, malim sistemima je potrebna dobro definisana strategija za istraživanje vrednosti.

Da bi se mogle koristiti vrednosne šanse i praktično bile eksploatisane te vrednosti, potrebno je da naši sistemi imaju veštinu kreiranja vrednosti. Marketari treba da identifikuju nove koristi za kupce, da koriste ključne kompetencije iz domena svog poslovanja i da odabiraju poslovne partnere i da znaju kome se proizvodjaču i proizvodu kupci dive i zašto?

Proces isporuke vrednosti počinje pre nastanka proizvoda i nastavlja se tokom njegovog razvoja. Isporuka vrednosti podrazumeva znatne investicije i infrastrukturu i sposobnosti.

CIM sistema marketing strategije u razvoju malih proizvodno poslovnih sistema mora da bude efikasan u manadžmentu odnosa sa kupcima, unutrašnjim resursima i odnosima sa poslovnim partnerima.

6. ZAKLJUČAK

CIM sistem marketing strategije u razvoju malih proizvodno poslovnih sistema treba da utvrdi i obezbedi:

- kako zadovoljiti potrebe i želje potrošača jer stvaranjem vrednosti za kupca ostvaruje se i profit,
- proces isporuke vrednosti počinje pre nastanka proizvoda ili usluge i nastavlja se tokom njegovog razvoja,
- utvrđivanjem lanca vrednosti da identifikuje strateški relevantne aktivnosti koje stvaraju vrednosti i troškove u određenom poslu,
- da obezbedi sposobnosti kao što su shvatanje, kreiranje, isporučivanje, obuhvatanje i održavanje vrednosti za potrošače,
- i da radi sigurnosti prave aktivnosti su odabrane i sprovedene potrebno je uraditi i usvojiti CIM sistem marketing strategiju razvoja malih proizvodno poslovnih sistema.

LITERATURA

1. Kotler Ph., Marketing management, Prentice Hall, New Jersey, 2003.
2. Spasić Ž. i dr., CIM integracija menadžmenta i kvaliteta, Naučna knjiga, Beograd, 1994.
3. Milačić V., Spasić Ž., Kompjuterski integrisani tehnološki sistemi CIM, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
4. Milisavljević M., Osnovi marketinga, Ekonomski fakultet, Beograd, 2005.
5. Maričić B., Ponašanje potrošača, Savremena, Beograd, 2002.

CIM SYSTEM OF MARKETING STRATEGY IN DEVELOPMENT OF SMALL PRODUCTION BUSINESS SYSTEMS

Resume: In this text, we research the problem of CIM system of marketing strategy in development of small production business systems. It was necessary to past too much time for understanding small business, one of the important sources of new open job places. In the small production business system is fast input of new ways, innovations, growth number of employees, more concurrences for consumers with higher level of quality with acceptably level of prices just like at the far - play market.



Radojević, S.¹, Mitrović, Č.², Lečić, M.³, Dondur, N.⁴

EDUKACIJA KORISNIKA ZA KORIŠĆENJE EBOM CASE ALATA

Abstrakt: *Mnoštvo CASE alata najnovije generacije omogućava mašinskom inženjeru jednostavno stvaranje sastavnica - BOM (Bill of Material). Pokazuje se da je nepohodno definisati procedure za edukovanje korisnika ovih CASE alata jer su njihovi zahtevi vezani za stvaranje inženjerske sastavnice – EBOM (Engineering Bill of Material). Navedene procedure su zasnovane na različitim načinima kopiranja dvonivovskim generičkih sastavnica, a njihovim definisanjem stvaraju se sintaksne i semantičke pretpostavke za definisanje jednog opisanog jezika za stvaranje sastavnica.*

Ključne reči: BOM, EBOM, CASE, obrazovanje, metodologija.

1. UVOD

Mašinskim inženjerima koji se organizaciono nalaze u operativnoj pripremi, ili službi planiranja i razvoja proizvodnje, osnovni alat u radu predstavlja hijerarhijska sastavnica – BOM. Računari i odgovarajući programi su pojednostavili korišćenje BOM-a, ali nisu pojednostavili njeno stvaranje, čak su ga i usložili. Razlozi su u multidisciplinarnom karakteru BOM-a.

U računarskim naukama izučava se generička sastavnica GBOM – Generic Bill of Material. Osnova ove sastavnice je aciklično uređeno drvo [4], a suština se sastoji da se njom može opisati bilo koji proizvod iste klase. Zahtevi inženjera, osim zahteva da liči na sastavnicu, nisu razmatrani niti su realizovani u stvaranju generičke sastavnice.

Prvi inženjerski zahtev, definiši redosled ugradnje, podržan je inženjerskom sastavnicom EBOM – Engineering Bill of Material.

Svi CASE alati vezani za stvaranje BOM-a su u suštini zasnovani na EBOM-u. Ako su računarski uređeni:

- zalihe materijala, i
- tehnička dokumentacije proizvoda,

može se, uz pretpostavku, da su polaznici dodatnog obrazovanja poznavaoi odgovarajućih CASE alata, zasnovati metodologija obrazovanja za korišćenje EBOM CASE alata. Osnove metodologije su [1], [2]:

- izučiti modularnu sastavnicu,
- izučiti rekurziju kao postupak za stvaranje hijerarhijske sastavnice,
- oformiti obrasce modularnih sastavnica,
- izučiti kopiranje modularnih sastavnica kao način za dobijanje hijerarhijske sastavnice.

U ovom radu se definiše način za formiranje uopštenih obrazaca modularnih sastavnica, kao i vrste kopiranja modularnih sastavnica.

2. OSNOVNO O OBRASCIMA SASTAVNICA

Dvonivovska sastavnica – modularna sastavnica je slikovita predstava sklopa i podsklopova, preslikane u odnos nadređeni i podređeni elementi (vidi sliku 1). Pokazalo se da je formiranje hijerarhijske sastavnice artikla u suštini formiranje niza dvonivovskih sastavnica. Pažljiva analiza više realnih hijerarhijskih sastavnica daje dokaz egzistencije više sličnih dvonivovskih sastavnica, koje se razlikuju u jednom-dva podređena elementa, koji se formiraju po jednom te istom obrascu.

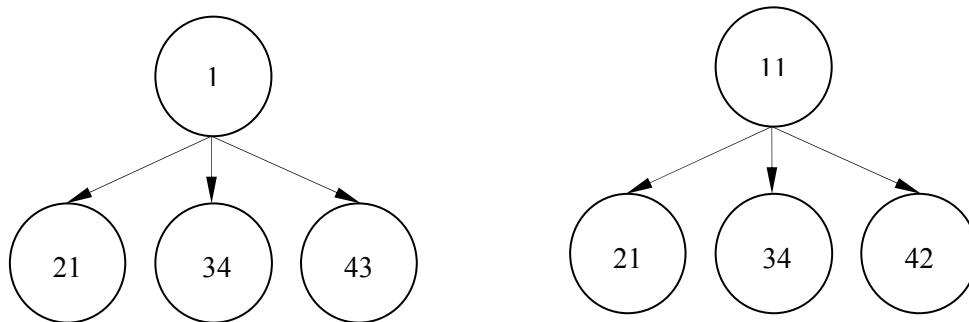
¹ Doc. dr Slobodan Radojević, dipl. Mat., sradojevic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 402

² Doc. dr Časlav Mitrović, dipl.inž.maš., cmitrovic@mas.bg.ac.yu,

³ Doc. dr Milan Lečić, dipl.inž.maš., mleccic@mas.bg.ac.yu,

⁴ Prof. dr Nikola Dondur, dipl.inž.maš., ndondur@mas.bg.ac.yu,

Mašinski fakultet u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd 35



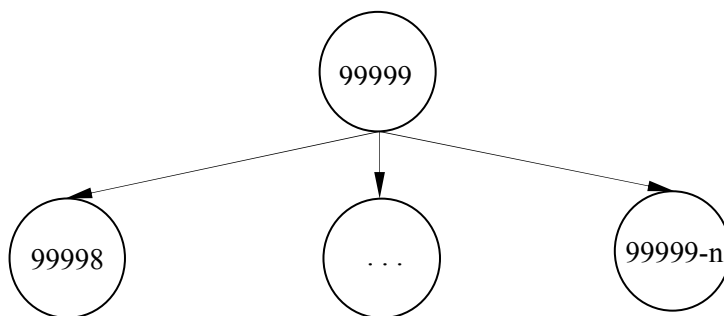
Slika 1: Modularna sastavnica tipa $1 \rightarrow 3$

Modularne sastavnice sa slike 1, su tipa $1 \rightarrow 3$, i predstavljaju primer istog obrasca. Skupovi karakteristični za EBOM koje sastavnice sa slike 1. opisuju se:

$$\{\langle 1, 21, 1, * \rangle, \langle 1, 34, 2, * \rangle, \langle 1, 43, 3, * \rangle\}$$

$$\{\langle 11, 21, 1, * \rangle, \langle 11, 34, 2, * \rangle, \langle 1, 42, 3, * \rangle\}$$

dok je na slici 2, dat je opšti obrazac tipa $1 \rightarrow n$.



Slika 2: Modularna sastavnica tipa $1 \rightarrow n$

Opšti je zato što se kao podređeni i nadređeni javljaju nepostojeći (popularnije virtuelni) elementi. Skup karakterističan za EBOM za sastavnicu sa slike 2. je:

$$\{\langle 99999, 99998, 1, * \rangle, \dots, \langle 99999, 99999 - n + 1, n - 1, * \rangle, \langle 99999, 99999 - n, n, * \rangle\}$$

Metodologija obrazovanja podrazumeva da su formirani uopšteni obrasci čiji je primer dat na slici 2. Na žalost, moraju se formirati svi obrasci za koje korisnici koji se doobrazuju imaju potrebu. Preciznije, mora se oformiti skup obrazaca:

$$\{1 \rightarrow 2, 1 \rightarrow 3, \dots, 1 \rightarrow n\}$$

3. KOPIRANJE

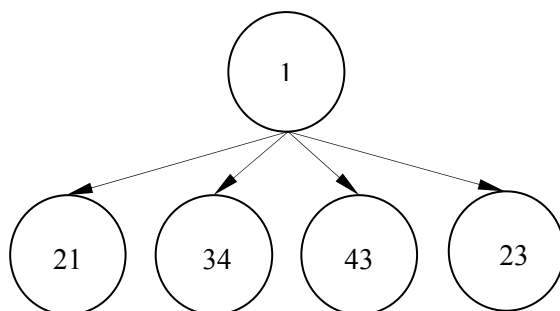
U trenutku kada ne postoji ni jedna realna modularna sastavnica, moraju postojati sastavnice opštih obrazaca, koje su date u prethodnom skupu. Na osnovu njih se formiraju prve realne modularne sastavnice i to odgovarajućim kopiranjem [3]. Koje je kopiranje u pitanju? Ne gubeći opštost za navedeni početni slučaj, definišu se sledeća kopiranja:

- kopiranje $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n$
- kopiranje $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n - 1$
 - $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n - 1$ gde nestaju 1 ili n
 - $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n - 1$ gde nestaju 2..n-1
- kopiranje $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n + 1$
 - $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n + 1$ gde se dodaje 1 ili n+1
 - $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n + 1$ gde se dodaje 2..n-1

Uočljivo je da se kopiranje sa smanjenjem ili povećanjem broja podređenih posebno definišu, jer zahtevaju posebne načine programiranja. Ako se ne istakne ova posebnost tada se kopiranja mogu definisati na sledeći način:

- kopiranje $1 \rightarrow n$ u $1 \xrightarrow{k} n$
- kopiranje $1 \rightarrow n$ u $1 \xrightarrow{k} n-1$, $k \in \{1, \dots, n\}$
- kopiranje $1 \rightarrow n$ u $1 \xrightarrow{k} n+1$, $k \in \{1, \dots, n+1\}$

gde k označava koji se podređeni menja, gubi ili dodaje. Ne gubeći opštost neka nam je data modularna sastavnica sa slike 3, koju je potrebno iskopirati u odgovarajuću modularnu sastavnicu.



Slika 3: Primer modularne sastavnice tipa $1 \rightarrow 4$ koju je potrebno kopirati u novu sastavnicu

Kako definisati zadatak i pojednostaviti obuku korisnika u postupku obuke za kopiranje sastavnica? Pokazalo se da modularnu sastavnicu korisnici pamte po nadređenom elementu i njenom tipu [5]. Na primer, modularna sastavnica sa slike 3, pamti se kao generatorska uređena trojka:

$$\langle 1, 1 \rightarrow 4, * \rangle$$

gde je na prvom mestu nadređeni element, na drugom tip sastavnice, dok se na trećem nalazi moguća lista promena. U opštem slučaju generatorska uređena trojka je oblika:

$$\langle ident, 1 \rightarrow n, * \rangle$$

Kopiranje se zadaje u sledećem obliku:

$$\left\langle ident_nadredjeni, 1 \rightarrow n, \left\langle ident_podredjeni, 1 \rightarrow m \right\rangle \right\rangle$$

Navedimo nekoliko primera kopiranja modularne sastavnice sa slike 3. uz detaljnija objašnjenja predložene notacije.

3.1. Kopiranje $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n$

Neka je potrebno dobiti novu modularnu sastavnicu od sastavnice sa slike 3. Jasno je da najjednostavnija kakva promena zahteva definisanje novog nadređenog, na primer:

$$F_1 = \langle 1, 1 \rightarrow 4, \langle 11, 1 \rightarrow 4 \rangle \rangle$$

ako se pri tome promeni i bar jedan podređeni tada je na primer:

$$F_2 = \left\langle 1, 1 \rightarrow 4, \left\langle 11, 1 \xrightarrow{k} 4, k \in \{ \langle 1, 21, 211 \rangle, \langle 3, 43, 48 \rangle \} \right\rangle \right\rangle$$

Odakle se za modularnu sastavnicu sa slike 3, koja definiše EBOM skup:

$$S = \{ \langle 1, 21, 1, * \rangle, \langle 1, 34, 2, * \rangle, \langle 1, 43, 3, * \rangle, \langle 1, 23, 4, * \rangle \}$$

dobija:

$$F_1(S) = \{ \langle 11, 21, 1, * \rangle, \langle 11, 34, 2, * \rangle, \langle 11, 43, 3, * \rangle, \langle 11, 23, 4, * \rangle \}$$

$$F_2(S) = \{ \langle 11, 211, 1, * \rangle, \langle 11, 34, 2, * \rangle, \langle 11, 48, 3, * \rangle, \langle 11, 23, 4, * \rangle \}$$

3.2. Kopiranje $1 \rightarrow n$ u $1 \rightarrow n+1$

Neka je zadato sledeće kopiranje:

$$F_3 = \left\langle 1, 1 \rightarrow 4, \left\langle 11, 1 \rightarrow 6, k \in \{ \langle 2, *, 211 \rangle, \langle 6, *, 48 \rangle, \langle 5, 23, 44 \rangle \} \right\rangle \right\rangle$$

tada se skup S preslikava u:

$$\begin{aligned} F_3(S) &= \{ \langle 11, 21, 1, * \rangle, \langle 11, 211, 2, * \rangle, \langle 11, 34, 3, * \rangle, \langle 11, 43, 4, * \rangle, \langle 11, 23, 5, * \rangle \}^{(2, *, 211)} \\ &= \{ \langle 11, 21, 1, * \rangle, \langle 11, 211, 2, * \rangle, \langle 11, 34, 3, * \rangle, \langle 11, 43, 4, * \rangle, \langle 11, 23, 5, * \rangle, \langle 11, 48, 6, * \rangle \}^{(6, *, 48)} \\ &= \{ \langle 11, 21, 1, * \rangle, \langle 11, 211, 2, * \rangle, \langle 11, 34, 3, * \rangle, \langle 11, 43, 4, * \rangle, \langle 11, 44, 5, * \rangle, \langle 11, 48, 6, * \rangle \} \end{aligned}$$

4. ZAKLJUČAK

Formiranjem modularnih, dvonivovskih, sastavnica se formiranje hijerarhijske sastavnice pojednostavljuje, ali se istovremeno postupak usložnjava. Osnovni razlog leži u dve činjenice, da se hijerarhijska sastavnica mora na odgovarajući način razložiti, i da dobijene modularne, dvonivovske, sastavnice mogu učestvovati u više hijerarhijskih sastavnica. O svemu ovome odgovarajući programi vode računa. Edukacija korisnika zasniva se na upoznavanju i objašnjavanju dva pojma. Prvi se odnosi na sastavnicu tipa $1 \rightarrow n$ i definisanje opšteg obrasca povezanog za navedeni tip sastavnice. Drugi se odnosi na kopiranje sastavnica. Kopiranje je složeno jer se na jednostavan način prate vrlo složene aktivnosti korisnika.

REFERENCE

- [1] W.M.P. van der Aalst: *On the automatic generation of workflow processes based on product structures*, Computers in Industry, Volume 39, Issue 1, strane 97-111, 1999.
- [2] Kai A. Olsen, Per Sætre, Anders Thorstenson: *A procedure-oriented generic bill of materials*, Computers & Industrial Engineering, Volume 32, Issue 1, strane 29-45, 1997.
- [3] Wolfram Wöß: *A Rule-driven Generator for Variant Parts and Variant Bills of Material*, Proceedings of the 8th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA '97), strane 556-561, 1997.
- [4] Ji Guoli, Gong Daxin, Freddie Tsui: *Analysis and implementation of the BOM of a tree-type structure in MRPII*, Journal of Materials Processing Technology, Volume 139, Issues 1-3, strane 535-538, 2003.
- [5] Grupa autora: *Tehnička dokumentacija D.P. "Vatrosprem"*, aktivna tehnička dokumentacija

Radojević, S., Mitrović, Č., Lečić, M., Dondur, N.

EDUCATION OF USERS TO APPLAY EBOM CASE TOOLS

Abstract

There are plenty CASE tools for making Bill of Material. It is clear that defining the procedures for education of users is essential due to creating of Engineering Bill of Material. Above-mentioned procedures are based on the different options for coping of two-level Generic Bill of Material. Definition of these procedures gives us the opportunity to made syntax and semantic assumptions for new descriptive programmed language.

Keywords: BOM, EBOM, CASE, education, methodology.



P.B. Petrović¹, R. Veljković², B. Ilić³, Ž. Spasić¹, M. Pilipović¹,
Ž. Jakovljević¹, K. Herman¹ i J. Radulović²

**REVITALIZACIJA I INFORMACIONA INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U
CILJU PODIZANJA KONKURENTNOSTI TRAYAL KORPORACIJE NA
MEDJUNARODNOM TRŽIŠTU – REZULTATI ISTRAŽIVAČKO-RAZVOJNIH
AKTIVNOSTI NA PROJEKTU TR-6362A U 2006. GODINI**

Rezime

U okviru ovog rada izloženi su osnovni rezultati istraživačkih aktivnosti sprovedenih tokom 2006. godine na projektu TR-6362A, na kome zajednički rade Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Trayal Korporacija iz Kruševca i Informatika AD iz Beograda. Ove aktivnosti su realizovane u uslovima svojinske transformacije Trayal Korporacije, što je imalo odraza na obim implementacije razvijenih rešenja. Istovremeno, sistematska istraživanja stanja proizvodnih resursa i analiza savremene tehnologije koja je neophodna za punu tržišnu konkurentnost Trayal korporacije, su u uslovima svojinske transformacije dobila svoj puni značaj u sklopu intenzivnih aktivnosti konsolidacije proizvodnih resursa koje su pokrenute neposredno posle promena.

1. UVOD

Projekat TR-6362A⁴ je trogodišnji projekat koji je u sklopu projekata tehnološkog razvoja Republike Srbije finansijski podržan od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije za period 2005-2007. godina. Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije je prihvatilo izveštaj za istraživačku 2005. godinu i shodno tome je doneta odluka da se nastavi podrška ovog projekta i u narednoj, 2006. godini.

Na projektu TR6362 učestvuje Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, u svojstvu nosioca istraživačko-razvojnih aktivnosti i koordinatora projekta, Trayal Korporacija iz Kruševca, Fabrika teretne i industrijske pneumatike (FTIP), kao korisnik istraživanja i Informatika AD iz Beograda, u svojstvu korisnika istraživanja i tehnološke podrške u delu informacionih tehnologija za oblast automatizacije proizvodnih procesa i poslovanja. 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 programa. Konzorcijum sadrži jednu istraživačko-razvojnu instituciju koja dolazi iz univerzitetske sredine, jednu veliku kompaniju koja poseduje respektivne proizvodne resurse, tradiciju i poslovni potencijal za realizaciju obimnih tehnoloških istraživanja i njihovu implementaciju, i jednu kompaniju iz domena malih i srednjih preduzeća, koja je po pravilu pokretač

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

² Radiša Veljković, dipl. ing., Jovan Radulović, dipl. ing., Trayal korporacija, Kruševac, Miloša Obilića bb.

³ Biserka Ilić, dipl. ing., Informatika AD, Beograd, Jevrejska 32, beca@infopl.net.

⁴ U okviru ovog rada saopštavaju se rezultati istraživanja koja se sprovode na projektu TR-6362A: Revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa u cilju podizanja konkurentnosti Trayal korporacije na međunarodnom tržištu, koji finansijski podržava Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

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

2. PREGLED ISTRAŽIVAČKIH AKTIVNOSTI U 2006. GODINI

Osnovni cilj projekta je razvoj metodologije za sistematsko praćenje, revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa jedne velike kompanije u cilju podizanja njene tehnološke spremnosti za egzistenciju na međunarodnom tržištu.

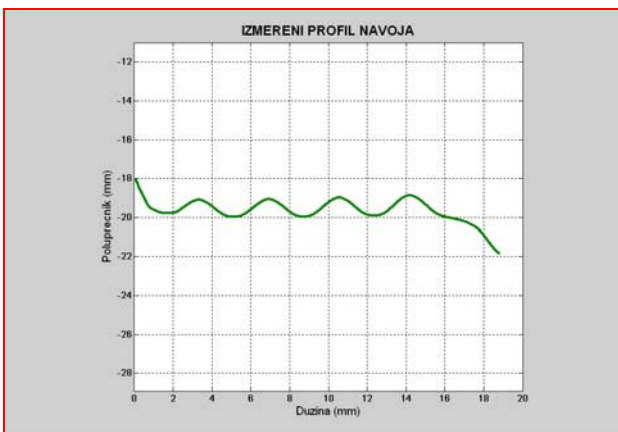
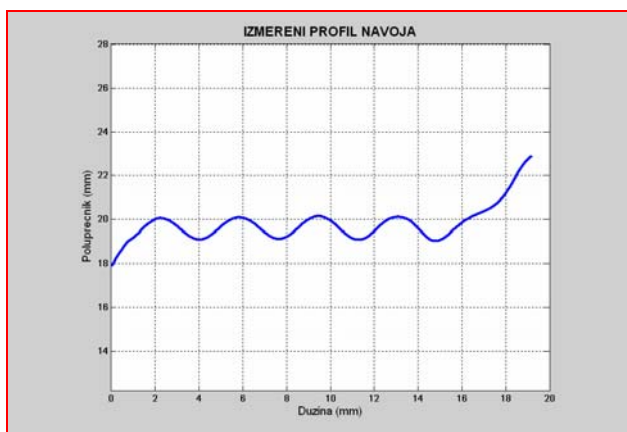
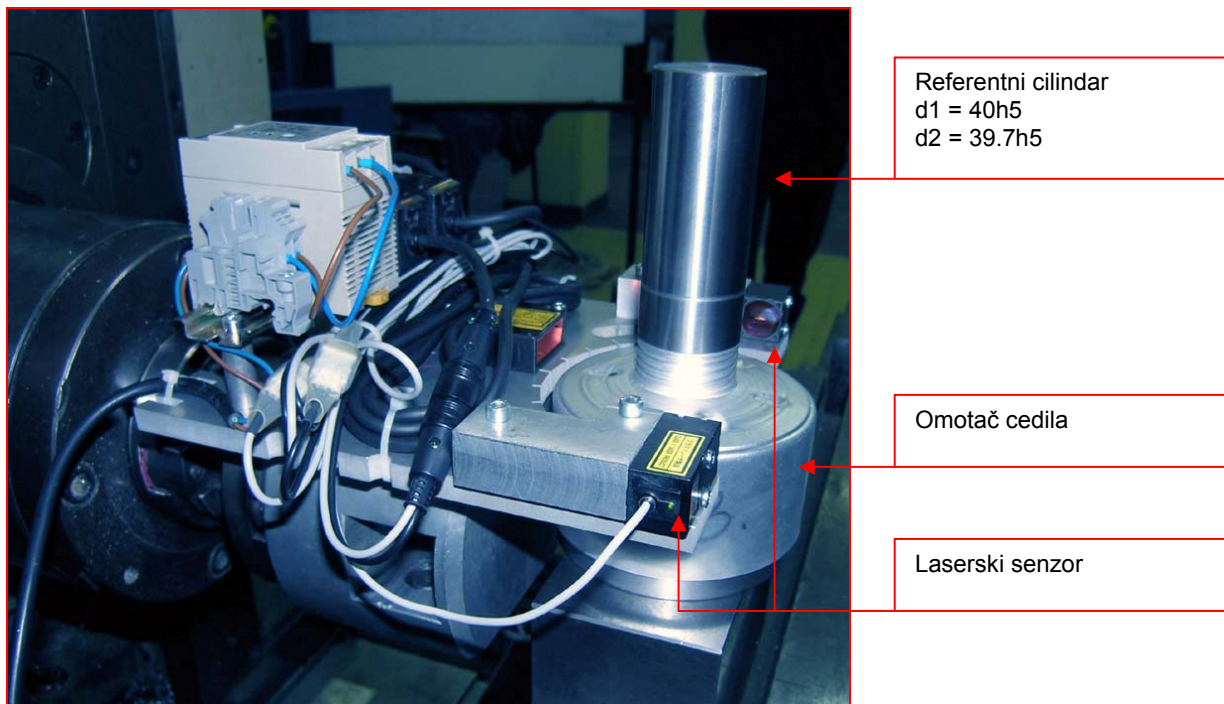
Planom za 2006. godinu predviđene su sledeće istraživačko razvojnih aktivnosti koje su grupisane u tri celine:

1. Revitalizacija tehnologije ekstruzije elastomera
 - a. Aktivnosti planirane prvenstveno u okviru Fabrike teretne i industrijske pneumatike, uz ambiciju proširenja ovih aktivnosti na čitavu Trayal korporaciju.
 - b. Planirana su istraživanja medjuzavisnosti procesnih parametara, kvaliteta proizvoda, produktivnosti i energetske efikasnosti u kontekstu izbora jedne od dva konkurentna tehnološka pristupa – tehnologija toplog i tehnologija hladnog hranjenja, koji paralelno egzistiraju u oblasti gumarstva, uz činjenicu da među vodećim svetskim proizvođačima pneumatika nema jasnog opredeljenja po ovom pitanju.
 - c. Revitalizacija i sistemsko rešavanje problema na kritičnim proizvodnim linijama koje su prepoznate kroz sistematsku analizu sprovedenu u prethodnoj istraživačkoj godini. U kontekstu prethodnog planiran je reinženjering ekstrudera Francis Shaw D250 kao ključne mašine za izradu protektorskih profila najvećeg preseka u okviru Trayal korporacije.
 - d. Pokretanje aktivnosti razvoja laserskog mernog sistema za skeniranje poprečnog preseka protektora u toku procesa njegove proizvodnje i stvaranje metrološke platforme za modernizaciju kopletnje linije uvođenjem sistema automatskog upravljanja režimom ekstrudiranja i radom transportnog sistema na bazi ovih senzorskih informacija.
2. Izgradnja integrisanog informacionog sistema pogona vulkanizacije
 - a. Aktivnosti planirane prvenstveno u okviru Fabrike teretne i industrijske pneumatike, ko kritične tačke tehnologije ekstrudiranja u okviru kompletne Trayal korporacije.
 - b. Modernizacija sistema atomatskog upravljanja procesom vulkanizacije na tipičnom reprezentu vulkanizacione prese u okviru FTIP
 - c. Razvoj bezžičnog sistema umrežavanja i akvizicionog sistema na nivou kompletnog pogona vulkanizacije FTIP
 - d. Razvoj informacionog sistema pogona vulkanizacije i SCADA sistema za vizuelizaciju i praćenje stanja ukupne proizvodne opreme pogona vulkanizacije
 - e. Implementacija 3d digitalnog grafičkog modela pogona kao MMI podsistema u okviru SCADA sistema
 - f. Razvoj odgovarajućih servisa za pristup SCADA sistemu pogona vulkanizacije preko Interneta.
 - g. Razvoj modula za praćenje i upravljanje angažovanih energetskih resursa.
3. Kontinualna edukacija kroz jačanje sprege Univerzitet – Fabrika
 - a. Serija stalnih seminara posvećenih osavremenjavanju specifičnih znanja iz oblasti tehnologije prerade elastomera
 - b. Primena savremenih multimedijalnih tehnologija i Internet tehnologija u edukaciji i osavremenjavanju znanja
 - c. Razrada koncepta kontinualnog obrazovanja kao pokretača inovacione spremnosti kompanije.

Ovako ambiciozno postavljen plan nije naišao na pogodne uslove za njegovu realizaciju zbog specifičnog statusa Trayal korporacije tokom 2006. godine. To je bila godina promene vlasničke strukture i svi raspoloživi resursi su bili usmereni samo u dva pravca: održavanje redovne proizvodnje na postojećem nivou (što je delimično ostvareno) i 2) aktivnosti vezane za privatizaciju. Sve aktivnosti koje su zahtevale praktičnu implementaciju, a koje su povezane sa ulaganjima u opremu i usluge eksternih partnera, bile su

blokirane. Aktivnosti koje su podrazumevale istraživanje, projektovanje i edukaciju su sprovedene prema postavljenom planu.

Mašinski fakultet je sledeći potrebe Trayala vezane za plasman sredstava za ličnu zaštitu na američko tržište pružio odgovarajuću podršku u podizanju kvaliteta proizvoda. Mada ove aktivnosti nisu bile planirane, razvojem i realizacijom odgovarajućeg test stola i primenom laserskih senzora sa optičkom zavesom, merenja su sprovedena u Zavodu za mašine alatke. Na osnovu ovih merenja izvršene su odgovarajuće korekcije alata i tehnoloških režima rada opreme za valjanje navoja. Ovako dobijeni proizvodi su zadovoljili rigorozne testove geometrije specijalnog kružnog navoja koji su sprovedeni u akreditovanoj laboratoriji u USA, a koja je izabrana od strane odgovarajućih vojnih institucija USA. Na slici 1 prikazana je fotografija ove merne instalacije i skenirani podužni presek profila navoja iz koga je daljom obradom izdvojen obiman skup geometrijskih parametra (spoljašnji, kinematski i unutrašnji prečnici i njihovi statistički pokazatelji varijacije, varijacije koraka, ovalnost navoja, ortogonalnost, koničnost, ...).

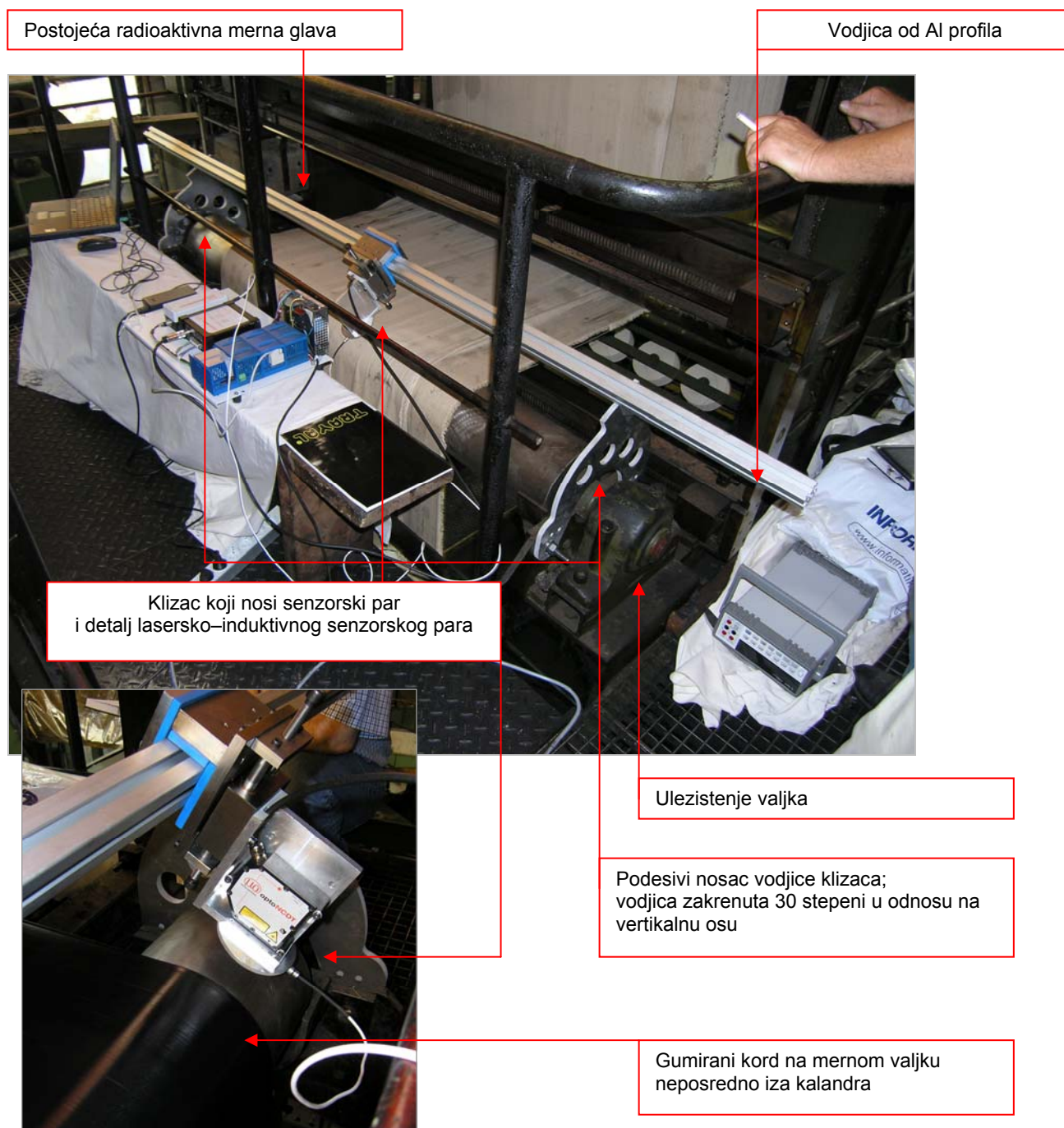


Slika 1: Fotografija laserske merne opreme za ispitivanje geometrije priključnog navoja cedila zaštitne maske; primer zapisa skeniranog podužnog preseka navojnog dela cedila.

Takodje, Mašinski fakultet je sledeći potrebe Informatike i Trayala sproveo ekstenzivne istraživačko razvojne aktivnosti u oblasti kalandriranja gumiranog korda i to u delu specijalne opreme za merenje debljine i teksture poprečnog preseka. Sve ove aktivnosti su sprovedene u sklopu jednog drugog projekta čiji je nosilac kompanija Informatika, a koji se odnosi na razvoj specijalnog laserskog mernog sistema za merenje

debljine gumiranog korda na liniji za kalandriranje tekstilnog korda za potrebe proizvođača pneumatika AMTEL Voltair, Volgograd, Rusija.

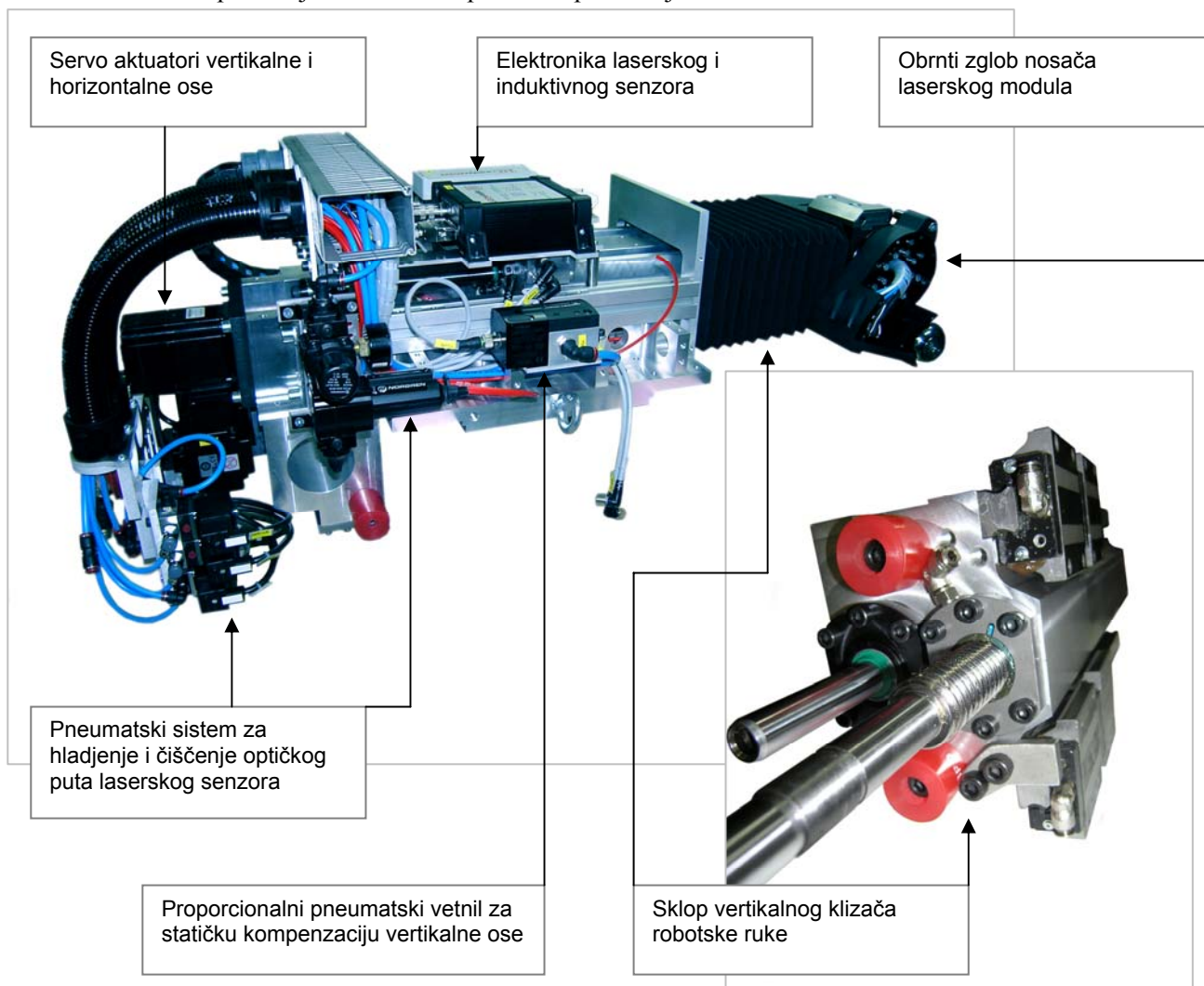
Raspoloživost linije za kalandriranje u Trayal korporaciji predstavljao je izuzetnu pogodnost za sprovođenje eksperimentalnih merenja u realnim industrijskim uslovima. Ovo je posebno značajna činjenica zbog toga što sirova (nevulkanizirana) guma vrlo brzo menja svoja optička svojstva i što se specifična isparavanja kao i povišena temperatura vrlo teško mogu oponašati u laboratorijskim uslovima. Ovde treba dodati i uticaj vibracija, koje dolaze od kalandra, a njihovo prisustvo ima uticaj na tačnost merenja. Na slici 2 je prikazana test instalacija lasersko-induktivnog mernog sistema razvijenog i instalisanog za ove potrebe na kalandru francuskog proizvođača Repiquet.



Slika 2: Test instalacija za eksperimentalna ispitivanja nove generacije lasersko-induktivnih mernih modula razvijenih za projekat AMTEL – Voltair.

U drugoj polovini 2006. godine pokrenute su intenzivne razvojne aktivnosti koje su za svoj konačni rezultat imale proizvod – lasersku mernu stanicu, koja je isporučena partneru u Rusiji decembra 2006. godine. Na Mašinskom fakultetu su sprovedena kritična ispitivanja funkcije pretvaračkog sistema,

koncipiranje ukupnog sistema merne stanice, projektovanje mehaničke, a u Zavodu za mašine alatke izradjene su kritične komponente robotske ruke, montaža i provera njene funkcije. Na slici 3 su prikazane fotografije delova podsklopa robotske ruke i robotska ruka u celini. Robotska ruka poseduje dve servo ose, precizno vodjene prednapregnutim sistemom linearnih ležajeva. Merni modul se hladi i štiti od kontaminacije komprimovanim vazduhom. Takodje, pneumatika je preko odgovarajućeg servo-ventila iskorišćena za kompenzaciju statičke komponente opterećenja vertikalne ose.



Slika 3: Fotografije robotske ruke razvijene i proizvedene na Mašinskom fakultetu za potrebe laserske merne stanice koja je ugradjena na liniji za gumiranje tekstilnog korda AMTEL Voltair, Volgograd, Rusija.

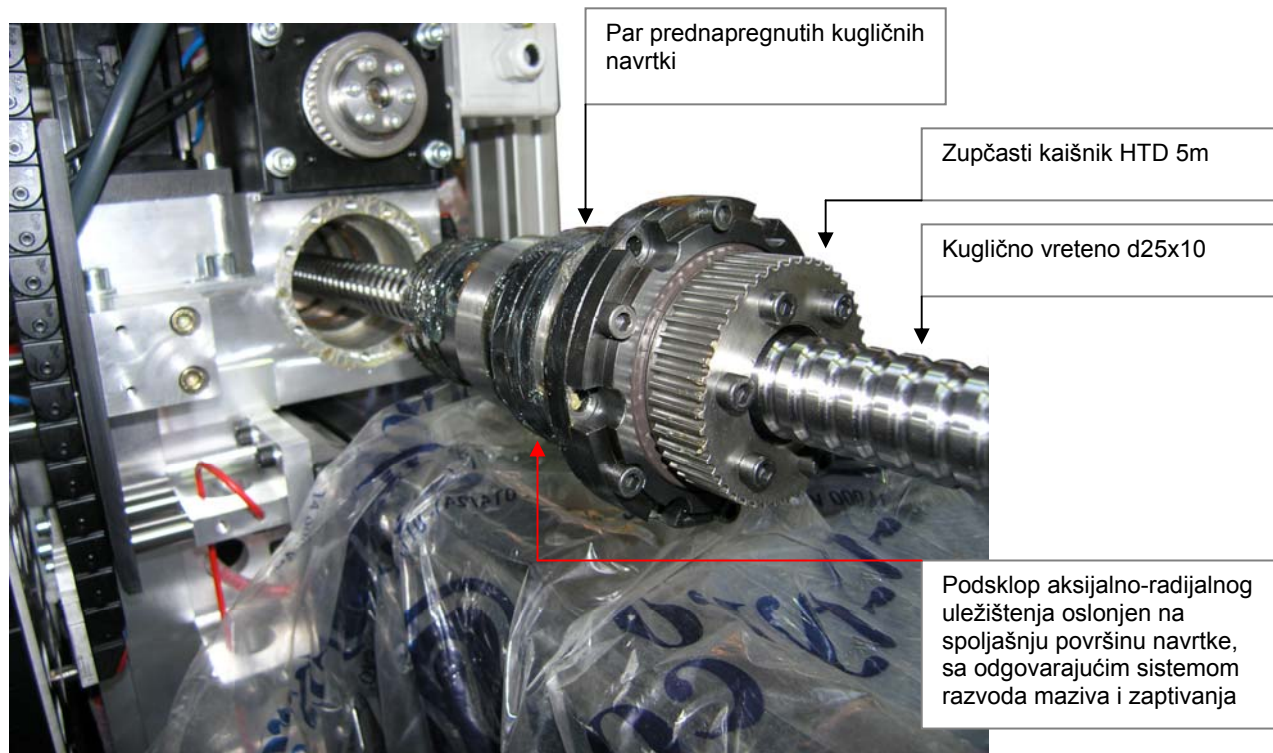
Za potrebe ove merne stanice, razvijeno je vreteno sa obrtnom i aksijalno uležištenom kugličnom navrtkom. Ovakvim rešenjem omogućena je primena vretena malog prečnika, do = 32 mm, u uslovima dugog radnog hoda horizontalne ose, ukupna dužina vretena 2550mm, i nominalnim brojem obrtaja pogonskog motora $n = 3000 \text{ min}^{-1}$. Vreteno je proizvedeno u FRA Čačak po dokumentaciji Mašinskog fakulteta. Konstruktivno rešenje na originalni način razrešava problem podmazivanja obrtne navrtke i sistema njegovog uležištenja. Na slici 4 je prikazano ovo vreteno u trenutku njegove ugradnje u sklop horizontalne pogonske ose robotske ruke.

3. PLAN AKTIVNOSTI ZA 2007. GODINU

Novi kontekst koji je nastao privatizacijom Traylor korporacije zahteva prilagodjavanje paniranih aktivnosti u 2007. godini. Posle perioda organizacione transformacije i konsolidacije ovog složenog sistema, sledi tehnološka konsolidacija proizvodnih celina.

Sistemski pristup u identifikaciji stanja proizvodnih resursa Traylor korporacije i rezultati do kojih se došlo po ovom osnovu u toku 2005. i 2006. godine, pokazali su se vrlo korisnim i novi vlasnik je pokazao veliko interesovanje za intenziviranje ovog projekta, uz dodatno angažovanje Mašinskog fakulteta i pokretanje novih bilateralnih projekata po tematskim celinama definisanih projektom TR 6362A. Posebno su

interesantni projekti koji se odnose na modernizaciju tehnologije ekstruzije i projekat koji se odnosi na modernizaciju tehnologije vulkanizacije na nivou kompletne Trayal korporacije. U oba slučaja se radi o pokretanju višegodišnjih projekata, koji bi se fazno realizovali, pri čemu su kao optimalne identifikovane: FAZA 1 – Hitno rešavanje kritičnih problema, FAZA 2 – Revitalizacija i modernizacija postojećih linija i FAZA 3 – Uvodjenje novih tehnologija i dovodjenje proizvodnih resursa na tehnološki nivo vodećih svetskih proizvođača. Značajno je da se posle privatizacije, novi vlasnik nije distancirao od projekta ovakvog tipa niti od Univerziteta kao partnera u rešavanju tekućih problema kompanije i gradjenja njene budućnosti, već naprotiv, ta saradnja je intenzivirana.



Slika 4: Detalj ugradnje specijalnog rešenja kugličnog vretena za pogon horizontalne ose robotske ruke (proizvedeno u FRA Čačak po dokumentaciji Mašinskog fakulteta).

4. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada dat je pregled planiranih i sprovedenih istraživačko-razvojnih aktivnosti na projektu TR 66362. Sagledano je stanje Trayal korporacije kao ključnog korisnika rezultata, posebno sa aspekta svojinske transformacije koja je sprovedena tokom 2006. godine. Takođe, dat je osnovni okvir aktivnosti za tekuću 2007. godinu.

Reference:

- [1] Izveštaj o sprovedenim istraživačkim aktinostima na na projektu TR-6362A za 2006. godinu, Interna projektna dokumentacija za 2006. godinu.
- [2] Izveštaj o sprovedenim merenjima geometrije priključnog navoja cedila zaštitne maske, Interna projektna dokumentacija, 2006.
- [2] Projekat AMTEL Voltair, Interna projektna dokumentacija i foto arhiva, 2006.

33. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

33rd JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



20. simpozijum

CAD/CAM

Zlatibor, maj 2007.

CAD/CAM

Živković, A., Zeljković, M., Borojev, L. UTICAJ TOPLOTNOG OPTEREĆENJA NA PREDNAPREZANJE KUGLIČNIH LEŽIŠTA SA KOSIM DODIROM.....	2.1
Laković, D., Savićević, S. KONTAKTNA ANALIZA SPOJNIČKOG PRIBORA.....	2.7
Čiča, Đ., Jokanović, S., Lakić-Globočki, G. PRIMJENA KRUŽNE INTERPOLACIJE PRI CNC OBRADI SLOŽENIH POVRŠINA: ISKUSTVA, PROBLEMI, MOGUĆA RJEŠENJA.....	2.12
Pejić, V., Sovilj, B., Mišić, B. ALATI ZA OBRADU REZANJEM U INTEGRACIJI CAD/CAM I CNC.....	2.18
Bojanić, P. NEKI ASPEKTI IZGRADNJE VOKSELSKOG OBLIKA 3D CAD MODELA.....	2.23
Vukićević, M., Miodragović, G., Bjelić, M. СИМУЛАЦИОНО МОДЕЛИРАЊЕ КАО ПОДРШКА ВИРТУАЛНОМ ПРЕДУЗЕЋУ.....	2.29
Pavlović, M. MOGUĆNOSTI NUMERIČKE SIMULACIJE STRUJANJA U INDUSTRIJI.....	2.35
Chioncel, C., Chioncel, P., Gillich, G., Gillich, N. SIMULATION OF THE DYNAMIC BEHAVIOR OF AN ASYNCHRONOUS MACHINE IN SCILAB/SCICOS ENVIRONMENT.....	2.41
Lozanović, J., Lazić, D. СИСТЕМ АУТОМАТСКОГ УПРАВЉАЊА НИВОА ТЕЧНОСТИ ПРОТОЧНОГ РЕЗЕРВОАРА.....	2.47
Motok, M., Simonović, A., Momčilović, N. MODELIRANJE BRODSKIH KONSTRUKCIJA SAVREMENIM SOFTVERSKIM ALATIMA.....	2.53
Stupar, S., Simonović, A., Peković, O., Komarov, D. UTICAJ KONSTRUKTIVNOG REŠENJA ČELIČNOG DIMNJAKA NA NAPONSKO STANJE OKO DIMOVODNIH KANALA.....	2.59
Petrović, Z., Stupar, S., Simonović, A., Stanojević, M. CAD/CAM MODEL KUĆIŠTA GLAVNOG REDUKTORA HELIKOPTERA.....	2.63
Bjelić, M., Vukićević, M., Miodragović, G. МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ СИМУЛАЦИОНИХ МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ШАВА.....	2.67

CAD/CAM - 2. STRANA

← NAZAD

CAD/CAM

Lukić, L., Đapić, M., Kalajdžić, M. INTEGRISANO PROJEKTOVANJE PROIZVODA I TEHNOLOGIJA U USLOVIMA DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE	2.73
Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., Lazarević, I. SOFTVER ZA PRETPROCESIRANJE ULAZA U VEŠTAČKU NEURONSKU MREŽU U SISTEMU ZA TEHNOLOŠKO PREPOZNAVANJE PRIZMATIČNIH DELOVA	2.79
Miloš, P., Davidović, N. MINIMIZACIJA NAPONA POGONSKOG PUNJENJA RAKETNOG MOTORA TIPA ZVEZDA	2.88
Plić, N., Babić, A., Petrović, A. CAD/CAA МОДЕЛОВАЊЕ МОНТАЖНЕ СТРУКТУРЕ ГЛОДАЧКИХ ГЛАВА	2.93
Simonović, A., Živković, R., Stanojević, M., Komarov, D. GEOMETRIJSKO MODELIRANJE I IZRADA 3D MODELA DONJE VILICE	2.99
Lukić, D., Todić, V., Milošević, M. PRILAZ RAZVOJU INTEGRISANOG CAPP SISTEMA ZA IZRADU ALATA ZA BRIZGANJE PLASTIKE	2.103
Slavković, R., Milićević, I. RAZVOJ I CAD/CAM PROJEKTOVANJE ALATA ZA TERMOOBLIKOVANJE AMBALAŽE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI	2.109
Radonjić, S., Mitrović, A. KORIŠĆENJE CRTEŽA URAĐENIH U AUTOCAD-U ZA IZRADU DELOVA NA MAŠINI WATERJET	2.115
Davidović, N., Miloš, P. PROFILISANJE LOPATICE ROTORA TRANSONIČNOG AKSIJALNOG KOMPRESORA TURBOMLAZNOG MOTORA	2.120
Nikšić, P. PRIMENA AUTOCAD-A U CRTANJU ELEKTROINSTALACIONIH SHEMA	2.125
Radosavljević, D., Panić, S., Strugarević, M. MODELIRANJE ALATA ZA PROBIJANJE I PROSECANJE	2.130
M.Hlušcu, P.Tripa, E.Ghita SHORT-TIME AND LONG-TIME MECHANICAL CHARACTERISTICS OF A STEEL WORKING UNDER HIGH TEMPERATURE IN FUNCTION OF TEMPERATURE AND WORKING DURATION	2.134
Prof.dr.eng.P.Tripa, M.Hluscu, E.Ghita THE INFLUENCE OF TEMPERATURE, WORKING TIME AND THE LOADING RATE ABOUT FRACTURE TOUGHNESS OF A THERMORESISTANT STEEL	2.140

CAD/CAM - 1. STRANA

← NAZAD



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

UTICAJ TOPLOTNOG OPTEREĆENJA NA PREDNAPREZANJE KUGLIČNIH LEŽIŠTA SA KOSIM DODIROM

Rezime

Razvoj sklopova glavnih vretena je od izuzetnog značaja za visokobrzinsku obradu, od koje se očekuje povećanje proizvodnosti i istovremeno smanjenje cene proizvoda. Razvoj visokobrzinskih glavnih vretena je u velikoj meri uslovljen razvojem visokobrzinskih ležišta. Ležišta sa keramičkim kuglicama (hibridna ležišta) za uležištenje glavnih vretena imaju minimalni porast temperature uz obezbeđenje dovoljne krutosti glavnog vretena. U ovom radu je data uporedna analiza uticaja toplotnog opterećenja na prednaprezanje i krutost jednorednih kugličnih ležišta sa kosim dodirom sa keramičkim kuglicama (hibridna ležišta) i čeličnim kuglicama (konvencionalna ležišta).

1.0 UVOD

Toplotne i elastične karakteristike sklopa glavnog vretena se menjaju u zavisnosti od različitih uslova kao što su početni zazori sklopa, toplotne deformacije elemenata mašine alatke, uslova obrade i uslova hlađenja. Pri definisanju toplotnog modela sklopa glavnog vretena svakako treba uzeti u obzir kotrljajne elemente, prstenove, vreteno i toplotni fluks koji se prenosi kroz njih. Toplota izaziva promenu kontaktnog pritiska u ležištu, koji se menja i utiče na granične uslove kao što su: razvijena toplota, toplotna kontaktna provodljivost, dinamička krutost, svojstva prigušenja sklopa glavnog vretena itd. Početni preklop stvara početni kontaktni pritisak na dodirnim površinama prstenova. Kako se toplotni gradijent menja duž radijalnog pravca sa vremenom i uslovima obrade dolazi do toplotnih deformacija koje prouzrokuju povećanje prednaprezanje a samim tim i promenu kontaktnog pritiska kao indirektnu posledicu toplotnih deformacija.

2.0 PREDNAPREZANJE LEŽIŠTA USLED TOPLOTNOG OPTEREĆENJE

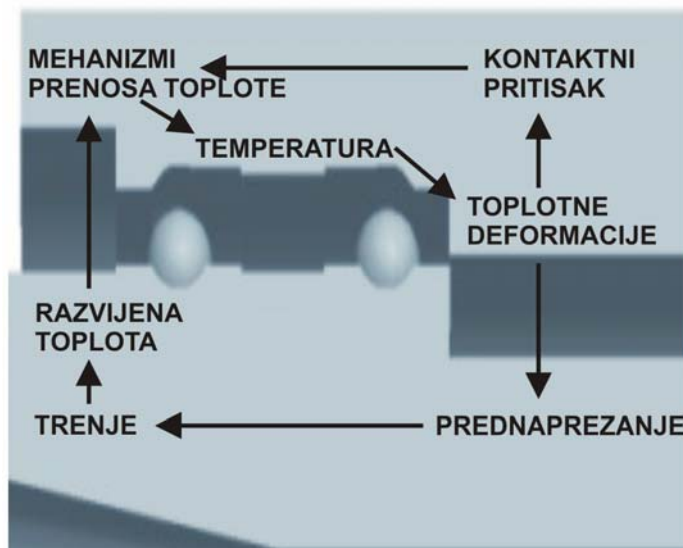
Pri obrtanju glavnog vretena dolazi do promene temperature usled trenja između kotrljajnih tela i staza kotrljanja. Porast temperature utiče na kontaktna opterećenja ležišta i izaziva toplotne deformacije. Ova pojava je posebno izražena kod visokobrzinskih vretena kod kojih dolazi do nagle promene toplotnih deformacija i centrifugalnih sila u početnim fazama rada vretena što ima za posledicu prekomernu promenu pritiska. Razvijena toplota se menja tokom vremena što prouzrukuje toplotne deformacije na kotrljanim telima i prstenovima. Ovakve promene takođe imaju uticaj i na krutost glavnog vretena.

Najčešće se za fiksiranje ležišta za uležištenje glavnih vretena mašina alatki koristi navrtka (ili u poslednje vreme opruge i hidraulični cilindri) koja prisiljava kotrljajna tela da budu u kontaktu sa stazama kotrljanja što prouzrokuje unutrašnje kontaktne sile. Ove kontaktne sile se nazivaju prednapreznja ležišta. Prednapreznja ležišta su određena opterećenjem usled unapred definisanih vrednosti koja se označavaju kao početna prednapreznja i opterećenja usled neravnomernog toplotnog širenja delova ležišta koja se označavaju kao prednapreznja usled toplote [4]. Odgovarajućim početnim prednapreznjima obezbeđuje se povećavanje radnog veka ležišta, smanjenje buke, smanjenje ugla dodira između unutrašnje i spoljašnje staze kotrljanja kod ležišta sa kosim dodirom pri višim brojevima obrtaja [3].

Energije elektromotora se koristi za pokretanje vretena i prelazi u mehaničku, koja se koristi za savladavanje otpora pri rezanju, trenja u ležištima, viskozno trenja od vazduha u ležištu (gubici usled otpornosti vazduha). Ova energija se delimično pretvara u toplotnu energiju.

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

Na pretvaranje energije unutar sklopa glavnog vretena veliki uticaj imaju i drugi parametri. Između ostalog, količina razvijene toplote u ležištu u velikoj meri zavisi od veličine opterećenja. Međutim opterećenje se može promeniti usled toplotnog širenja i konstrukcionog rešenja mehanizma prednaprezanja. Toplotna širenja zavise od razvijene toplote. Različiti uzroci i uticaji koji zavise od toplotnog opterećenja su prikazani na slici 1. Prema zatvorenoj petlji prikazanoj na slika 1. prednaprezanje izaziva trenje u ležištu na osnovu čega dolazi do razvoja toplote, koji može prouzrokovati povećanje kontaktnog pritiska u ležištu preko dozvoljene vrednosti i toplotne kontaktne provodljivost. Povećanje kontaktnog pritiska povećava količinu toplote u ležištu što izaziva toplotne deformacije koje direktno utiču na povećanje sile prednaprezanja.



Slika 1 Toplotno – elastični model zatvorene petlje

Problematikom toplotnog pnašanja sklopa glavnog vretena bavio se veći broj autora, a deo ovih rezulta se navodi u nastavku. Cheng i saradnici u radu [1] su razmatrali uticaj vrednosti prednaprezanja (malo, srednje i veliko) na porast temperature, toplotne deformacije i statičku krutost, pri čemu su konstatovali da povećanjem prednaprezanja od malog ka srednjem dolazi do povećanja radijalne krutosti 20 %. Na osnovu eksperimentalnih rezultata su pokazali da je statička krutost ostaje približno konstantna pri povećanju prednaprezanja sa srednjeg na veliko. Međutim analizom porasta temperature, autori su zaključili da povećanjem prednaprezanja sa srednjeg na veliko, pri 10.000 [o/min], dolazi do prekoračenja dozvoljenog porasta temperature koji je pri ovom ispitivanju iznosio 50 [°C].

Da je prednaprezanje značajan faktor kod visokobrzinskih glavnih vretena pokazuju i istraživanja Chen-a. [2], [3]. Autori su ispitivali uticaj prednaprezanja na porast temperature i aktivno praćenje prednaprezanja ležišta na motor vretenu uležištenom sa hibridnim ležištima. Aktivno praćenje opterećenja ležišta vršeno je putem mernih traka i piezoelektričnih pojačivača. Na osnovu aktivnog praćenja opterećenja (prednaprezanja) autori su došli do saznanja koliko se povećava prednaprezanje sa porastom broja obrtaja, odnosno temperature, pri čemu su konstatovali da se povećanjem temperature za 14 % povećava prednaprezanje ležišta za 18% pri istom broju obrtaja. U radu je konstatovano da povećanjem prečnika vretena na mestu uležištenja raste i temperatura ležišta uz povećanje prednaprezanje. Međutim povećanjem rastojanja između ležišta u jednom osloncu smanjuje se toplotno opterećenje ležišta, ali se takođe smanjuje i krutost sklopa vretena. Zaključak autora je da ako se nađe pravilan odnos između prečnika ležišta i rastojanja između oslonaca smanjiće se dejstvo toplotnog opterećenja na sklop.

Chi, W.L. i saradnici [4] su proučavali uticaj ugrađenog pogonskog elektromotora (motorvretena) kod savremenih visokobrzinskih glavnih vretena na toplotno-mehaničko ponašanje sklopa. Prednost motor vretena je što se izbegavaju elementi za prenos obrtnog momenta kao što su zupčanici i kaišnici. Nasuprot tome zbog ugrađenog rotora motora razvija se velika količina toplote i povećava se vrednost obrtne mase vretena. To zahteva upravljano hlađenje, podmazivanje i balansiranje. Ispitivanja su izvedena na glavnim vretenima sa brojem obrtaja od 10.000-25.000 [o/min]. Autori su toplotni model proširili menjajući krutost ležišta i prednaprezanje pri čemu su konstatovali da porast temperature utiče na promenu sila prednaprezanja i do 44 %. Na taj način su definisali kombinovani toplotno-mehanički model, koji su su analizirali primenom metoda konačnih elemenata.

Cilj analize metodom konačnih elemenata je da se objasni promena dinamičkih karakteristika vretena nakon što dođe do toplotne ekspanzije. Promena temperature pri obrtanju utiče i na promenu geometrije ležišta a samim tim i na prednaprezanje i krutost ležišta. U radu se posebno analizira krutost ležišta pod uticajem centrifugalne sile, neuravnoteženosti i giroskopskih momenata računarskom i eksperimentalnom putem. Krutost kod ležišta sa kosim dodirom prvenstveno zavisi od opterećenja i rasporeda ležišta, pa prema tome autori definišu krutost preko relacije po Wardlu [5→8]. Ova jednačina krutosti predstavlja aksijalnu i radijalnu krutost k_{as} i k_{rs} u funkciji aksijalnog prenaprežanja, prečnika kotrljanog tela (D_b), broja kotrljanih tela (N_b) i ugla dodira (θ). Kao drugi faktor uticaja ovde se razmatra uticaj centrifugalne sile na radijalnu krutost. Kod ležišta sa kosim dodirom, radijalna krutost opada sa povećanjem brzine kada je ugao dodira veći od $8,9^\circ$. Kod većih uglova dodira uticaj broja obrtaja se povećava. Za broj obrtaja od 15.000 [o/min], pri uglu dodira od 40° , smanjuje se radijalnu krutost za 20 [%].

Sun, M. [5], [6] definiše matematički model sklopa glavnog vretena, koji obuhvata izvor toplote promenljiv sa vremenom, kontaktnu provodljivost i prednaprezanje. Za istraživanje uticaja toplotnih deformacija na krutost glavnog vretena, sklop glavnog vretena je definisan tako da su statičke i dinamičke karakteristike predstavljene prema konceptu toplotno-elastične zatvorene petlje. Na ovom modelu je prvo variran kontaktni pritisak u ležištu. Kontaktni pritisak značajno utiče na performanse mašine alatke, i može biti izračunat na osnovu toplotnih i mehaničkih karakteristika kao što su: početni zazor između spoljašnjeg prstena i kućišta i unutrašnjeg prstena i glavnog vretena, izvori toplote i uslovi hlađenja. Dobijeni rezultati se podudaraju sa rezultatima dobijeni proračunom primenom metode konačnih elemenata.

Yeo, S.H i dr. [7] su analizirali uticaj hlađenja na zazor između spoljašnjeg prstena ležišta i kućišta, pri čemu su došli do zaključka da, zazor između spoljašnjeg prstena i kućišta opada jer je promena temperature kućišta sporija nego spoljašnjeg prstena. Kada je hlađenje intenzivnije toplotne deformacije spoljašnjeg prstena su manje, dok se unutrašnji pritisak između kotrljajnih tela i staza kotrljanja povećava. Ovi uzroci mogu uticati i na povećanje prednaprežanja.

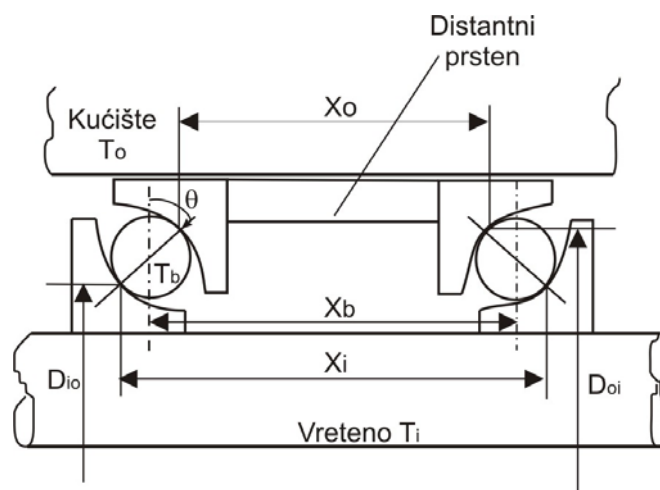
3.0 MATEMATIČKI MODEL ZA ODREĐIVANJE TOPLOTNOG PREDNPREZANJA I KRUTOSTI LEŽIŠTA

U radu se razmatra toplotno prednaprežanje dva tipa ležišta za uležištenje glavnog vretena. Prednaprežanje oba tipa ležišta je ostvareno navrtkom, dok je između ležišta postavljena distantna čaura da bi se obezbedila varijanta uležištenja "O na rastojanju". Karakteristike ispitivanih ležišta su date u tabeli T.1. Matematički model za određivanje toplotnog prednaprežanja je postavljen na osnovu rada [4] i uzma u obzir temperature sklopa glavnog vretena definisane računarskim modeliranjem [10].

Tabela T.1 Karakteristike analiziranih ležišta

Tip ležišta	SKF 7011CDGA	SKF 7011CDGA/HC
Spoljašnji prečnik [mm]	90	90
Unutrašnji prečnik [mm]	55	55
Ugao dodira [°]	15	15
Prednaprežanje nakon montaže [N]	235	237
Aksijalna krutost [N/ μ m]	61,9	56,6
Broj kotrljanih tela	18	18
Prečnik kotrljanih tela [mm]	11,11	11,11

Početne temperature spoljašnjeg prstena/kućišta, unutrašnjeg prstena/vretena, i kotrljanih tela su: T_o^0 , T_i^0 , T_k^0 respektivno. Kada dođe do porasta temperature usled razvijene toplote na ležištima, prstenovi, kotrljana tela i vreteno se šire u aksijalnom i radijalnom pravcu, što rezultira toplotnim prednaprežanjem. Na slici 2. je dat šematski prikaz glavnog vretena i ležišta u prednjem osloncu.



Slika 2 Šematski prikaz vretena i ležišta

Razlika aksijalnog toplotnog širenja vretena i distantnog prstena (Δ_1) se može izračunati iz relacije [4]:

$$\Delta_1 = \alpha_s x_i (T_i^1 + T_i^0) - (T_o^1 + T_o^0) \quad (1)$$

gde je: α_s -koeficijent linearnog širenja vretena i prstena, x_i i x_o - rastojanja kontaktnih tačaka između unutrašnjih i spoljašnjih prstenova, T_i^1 i T_i^0 – temperature na vretenu i distantnom prstenu nakon određenog vremenskog intervala.

Veza između rastojanja x_i i x_o i centra kotrljanih tela „ x_b “ je određena relacijom:

$$x_i = x_b + \frac{1}{2} D_b \sin \theta \quad (2)$$

$$x_o = x_b - \frac{1}{2} D_b \sin \theta \quad (3)$$

Razlika širenja unutrašnjeg i spoljašnjeg prstena u radijalnom pravcu (Δ_2), ako je prečnik ležišta definisan kao na slici 3, se može odrediti kao:

$$\Delta_2 = \frac{1}{2} \alpha_s [D_{io} (T_{ir}^1 - T_{ir}^0) - D_{oi} (T_{or}^1 - T_{or}^0)] \quad (4)$$

gde je: Δ_2 – radijalno širenje unutrašnjeg prstena ležišta; D_{io} – prečnik na mestu kontakta kotrljanog tela i unutrašnjeg prstena (slika 2); T_{ir}^1 i T_{or}^1 – temperatura unutrašnjeg i spoljašnjeg prstena nakon određenog vremenskog intervala.

Toplotno širenje kotrljajnih tela (Δ_3) je definisano sledećom relacijom:

$$\Delta_3 = \alpha_b D_b (T_b^1 - T_b^0) \quad (5)$$

gde je: D_b – prečnik kotrljajnog tela; T_b^1 – temperatura kotrljajnog tela nakon određenog vremenskog intervala.

Ukupna deformacija ležišta u pravcu linije kontakta se dobija iz sledeće relacije, uz pretpostavku da ugao dodira ostaje konstantan, posle toplotnih deformacija.

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \cos \theta - \Delta_3 \sin \theta \quad (6)$$

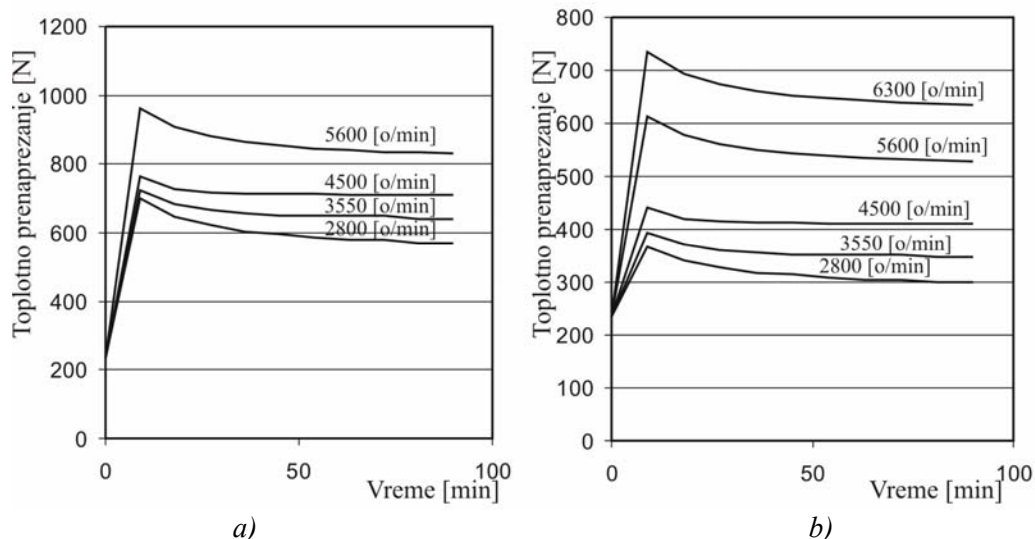
Prednaprezanja prouzrokovano toplotnim opterećenjem se dobija iz relacije:

$$P_{a,t} = k_t \Delta \quad (7)$$

gde je k_t početna krutost ležišta

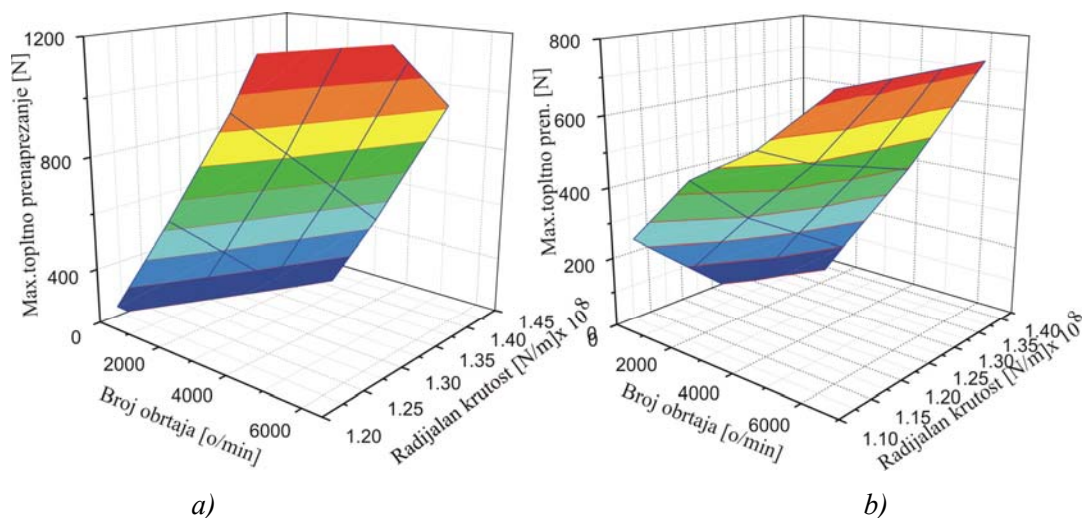
4.0 PRIKAZ REZULTATA TOPLOTNOG PREDNAPREZANJA LEŽIŠTA

Na slici 3 je dat grafički prikaz povećanja prednaprezanja usled različitog toplotnog širenja vretena i kućišta (pinole) određeno na osnovu prethodnih matematičkih zavisnosti. Temperature koje su korišćene u prethodnim relacijama za ove analize su preuzete iz računarskog modeliranja.



Slika 3. Porast toplotnog prednaprezanja u zavisnosti od broja obrtaja za a) konvencionalna i b) hibridna ležišta

Sa slike 3. na osnovu maksimalnog porasta prednaprezanja, se može odrediti promena radijalne krutosti i toplotnog prednaprezanja na prednjem ležištu za različite brojeve obrtaja, što je prikazano na slici 4a i b. Na slici 4a je prikazana promena radijalne krutosti i toplotnog prednaprezanja za ispitivane brojeve obrtaja za konvencionalna ležišta, dok je na slici 4b prikazana promena radijalne krutosti i toplotnog prednaprezanja za hibridna ležišta.



Slika 4. Promena radijalne krutosti u zavisnosti od broja obrtaja i toplotnog prednaprezanja za a) konvencionalna ležišta i b) hibridna ležišta

Na osnovu prethodnih slika se može zaključiti da kod konvencionalnih ležišta, povećanjem broja obrtaja za 50 [%], odnosno povećanjem temperature spoljašnjeg prstena prednjeg ležišta za 45,9 [%], dolazi do povećanja toplotnog prednaprezanja prednjeg ležišta za 71 [%], (sa 235 na 830 [N]) pri čemu dolazi do povećanja radijalne krutosti za 13 [%].

Kod hibridnih ležišta povećanjem broja obrtaja za 50 [%], raste temperatura ležišta za 55 [%], pri čemu dolazi do povećanja toplotnog prednaprezanja ležišta za 61 [%]. Ovo povećanje prednaprezanja izaziva porast krutosti za 11 [%]. Povećanjem broja obrtaja kod hibridnih ležišta za 55 [%], povećava se toplotno prednaprezanje za 67 [%], odnosno radijalna krutost raste za 18 [%].

Na osnovu prethodne analize se može konstatovati da hibridna ležišta imaju manji porast toplotnog prednaprezanja ležišta usled manjih toplotnih deformacija, što je posledica veće toplotne otpornosti na mestu kontakta kotrljajnih tela i prstenova. Veća toplotna otpornost uslovljava manji prezlazak toplote ka vretenu i spoljašnjem prstenu usled čega dolazi do manjih toplotnih deformacija samog ležišta.

5.0 ZAKLJUČAK

Na osnovu vrednosti temperatura dobijenih računarskim modeliranjem na spoljašnjem i unutrašnjem prstenu ležišta, glavnom vretenu, i kućištu (pinoli) izračunat je porast prednaprezanja usled toplotnog širenja pomenutih elemenata sklopa. Računarski model je eksperimentalno verifikovan za pet vrednosti brojeva obrtaja (2800, 3550, 4500, 5600 i 6300 [1/min]). Poređenjem rezultata može se konstatovati da hibridna ležišta imaju manji porast toplotnog prednaprezanja, a samim tim i manji porast krutosti usled toplotnog opterećenja (usled manje količine razvijene toplote), a time i manji porast temperatura na sklopu glavnog vretena. Ovim ustraživanjima je dat odredjeni doprinos razmatranju uticaja temperature na neke karakteristike ležišta kao što su prednaprezanje i radijalna krutost.

6.0 LITERATURA

- [1] Cheng, H.W., Yu, T. K.: A parametric study on oil/air lubrication of a high-speed spindle, Precision Engineering, ISSN 0141-6359, 2005, Vol. 29, Pages 162-167.
- [2] Chen, J. S., Chen, K. W.: Characterizations and models for the thermal growth of a motorized high speed spindle, International Journal of Machine Tools and Manufacture, ISSN 0890-6955, 2003, Vol. 43, Pages 1163-1170.
- [3] Chen, J.S., Chen, K., W.: Bearing load analysis and control of a motorized high speed spindle, International Journal of Machine Tools & Manufacture, ISSN 0890-6955, 2005, Vol. 45, Pages 1487-1493.
- [4] Chi, W. L., Jay, F. T., Kamman, J.: An integrated thermo-mechanical-dynamic model to characterize motorized machine tool spindles during very high speed rotation, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Machine Engineering, ISSN 0890-6955, 2003, Vol. 43, Pages 1035-1050.
- [5] Sun, M. K., Sun, K. L.: Prediction of thermo-elastic behavior in a spindle bearing system considering bearing surroundings, International Journal of Machine Tools & Manufacture, ISSN 0890-6955, 2001, Vol. 41, Pages 809-831.
- [6] Sun, M. K., Kang, J. L., Sun, K. L.: Effect of bearing support structure on the high-speed spindle bearing compliance, International Journal of Machine Tools & Manufacture, ISSN 0890-6955, 2002, Vol. 42, Pages 365-373.
- [7] Yeo, S.H., Ramesh, K., Zhong, Z.W.: Ultra-high-speed grinding spindle characteristics upon using oil/airmist lubrication, International Journal of Machine Tools & Manufacture, ISSN 0890-6955, 2002, Vol. 42, Pages 815-823.
- [8] Zeljković, M.: Sistem za automatizovano projektovanje i predikciju ponašanja sklopa glavnog vretena mašina alatki, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.
- [9] Zeljković, M., Živković, A., Borojević, L.J.: Influence of the bearings configuration on the high-speed main spindle thermal behavior, Machine Engineering, ISSN 1642-6568, Wroclaw, 2005, Vol. 4, Pages 165 - 176.
- [10] Živković, A.: Eksperimentalna i računarska analiza toplotno-elastičnog ponašanja sklopa visokobrzinskog glavnog vretena mašina alatki, Magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.

INFLUENCE THERMAL LOAD ON PRELOAD BEARING BALLS WITH ANGULAR CONTACT

Abstract

Improvement assembly main spindle is very important for high speed machining which are expect increasing productivity and reducing production costs. Development high speed spindle is conditionally development high speed bearings. New bearings with ceramic balls (hybrids bearings) for support main spindle have minimal increasing temperature up ensuring sufficient main spindle stiffness. In this paper is investigation influence thermal load on preload and stiffness bearing with angular contact with ceramic ball (hybrids bearings) and steel balls (conventional bearings).

Napomena: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "Unapređenje sistema tehničke pripreme proizvodnje u uslovima maloseriske proizvodnje primenom savremenih programskih paketa univerzalne namene" broj TR6330A, poržanom od strane Ministarstva za nauku i zaštite životne sredine Republike Srbije.



KONTAKTNA ANALIZA SPOJNIČKOG PRIBORA

Dušan R. Laković¹, Sreten D. Savićević²

¹Kombinat aluminijuma Podgorica, Crna Gora, e-mail: dusanl@cg.yu, telefon: 067/401-228

²Mašinski fakultet u Podgorici, Crna Gora, e-mail: sreto@cg.ac.yu, telefon: 081/245-003

Radom je posmatran zadatak šinske stezaljke. Osnovna funkcija ovog elementa je obezbjeđivanje veze protiv prevrtanja kranskih šina. U radu je prikazan problem određivanja naponskog stanja u elementu primjenom kontaktne analize. Cilj ove analize je da se na bazi konkretnog primjera utvrde razlike u rezultatima dobijenim numeričkom analizom – metodom konačnih elemenata i rezultata eksperimentalne analize. Rezultati numeričke analize su prikazani grafički i numerički. Prikazana je mreža konačnih elemenata, karakteristike modela, naponi i položaj mjernih traka.

Ključne riječi: Kontaktna analiza, eksperimentalna analiza, FEM, šinska stezaljka

UVOD

Računarska podrška u projektovanju elemenata i konstrukcija je često najkraći put za dobijanje slike o veličini i distribuciji napona. Korišćenjem metode konačnih elemenata (FEM) mnogi kontaktni problemi mogu biti riješeni sa relativno velikom tačnošću.

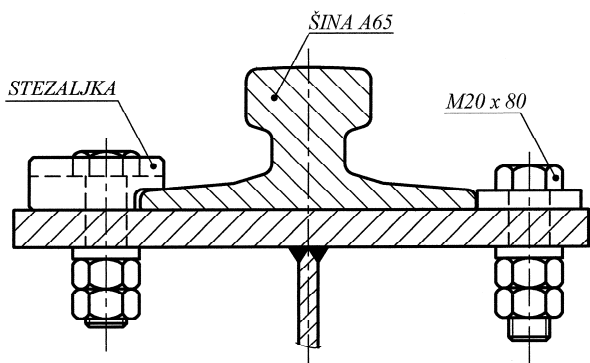
U radu je analiziran model čija numerička rešenja su dobijena metodom konačnih elemenata. Glavno pitanje koje se postavlja je – Zašto se primjenjuje kontaktna analiza za ovakav model? Odgovor na ovo pitanje biće dobijen iz analize koja je tema ovog rada. Za ocjenu njene ispravnosti mogu poslužiti i rezultati eksperimentalne analize koji služe samo kao upoređenje a čije dobijanje nije tema ovog rada.

KONTAKTNA ANALIZA ŠINSKE STEZALJKE

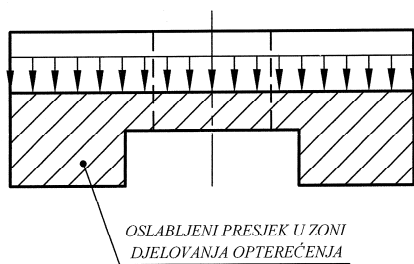
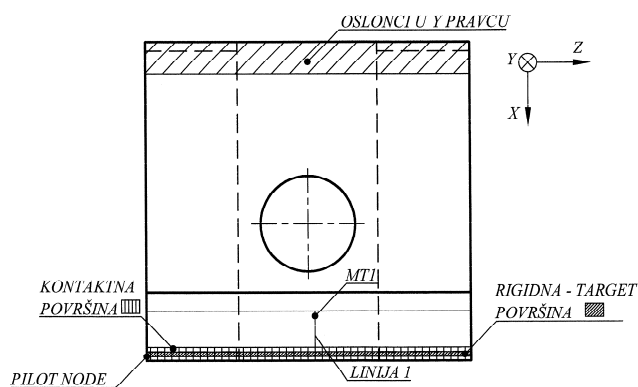
Da bi se modelirao kontakt problem treba identifikovati djelove koji će biti analizirani za njihovu moguću interakciju. Ovaj korak je izuzetno značajan jer se ne zna tačno gdje će se kontakt pojaviti. Za dobru konvergenciju rješenja kontaktne zone treba da budu toliko velike da “zarobe” kontakt.

U problemima koji uključuju kontakt između dvije granice, jedna od njih je definisana kao “target” a druga kao “contact” površina. Svi kontaktni problemi mogu biti podijeljeni u dvije generalne klase: rigid – flexible i flexible – flexible. Pored ove klase tip kontakta može biti: point to point, point to surface i surface to surface. Za rigid – flexible kontakt target površina je uvijek kruta površina a kontaktna površina je deformabilna površina. Ukoliko su svi kontaktni elementi na jednoj površini i svi target elementi na drugoj površini onda kažemo da je to asymmetric kontakt. Ovo je obično najefikasniji način za modeliranje surface to surface kontaktne analize što je i urađeno u ovoj analizi.

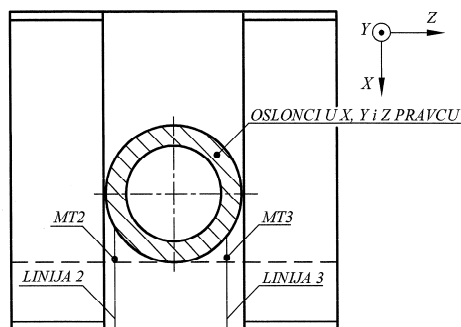
U ovoj analizi kontaktni model je tipa surface to surface i klase rigid – flexible. Osnovna svrha primjene ovakvog kontaktnog modela je dobijanje jednakih pomjeranja u zoni kontakta. Kontaktne elementi su tako postavljeni da se suprostavljaju prodiranju target površina. Nezavisno od ovog target elementi mogu penetrirati kroz kontaktnu površinu. Zbog promjene krutosti poprečnog presjeka u zoni djelovanja opterećenja pomjeranja dobijena statičkom linearnom analizom ne bi odgovarala realnoj slici pomjeranja.



Slika 1. Sklop šine i stezaljke

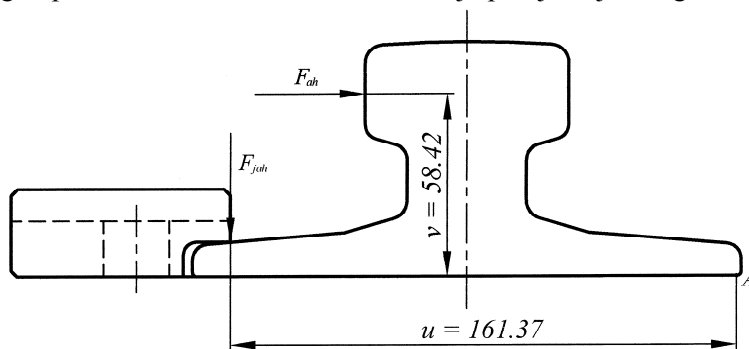


Slika 2. Presjek u zoni opterećenja



Slika 3. Oslonci i kontaktne par sa mjernim trakama

Opterećenje kojem je izložena stezaljka je 11 KN. Ovo opterećenje se prenosi na stezaljku preko linijskog kontakta što je i prikazano na slici 1. Međutim, u okviru analize ovo opterećenje je pomjereno za 1 mm. Svrha ovog je oponašanje opterećenja nanošenog u eksperimentalnoj analizi preko površine koja odgovara položaju i veličini rigid – target površine u kontaktnoj analizi. Ova površina može biti povezana sa pilot node – om koji stvarno predstavlja element čije kretanje upravlja sa kretanjem target površine. Pilot node se može shvatiti kao "ručka" za target površinu. Sile/momenti ili rotacije/pomjeranja mogu biti dodijeljena target površini preko ovog čvora (elementa). Položaj pilot node može biti definisan: centrom mase target površine, postojećom tačkom, postojećim čvorom, lokacijom u koordinatnom sistemu ili kreacijom ekstra čvora. Položaj pilot node je bitan samo kada se nanose momenti ili rotacije. U ovoj analizi opterećenje je nanijeto preko pilot node koji je povezan sa postojećom tačkom na target površini (Slika 3.).



Slika 4. Bočno opterećenje na šini

$$\sum M_A = 0, \text{ Pretpostavka - šina je apsolutno kruta}$$

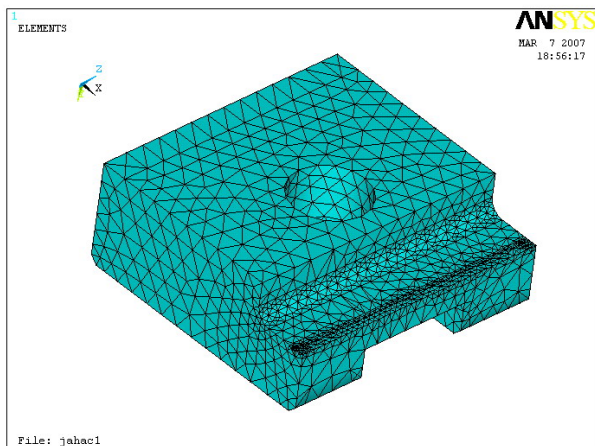
$$F_{jah} \cdot u - F_{ah} \cdot v = 0$$

$$F_{jah} = \frac{v}{u} \cdot F_{ah}, F_{ah} = 30.4[\text{KN}]$$

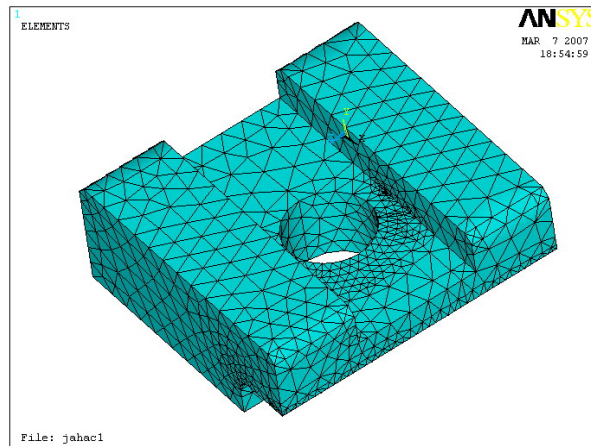
$$F_{jah} = 0.3621 \cdot F_{ah}$$

$$F_{jah} = 11[\text{KN}] - \text{opterećenje šinske stezaljke}$$

Šinska stezaljka je modelirana korišćenjem 3D solid tetraedarskih konačnih elemenata sa 10 čvorova (SOLID92 - Ansys) i tri stepena slobode po čvoru. Mreža konačnih elemenata je napravljena sa većom gustinom u zoni kontakta.



Slika 5. Mreža elmenata



Slika 6. Mreža elemenata u zoni otvora

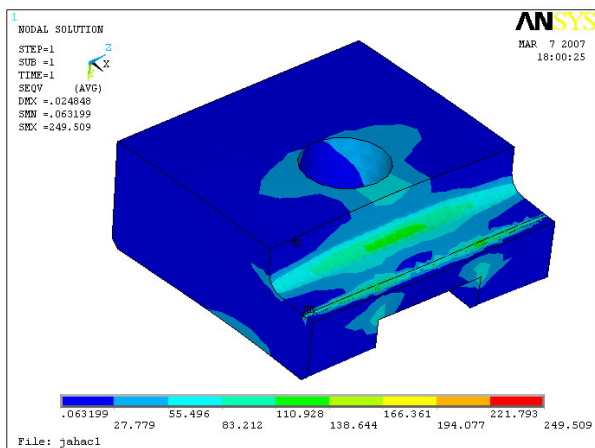
Ansys softverski paket nudi više tipova kontaktnih metoda (Penalty method, Augmented Lagrangian method, Pure Lagrange multiplier method, Internal multipoint constraint – MPC) i sa njima je moguće modeliranje različitih kontaktnih situacija kao što su penetracija, mogućnost/nemogućnost razdvajanja i velike/male kontaktne deformacije. Za analizu ovog modela korišćena je Augmented Lagrangian metoda koja predstavlja iterativnu seriju Penalty metoda. Kontaktne traccije (pritisak i naponi trenja) su povećavani tokom ravnotežnih iteracija tako da je finalna penetracija manja u odnosu na dozvoljenu. Augmented Lagrangian metoda je manje osjetljiva na veličinu kontaktne krutosti.

Kontaktни zadatak ima 17 598 3D solid92 tetraedarskih elemenata, 50 target170 i 306 conta174 kontaktnih elemenata. Model je opisan sa 26 971 čvorova i 79 478 stepeni slobode.

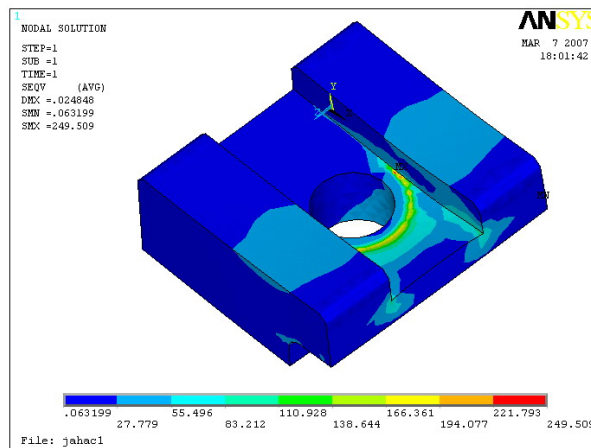
REZULTATI KONTAKTNE ANALIZE

Izračunate vrijednosti napona i deformacija daju osnovu za ocjenu tačnosti rezultata kontaktne analize. Za ovu ocjenu će poslužiti i rezultati eksperimentalne analize.

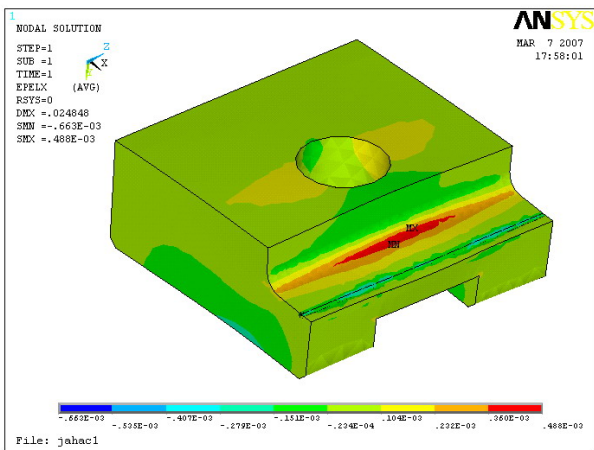
Pravci mjerenja deformacija u kontaktnoj analizi odgovaraju pravcima mjerenja deformacija u eksperimentu, za sve mjerne trake ponaosob. Vrijednosti deformacija su određene interpolacijom kroz čvorove koji pripadaju linijama 1, 2 i 3 a kojim pripadaju mjerne trake 1, 2 i 3 (Slika3).



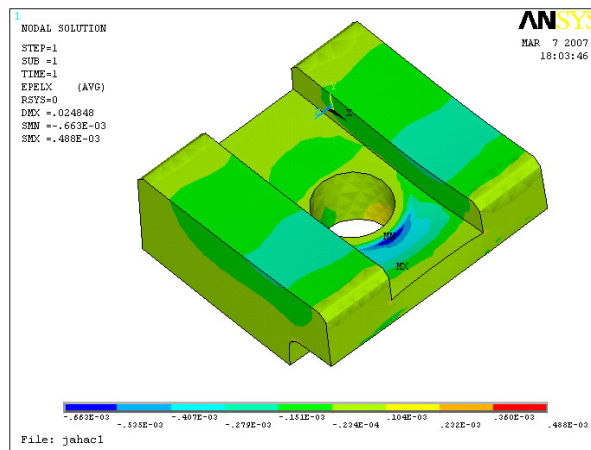
Slika 7. Von Mises – ovi naponi



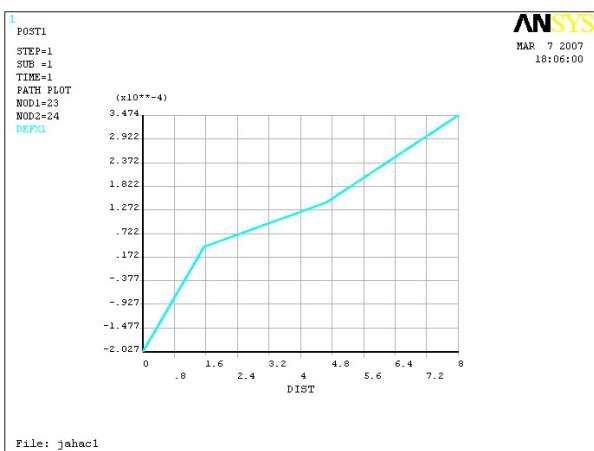
Slika 8. Von Mises – ovi naponi u zoni otvora



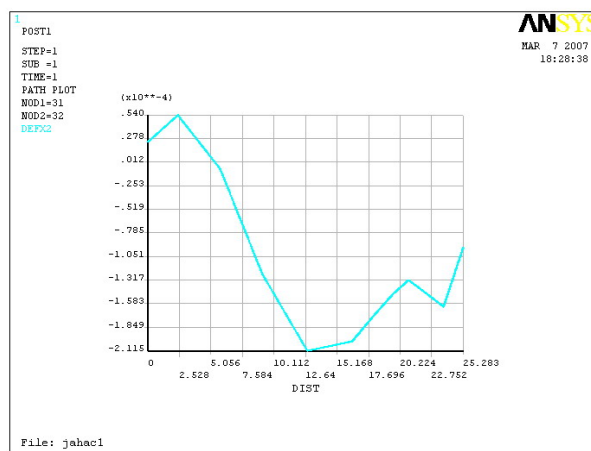
Slika 9. Deformacije u x pravcu



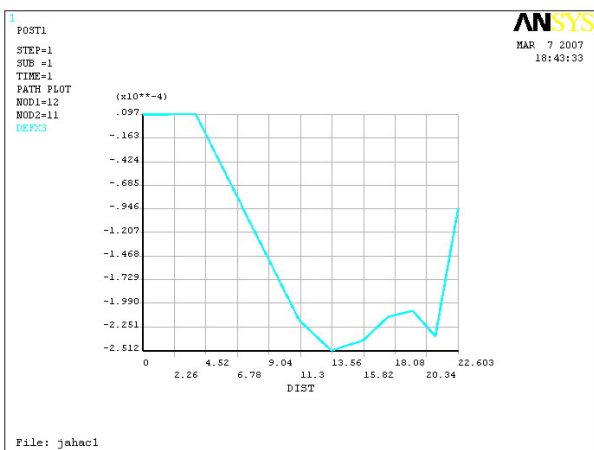
Slika 10. Deformacije u x pravcu u zoni otvora



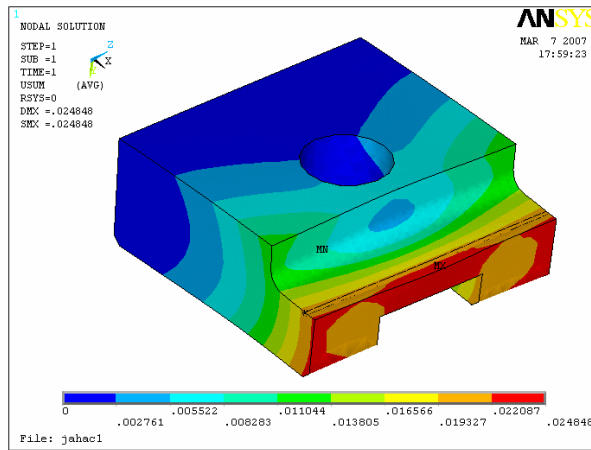
Slika 11. Deformacije u x pravcu za mjernu traku 1



Slika 12. Deformacije u x pravcu za mjernu traku 2



Slika 13. Deformacije u x pravcu za mjernu traku 3



Slika 14. Totalna pomjeranja

Za ocjenu rezultata analiza u inženjerskoj praksi mogu poslužiti dva kriterijuma i to: Misesov i Treskin. Međutim, ni jedan ni drugi nijesu ni približno potpuno zadovoljavajući kriterijumi iako se Misesov kriterijum bolje slaže sa eksperimentalnim rezultatima. U ovom cilju, za ocjenu distribucije i veličine napona uzet je Mises – ov kriterijum s obzirom na očekivano elastično ponašanje gdje je najveći dio energije, unijet opterećenjem, korišćen za geometrijsko deformisanje.

S obzirom da je u elementu prisutno trodimenziono (prostorno) naponsko stanje, određivane su vrijednosti deformacija u x pravcu (pravac mjerenja deformacija u eksperimentu). Numerička analiza je urađena za opterećenja koja su data u tabeli 1.

Materijal stezaljke je Č0561 ($\sigma_T = 345 \text{ N/mm}^2$, $E = 206000 \text{ N/mm}^2$, $\nu = 0.3$).

Opterećenje u [N]	Naponi u [N/mm^2]					
	Mjerna traka1	Mjerna traka2	Mjerna traka3	Mjerna traka1	Mjerna traka2	Mjerna traka3
2518.508	16.7764	-10.2439	-14.6126	15.1615	-9.7241	-11.4964
5025.167	29.3117	-19.0791	-26.5873	30.2517	-19.4023	-22.9386
7000.667	37.7345	-25.6081	-35.3722	42.1443	-27.0297	-31.9563
9013.144	46.8141	-32.9296	-45.0445	54.2595	-34.7999	-41.1427
10953.51	59.5773	-39.7719	-55.2629	65.9406	-42.2918	-50.2455
Eksperimentalni rezultati				Numerička analiza Ansys – om		

Tabela 1. Upoređenje eksperimentalnih i numeričkih rezultata

ZAKLJUČAK

Iz tabele su uočljiva neslaganja rezultata koja su najviše izražena kod mjerne trake broj 1. S obzirom da se mjerna traka nalazi u zoni koncentracije napona i mala varijacija položaja (izmjerena vrijednost položaja mjerne trake) utiče na tačnost numeričkih rezultata. Ovo isto tako važi i za ostale mjerne trake kod kojih je ova pojava manje izražena. Na rezultate svakako utiču i druge pojave koje nijesu modelirane u okviru kontaktne analize a koje se pojavljuju pri eksperimentalnoj analizi kao što su trenje i klizanje na osloncima stezaljke, deformacije elemenata alata (smanjuje se veličina energije unijete opterećenjem u stezaljku) za ispitivanje i sl. Jasno je da upoređenjem numeričkih i eksperimentalnih rezultata ne možemo govoriti o njihovom poklapanju već o veličini neslaganja. Veličina opterećenja iz tabele 1. odgovara koracima opterećenja iz eksperimenta. Ova analiza je primijenjena sa ciljem određivanja napona u tačkama koje odgovaraju položaju mjernih traka.

Ocjena veličine napona određena je Von Mises – ovim naponima. Iako su ovi naponi u zoni dozvoljenog, za zadati materijal, postoji mogućnost optimizacije geometrije (mase). Smanjenjem dubine žlijeba povećava se krutost stezaljke a samim tim i mogućnost smanjenja ostalih dimenzija. U ovom radu je pokazano da metod konačnih elemenata ima nezamjenljivu ulogu pri simulaciji kontakta.

LITERATURA

1. ANSYS – Release 8.0, Theory reference
2. Vlado A. Lubarda – Otpornost Materijala, Titograd, 1989. godine
3. Miodrag Sekulović – Metod konačnih elemenata, Građevinska knjiga, Beograd 1984. godine
4. Larry J. Segerlind – Applied Finite Element Analysis, John Wiley & Sons, inc.

CONTACT ANALYSIS OF RAIL CLIP

The paper deals with rail clip. The main function of this element is providing relationship against turning rails. This paper is representing problem of finding stress state in the element with contact analysis. The purpose of this analysis is to identify differences in the results on actual examples which are based on the results of the finite element method (FEM) and experimental analysis. The results of numerical analysis are given graphically and numerically. The finite element meshes, model properties, stresses and position of gages are shown.

KeyWords: Contact Analysis, Experimental Analysis, FEM, rail clip

Đ. Čiča¹, S. Jokanović², G. Lakić-Globočki³

PRIMJENA KRUŽNE INTERPOLACIJE PRI CNC OBRADI SLOŽENIH POVRŠINA: ISKUSTVA, PROBLEMI, MOGUĆA RJEŠENJA

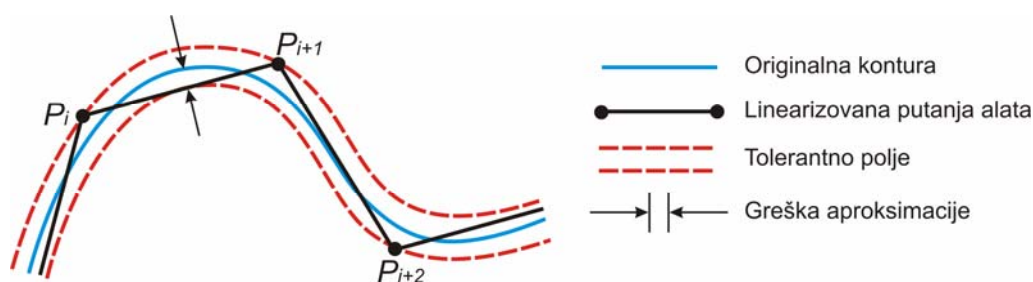
Rezime: Konvencionalno programiranje putanje alata pri CNC obradi složenih površina odvija se na način da CAD/CAM sistem analizira geometriju površine, a zatim definiše putanju alata aproksimirajući krive sa površine pravolinijskim segmentima. Sa ciljem ublažavanja nedostatka ovakvog načina obrade razvijen je algoritam za generisanje putanje alata koja je sastavljena od tangencijalnih kružnih lukova. U radu su prezentovana iskustva, problemi, kao i moguća rješenja do kojih se došlo prilikom razvoja i implementacije ovog algoritma.

Cljučne riječi: CAD/CAM, $G^{(1)}$ putanja alata, CNC.

1. UVOD

Najjednostavniji vid aproksimacije krive linije je aproksimacija linijom sastavljenom od pravolinijskih segmenata. Za visoku tačnost aproksimacije potreban je velik broj linearnih segmenata. Bolja aproksimacije, uz mnogo manji broj pojedinačnih segmenata može se ostvariti upotrebom krivih višeg reda čime se smanjuje potrebna količina memorije, te olakšava interaktivni rad pri modeliranju. Dakle, cjeloviti model željene krive ostvaruje se sastavljanjem modela pojedinih segmenata.

Budući da konvencionalne upravljačke jedinice CNC mašina standardno podržavaju linearnu i kružnu interpolaciju, nameće se zaključak da je jedini mogući način obrade kontura koje sadrže složenije krive linije aproksimacija tih linija ili pravolinijskim segmentima ili kružnim lukovima. Kreiranje aproksimacione putanje izvodi se uglavnom na CAD/CAM sistemima i predstavlja složen zadatak budući da se alat vodi nekom složenom 3D putanjom koja se proteže širom površine. Konvencionalno programiranje putanje alata pri obradi složenih površina odvija se na način da CAD/CAM sistem analizira geometriju površine, a zatim definiše putanju alata koja ima oblik izlomljene linije sa dovoljno kratkim segmentima kako se ne bi izašlo iz tolerantnog područja površine (sl. 1).



Slika 1 Aproksimacija krive u CAD/CAM sistemima

¹ mr Đorđe Čiča, asistent, e-mail: ciled@blic.net, Mašinski fakultet, Banja Luka, tel: +387 51 468 320

² Prof. dr Simo Jokanović, e-mail: simoj@urc.bl.ac.yu, Mašinski fakultet, Banja Luka, tel: +387 51 468 320

³ Doc. dr Gordana Lakić-Globočki, e-mail: gnm@urc.bl.ac.yu, Mašinski fakultet, Banja Luka, tel: +387 51 468 320

Očigledno se takve putanje odlikuju samo $G^{(0)}$ neprekidnošću. Ovakav je pristup opterećen sa više nedostataka a najteži su sljedeći: jako dugački CNC programi zbog velikog broja kratkih pravolinijskih kretanja, vrijeme upravljačkog ciklusa postaje duže od vremena zadržavanja alata na pojedinom linearnom segmentu što dovodi do greške zaostajanja, nepovoljna dinamika mašine zbog česte promjene pravca kretanja, te greške oblika zbog linearne aproksimacije. Zbog svega navedenog, nameće se pretpostavka da aproksimacija krive linije kružnim lukovima predstavlja kvalitetnije rješenje, jer ovakav način aproksimacije otvara mogućnost dobijanja glatkije krive, krive koja bi mogla imati neprekidnost prvog izvoda (tangente) tj. $G^{(1)}$ neprekidnost.

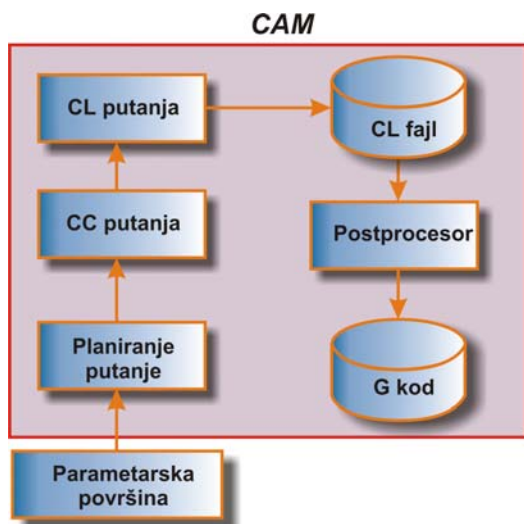
2. ALGORITAM ZA $G^{(1)}$ PUTANJU ALATA

Idealno bi bilo da se pri obradi složenih površina glodalo kreće u neprekidnom kontaktu sa datom površinom. Međutim, to bi zahtjevalo kretanje duž složenih 3D krivih linija, a budući da takve interpolacije većina upravljačkih jedinica CNC mašina ne podržava, to se problem mora rješavati metodama aproksimacije. Postojeći algoritmi za rješavanje toga problema mogu se svrstati u četiri grupe:

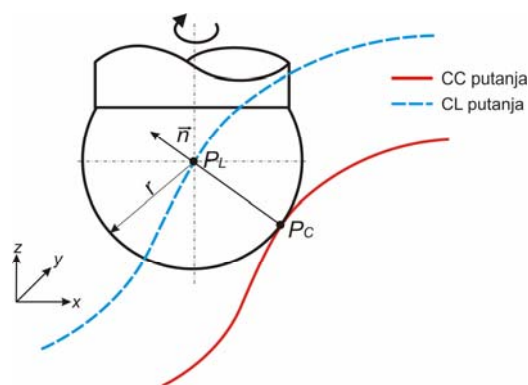
- konturno glodanje,
- izoparametrasko glodanje,
- Kartezijevo glodanje i
- glodanje sa konstantnom visinom neravnina.

Kada se želi aproksimacija kružnim lukovima tada je jedino moguće primijeniti Kartezijevo glodanje, jer je kružna interpolacija na konvencionalnim CNC mašinama moguća samo u koordinatnim (ili njima paralelnim) ravninama, a kod preostala tri tipa glodanja pojedini prolazi⁴ nisu ravanske, već neke složene 3D putanje. Dakle, u ovom radu će se, primjenom Kartezijevog glodanja, putanje alata duž prolaza aproksimirati kružnim lukovima, dok će se za kretanje alata između susjednih prolaza koristiti aproksimacija pravolinijskim odsječcima.

Postojeći postupak generisanja putanje alata pri CNC obradi složenih površina prikazan je na slici 2:



Slika 2.1 Postupak generisanja putanje alata



2.2 Prikaz CC i CL putanje alata

Pristup prema kojem bi prvo definisali CC (*Cutter Contact*) putanju tj. putanju alata definisanom tačkama dodira ivice glodala i obrađivane površine (slika 2.2), a zatim CL (*Cutter Location*) putanju tj. putanju alata definisanom položajem centra glodala, nije mogao biti primijenjen u ovom radu, jer bi pomjeranjem tačaka ravnog presjeka u pravcu vektora normale na površinu generalno dobili liniju koja više ne leži u toj ravni, pa ni u ma kojoj, jednoj ravni. Zato je primijenjen novi pristup čija se ideja sastoji u tome da se prvo kreira

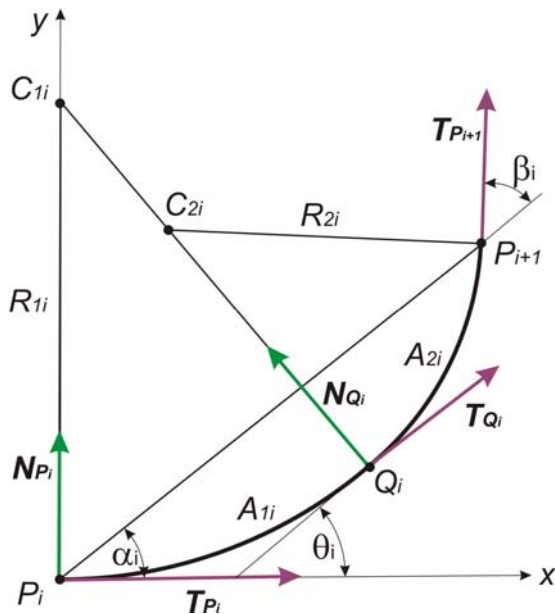
⁴ Prolaz je kretanje duž jedne parametarske krive, Kartezijeve krive, ekvi-konturne krive i sl.

ekvidistantna⁵ površina, koja je udaljena od originalne površine za veličinu radijusa glodala, a zatim se ta ekvidistantna površina presijeca serijom ravni. Linije presjeka između ekvidistantne površine i svake od serije ravni definišu pojedine prolaze alata. Ovakvim pristupom definisali smo CL putanju alata, pri čemu je osiguran kontakt loptastog glodala sa originalnom površinom kad god se njegov centar nalazi na ekvidistantnoj površini Prolaze, koji u opštem slučaju predstavljaju krive linije, aproksimiramo kružnim lukovima, pri čemu je kriterijum aproksimacije najveće dozvoljeno odstupanje između krive i aproksimacionih lukova.

3. MATEMATIČKO RJEŠENJE PROBLEMA APROKSIMACIJE KRUŽNIM LUKOVIMA

U ovom radu primijenjen je pristup da se dio (segment) krive aproksimira sa dva kružna luka. Alternativa ovom pristupu je jedan kružni luk po segmentu krive [8], ali je usvojeni pristup kvalitetniji u pogledu mogućnosti modeliranja segmenata sa infleksijom, odnosno prevojnou tačkom.

Za usvojeni pristup, koji se sastoji u tome da se svake dvije susjedne tačke aproksimiraju sa dva kružna luka (tzv. *biarc* aproksimacija) [3], [4], [5], [6] (sl. 3), matematičko rješenje problema svodi na određivanje parametara kružnih lukova, odnosno kružnica. Kako su za definisanje svake kružnice potrebna tri parametra (koordinate centra i radijus), to je potrebno uspostaviti sistem od šest jednačina, a na raspolaganju su nam četiri uslova: krajnje tačke i izvodi u tim tačkama. Dobijanje ove četiri veličine izvedeno je korištenjem aplikativnog programskog interfejsa CAD/CAM paketa *SolidWorks*. Za preostala dva uslova izabrana su neprekidnost u tački spajanja kružnih lukova Q i zajednička tangenta tj. neprekidnost prvog izvoda u toj tački. Na taj način postiže se putanja koja se cijelom svojom dužinom odlikuje $G^{(1)}$ neprekidnošću tj. neprekinuta je i ima neprekinutu tangentu.



Slika 3. Interpolacija parom kružnih lukova

Prema [4] ugao θ_i predstavlja slobodnu varijablu i različiti pristupi odabiru ovog ugla generisaće različite oblike *biarc* krive. Ukoliko je riječ o slučaju sa infleksijom važi:

$$\theta_i = \frac{(3\alpha_i - \beta_i)}{2}, \quad (3.6)$$

u suprotnom: $\theta_i = \alpha_i$ (3.7)

$$R_{1i} = \frac{\|P_{i+1} - P_i\| \sin\left(\frac{\alpha_i + \beta_i + \theta_i}{2} - \alpha_i\right)}{2 \sin \frac{\theta_i}{2} \sin \frac{\alpha_i + \beta_i}{2}} \quad (3.1)$$

$$R_{2i} = \frac{\|P_{i+1} - P_i\| \sin\left(\alpha_i - \frac{\theta_i}{2}\right)}{2 \sin \frac{\alpha_i + \beta_i - \theta_i}{2} \sin \frac{\alpha_i + \beta_i}{2}} \quad (3.2)$$

$$Q_i = P_i + R_{1i} (N_{P_i} - N_{Q_i}) \quad (3.3)$$

$$C_{1i} = P_i + R_{1i} N_{P_i} \quad (3.4)$$

$$C_{2i} = Q_i + R_{2i} N_{Q_i} \quad (3.5)$$

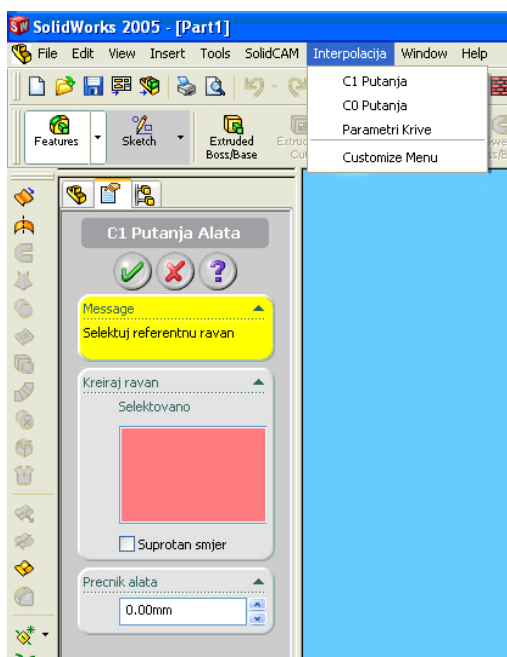
⁵ Ekvidistantne (*offset*) površine su one čije su sve tačke jednako udaljene od originalne površine. One nastaju kada se tačke polazne površine pomjere za jednaka rastojanja u smjeru njihovih normalnih vektora.

4. PROGRAMSKO RJEŠENJE PROBLEMA GENERISANJA $G^{(1)}$ PUTANJE ALATA

Korištenjem programskog jezika *Visual Basic*, a uz pomoć aplikativnog programskog interfejsa CAD/CAM paketa *SolidWorks*, urađena je programska implementacija rješenja, koja nam za datu krivu proračunava parametre kružnih lukova koji interpoliraju istu. Programsko rješenje je urađeno na način da je uz pomoć *SolidWorks* API postavljen meni pod nazivom **Interpolacija** unutar koga se nalaze slijedeći podprogrami:

- **C1 Putanja** – podprogram pomoću kojeg linije sa površine aproksimiramo kružnim lukovima sa unaprijed definisanom tolerancijom,
- **C0 Putanja** – podprogram pomoću kojeg linije sa površine aproksimiramo linearnim segmentima sa unaprijed definisanom tolerancijom,
- **Parametri Krive** – podprogram pomoću kojeg zapisujemo sve parametre neophodne za jednoznačnu definiciju krive, tj. niz kontrolnih tačaka i vektor čvorova iste.

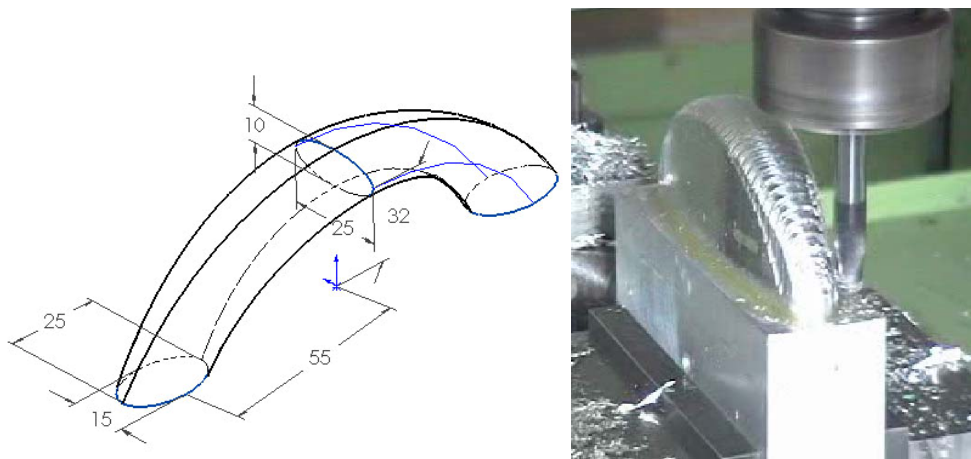
Forme svakog od ovih podprograma u potpunosti odgovaraju standardnim formama CAD/CAM paketa *SolidWorks* (sl. 4).



Slika 4. Prikaz menija i forme

5. EKSPERIMENT

U svrhu testiranja razvijenog algoritma za $G^{(1)}$ putanju alata izvedeni su eksperimenti CNC obrade ručice za namještaj (sl. 5.1) kao predstavnika estetske površine i lopatice rotora (sl. 5.2) kao predstavnika funkcionalne površine. CNC obrada izvedena je na MAHO glodalici MH400 loptastim glodalom radijusa 5 mm. Izlazni NC kod prilagođen je njenoj upravljačkoj jedinici PHILIPS CNC432. U tabeli 5.1 prikazana je komparacija rezultata za $G^{(0)}$ i $G^{(1)}$ putanju alata u zavisnosti od najvećeg dozvoljenog odstupanja između parametarske i aproksimacione krive, te redukcija broja segmenata.

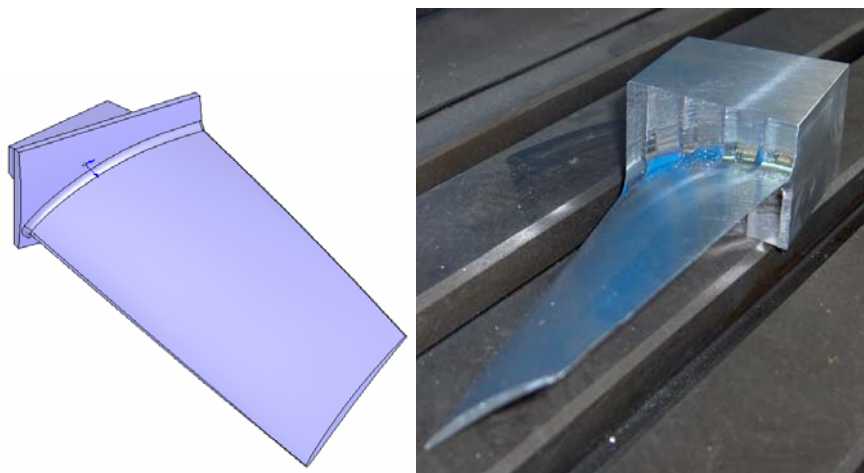


Slika 5.1 Ručica za namještaj

Najveće dozvoljeno odstupanje [mm]	Broj segmenata kod $G^{(0)}$ putanje	Broj segmenata kod $G^{(1)}$ putanje	Redukcija broja segmenata
0.002	8 676	3 384	61 %
0.02	2 844	1 238	56 %
0.2	1 080	542	50 %

Tabela 5.1 Komparacija rezultata $G^{(0)}$ i $G^{(1)}$ putanje alata za ručicu

Kao predstavnik dijelova sa funkcionalnom površinom uzeta je lopatica rotora kompresora avionskog motora *Viper* prikazana na slici 5.2.



Slika 5.2 Lopatica rotora kompresora avionskog motora

Najveće dozvoljeno odstupanje [mm]	Broj segmenata kod $G^{(0)}$ putanje	Broj segmenata kod $G^{(1)}$ putanje	Redukcija broja segmenata
0.0015	7 507	3 308	56 %
0.015	2 615	1 152	56 %
0.15	1 140	664	42 %

Tabela 5.2 Komparacija rezultata $G^{(0)}$ i $G^{(1)}$ putanje alata za lopaticu rotora

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prilikom istraživanja i razvoja matematičkih podloga, kao i programskih tehnika za ostvarenje $G^{(1)}$ putanje alata pri CNC obradi složenih površina nastali su sljedeći zaključci:

- Putanje alata sa $G^{(0)}$ neprekidnošću, koje izdaju postojeći CAD/CAM sistemi, opterećeni su sa više nedostataka, koji se prvenstveno manifestuju preko veoma dugačkih CNC programa usljed velikog broja kratkih pravolinijskih kretanja. U nedostatke $G^{(0)}$ putanje alata mogu se navesti i greška zaostajanja, budući se obrada mnogo malih poligonih duži u CNC upravljačkoj jedinici sukobljava sa vremenskim limitima, kao i nepovoljna dinamika mašine zbog česte promjene pravca kretanja.
- U domenu aproksimacije krivih linija, moguće je razviti rješenje interpolacije niza 2D i 3D tačaka kružnim lukovima, sa unaprijed definisanom tačnošću.
- Problem generisanja veoma dugačkih CNC programa, evidentiran kod postojećih CAD/CAM sistema, riješen je algoritmom za $G^{(1)}$ putanju alata, pomoću koje je moguće programirati duže trajektorijske odsječke. Kao rezultat toga se i dužina programa smanjuje otprilike za polovinu, a eliminiše se i greška zaostajanja, budući da vrijeme obrade upravljačkog ciklusa više ne predstavlja usko grlo.
- Kako je duž svih prolaza alata održana neprekinutost tangente, obezbjeđen je znatno mirniji rad mašine, budući su ublaženi problemi karakteristični za $G^{(0)}$ putanju alata, koji se manifestuju preko skokova centrifugalne sile.
- Korištenjem $G^{(1)}$ umjesto $G^{(0)}$ putanje alata, značajno smanjujemo grešku aproksimacije. Kao posljedicu smanjujemo greške oblika i dobijamo bolji kvalitet obrađene površine.

U pogledu daljih istraživanja potrebno je sprovesti aktivnosti vezane za dalji razvoj i usavršavanje postojećeg rješenja. Kao neposredni zadaci mogu se navesti: potpuno kompletiranje rješenja, u smislu poboljšanja rješenja kretanja alata između dvaju susjednih prolaza, kao i ispitivanju mogućnosti generisanja CL fajla.

7. LITERATURA

1. Čiča, Đ., Razrada algoritma za ostvarenje $C^{(1)}$ putanje alata pri CNC obradi složenih površina, Magistarski rad, Mašinski fakultet Banja Luka, 2006.
2. Jakanović, S., Čiča, Đ., Algoritam za $C^{(1)}$ putanju alata pri obradi složenih površina, 31 Jupiter konferencija, xx-xx, Zlatibor, 2005.
3. Rossignac, J. R., Requicha, A. A. G., Piecewise-circular curves for geometric modeling, IBM Journal of Research and Development, Vol. 31, 1987.
4. Tseng, Y.-L., Chen, Y.-D., Three dimensional biarc approximations of freeform surfaces for machining tool path generation, Internationale Journal of Production Research, Vol. 38, 2000.
5. Piegl, L. A., Tiller, W., Biarc approximation of NURBS curves, Computer Aided Design, Vol. 34, 2002.
6. Yang, X., Wang, G., Planar point set fairing and fitting by arc spline, Computer Aided Design, Vol. 33, 2001.
7. Safanova, A., Rossignac, J., Compressed Piecewise-Circular Approximation of 3D Curves, Tehnical report, GIT-GVU-01-05, Gorgia Intitut of Technology, 2002.
8. ATP/2D, User manual, Program NC-Software house, Vedano al lambro (Milano)

Resume: In typical methods for CNC machining of freeform surfaces, CAD/CAM systems are used to analyze surface and then generate tool paths by approximating the surface curves using line segments with very small length to preserve desired tolerance. To reduce deficiencies of this way of machining the new algorithm that generates tool path composed of circular arcs is presented. In these work some experiences are presented, problems and sugestions of solutions during development new algorithm.

Keywords: CAD/CAM, $G^{(1)}$ tool path, CNC.



ALATI ZA OBRADU REZANJEM U INTEGRACIJI CAD/CAM I CNC

V. Pejić¹, B. Sovilj², B. Mišić³

REZIME:

STEP-NC standard, koga čine ISO 10303-238 i set ISO 14649 standarda, predstavlja prošireni STEP standard na područje računarom numerički upravljanih mašina alatki. Alati za obradu rezanjem, kao jedan od osnovnih činioci obradnih sistema, su takođe obuhvaćeni ovim standardima.

U radu je prikazan deo istraživanja vezanih za razvoj modela podataka o alatima za obradu rezanjem u skladu sa STEP-NC standardima.

Ključne reči: Alati za obradu rezanjem, STEP-NC, CAD/CAPP/CAM.

1. UVOD

Od početaka avio proizvodnje u 19-tom veku, pa do pojave masovne proizvodnje početkom 20-tog veka dogodile su se brojne revolucionarne promene u konfigurisanju proizvodnih sistema. Najprepoznatljivija konfiguracija proizvodnih sistema bila je namenska transfer linija, koja je masovnoj proizvodnji dala visoku efikasnost i niske troškove.

Sa potrebama za proizvodnjom široke palete delova 70-ih i 80-ih godina 20-tog veka, razvila se i fleksibilna proizvodnja sa izradom manjih serija različitih delova. Ovi sistemi koriste grupe računarom numerički upravljanih (CNC) mašina alatki koje mogu biti reprogramirane za stvaranje različitih delova. Ove CNC mašine alatke postaju centralni elementi sistema kao što su fleksibilne transfer linije, fleksibilni proizvodni sistemi (FMS) i fleksibilne proizvodne ćelije (FMC). Postoje zahtevi i nove mogućnosti za osnaživanjem postojećih CNC mašina za bitnim karakteristikama kao što su unutrašnja operabilnost, prilagodljivost, proširenje mogućnosti i rekonfigurabilnost. Postoje dva glavna problema koje treba uzeti u obzir, a to su: kompatibilnost podataka o proizvodu (unutrašnja operabilnost) i prilagodljivost CNC mašina alatki. [Xu06]

Do sada je objavljeno veoma malo rezultata istraživanja iz ovog područja, jer su i sama istraživanja zavisna od donošenja novog CNC modela podataka poznatog kao STEP-NC standardi.

CNC mašine alatke vrlo često imaju potrebu da komuniciraju "uzvodno" sa podsistemima, kao što su CAD, CAPP i CAM, odnosno da ti sistemi imaju povratnu informacionu spregu.

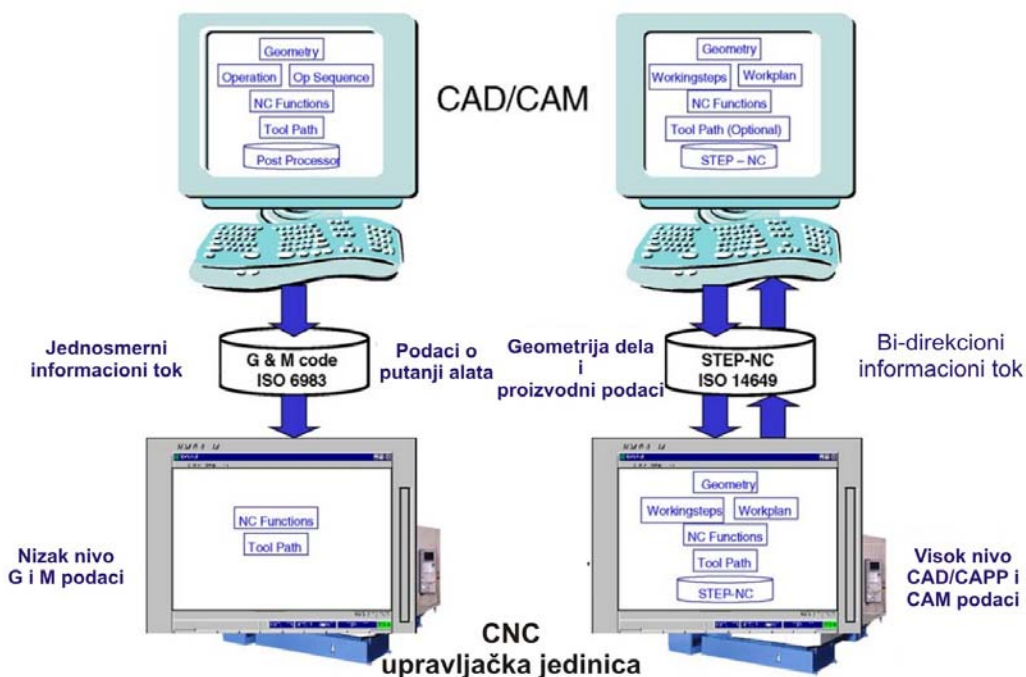
Neutralni protokoli za razmenu podataka o proizvodu između CAX aplikacija kao što su SET, VDA, IGES i dr. su sredinom osamdesetih godina 20-tog veka inicirali potrebu za sveobuhvatnim standardom za razmenu podataka o proizvodu. Rezultat ovakve inicijative je nastanak STEP standarda ili zvanično označenog ISO 10303 seta standarda. Implementacijom STEP AP-203 i AP-214 unutar CAD sistema uklonjena je barijera razmene podataka. Dakle, ostali su još problemi razmene podataka između CAD/CAM i CNC sistema. CAD sistemi su projektovani da precizno opišu geometriju dela, dok su CAM sistemi fokusirani na primenu računara u planiranju i upravljanju operacijama obrade, a u skladu sa geometrijskim informacijama predstavljenim u CAD sistemu i postojećim pogonskim resursima. Konačan rezultat iz CAM sistema jeste set programskih instrukcija koje mogu biti izvršene na CNC mašinama alatkama. Taj set programskih instrukcija zasnovan je na postojećem međunarodnom standardu ISO 6983 (poznatijem kao G-kod standardu), koji egzistira već 50 godina. Osnovni nedostatak ovog standarda jeste jednosmerni

¹ Vlastimir Pejić, asistent, Saobraćajno tehnički fakultet Doboj, +387 53 221-988, pejic@stf-doboj.net

² Dr Bogdan Sovilj, prof., FTN Novi Sad, +381 21 485-2343, bsovilj@uns.ns.ac.yu

³ Dr Boško Mišić, docent, Saobraćajno tehnički fakultet Doboj, +387 53 221-988, misicb@stf-doboj.net

informacioni tok od konstruisanja do proizvodnje. Pokušaji otklanjanja pomenutog i drugih nedostataka ISO 6983 standarda slede kroz razvoj ISO 10303-238 standarda i seta ISO 14649 standarda ili neslužbeno STEP-NC standarda. Na slici 1.1 je moguće uočiti osnovne razlike između ISO 6983 i ISO 14649 standarda.



Slika 1.1 Bi-direkcionni informacioni tok [Xu06]

2. STEP-NC I ALATI ZA OBRADU REZANJEM

Jedan iz seta STEP-NC standarda je i ISO 14649-111 standard koji definiše model podataka za CNC, preciznije deo 111 definiše interpretirani model primene alata za obradu glodanjem. U vreme pisanja ovog rada standard još nije bio u konačnoj revidiranoj fazi, pa su se autori zadržali na razmatranju konačnog nacrt standarda, odnosno ISO/FDIS 14649-111.[ISO02]

Elementi podataka *ISO 14649-111* se mogu koristiti kao kriterijum za izbor jednog od nekoliko vrsta alata za glodanje i bušenje, a ne da opišu potpune informacije o pojedinom alatu. Dakle, ostavljajući opcione attribute, upravljačkoj jedinici se daje više slobode za izbor alata iz većeg skupa alata. Podrazumeva se da upravljačka jedinica ima pristup do potpunog opisa specifičnih alata u bazi podataka.

Shema alata za obradu glodanjem (*milling_tool_schema*) definisana u ovom delu ISO 14649 služi kao osnovna shema alata koja uključuje samo najvažnije informacije. Namera je da se upravljačkoj jedinici da dovoljno informacija za izbor alata navedenog u NC-programu. U ISO 6983 alat je definisan samo njegovim brojem (npr. T8). Ni jedna više informacija, što se tiče vrste alata ili geometrije, nije data.

Shema alata za obradu glodanjem ne uključuje informacije koje su deo baze podataka o alatima. Baza podataka o alatima uvezana je sa mašinom, kao i sami alati na mašini, ali nezavisno od NC programa. Ovo znači da podaci, kao što su sledeće vrste podataka, nisu uključeni u shemu alata:

- normativan vek alata,
- pozicija alata u izmenjivaču alata.

Shema alata ne uključuje informacije o držaču alata i komponentama alatnog sklopa. Ovo je važno da se shvati da sve vrste meranja dužina, korištene u ovom delu, nisu tolerisane vrste merenja dužina zato što se koriste za opis alata za proizvodnju radnog dela, a ne aktuelnih dimenzija alata dostupnih na mašini. Stvarni alat mora biti izabran na osnovu upravljanja alatom zasnovanim na aktualnim dimenzijama alata i tolerancijama obeležja. Globalna struktura opisa alata u delu ISO 14649-111 i ISO 14649-10 je ista kao i u ISO/DIS 13399-1. Više definicija tela alata i njegove geometrije su navedeni od NIST modela alata. [NISTIR5707:Modeling of Manufacturing Resource Information, July,1995]

Područje ovog dela ISO 14649 ne uključuje alate ni za jednu drugu tehnologiju, kao što je struganje, brušenje ili EDM. [ISO02]

3. STEP-NC INTEGRISANI CNC MODEL

3.1 STEP informacioni modeli

Informacioni modeli omogućuju standardizovano definisanje *informacionog sadržaja* modela proizvoda na način koji obezbeđuje neutralnost u odnosu na trenutno aktuelnu tehnologiju softverske i hardverske implementacije. Na ovaj način se onemogućuje zastarevanje informacionog modela, usled neminovnih promena u računarskoj tehnologiji.

STEP informacioni modeli se dele na:

- ◆ Aplikacione protokole (Application Protocols, AP)
- ◆ Bazne resurse (Integrated Resources, IR)

U delu koji sledi dat je sažet opis ovih informacionih modela.

∅ Aplikacioni protokoli (APs)

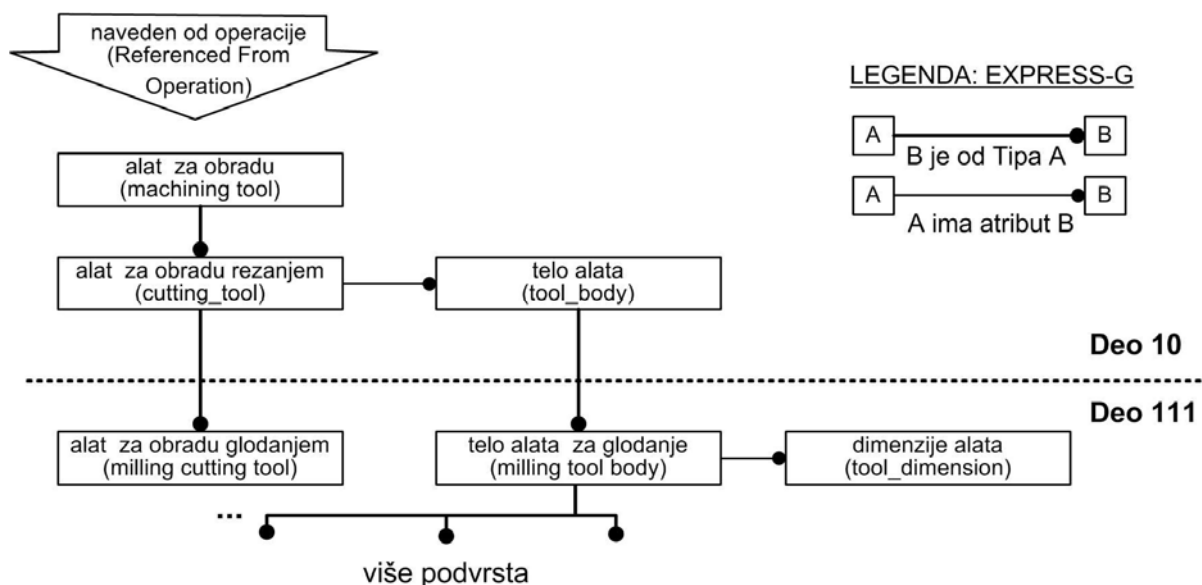
Aplikacioni protokoli omogućuju formalan opis svih skupova aktivnosti koje se odvijaju u okviru životnog veka proizvoda, te sadrže informacione zahteve i formalne sheme za njihovo definisanje.

Svaki aplikacioni protokol sadrži sledeće delove:

- Model područja aktivnosti (**Application Activity Model**)
- Referentni model primene (**Application Reference Model**)
- Interpretirani model primene (**Application Interpreted Model**)

Model područja aktivnosti (u daljem tekstu **AAM**) omogućuje strogo definisanje područja primene aplikacionog protokola. Precizno identifikujući klase podataka, tj. aplikacione objekte (*Application Objects*) koji predstavljaju ulazne i izlazne veličine, kao i veličine koje utiču na ponašanje osnovne funkcije modela proizvoda, **AAM** omogućuje analizu aktivnosti i tokova informacija u okviru područja primene aplikacionog protokola.

Referentni model primene (u daljem tekstu **ARM**) opisuje model proizvoda sa stanovišta krajnjeg korisnika, korišćenjem stručne terminologije iz domena buduće primene AP. Klase podataka, tj. aplikacioni objekti koji su identifikovani u okviru AAM-a, kao i njihove međusobne relacije, ovde se predstavljaju primenom metoda za opis. Na slici 3.1 je prikazan ARM model podataka alata za obradu glodanjem.

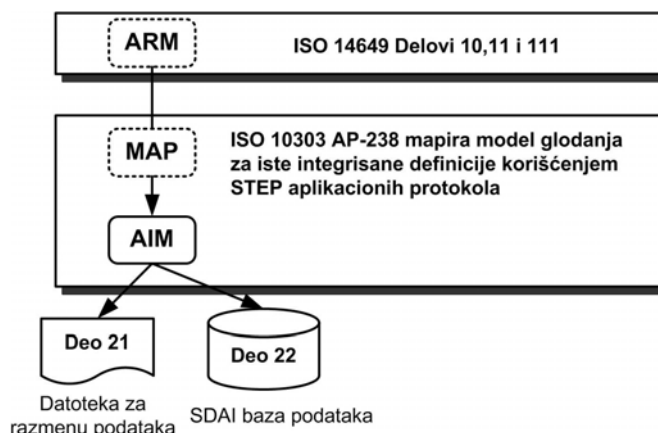


Slika 3.1 Referentni model primene za alate za obradu glodanjem

Parametri alata za obradu rezanjem su određeni upotrebom predstavljenih podvrsta tela alata i dimenzija.

Interpretirani model primene (u daljem tekstu **AIM**), ispunjava sve informacione zahteve postavljene u okviru ARM-a, i to primenom aplikacijski neutralnih, opštih baznih resursa (*Generic Integrated Resources*). U tu svrhu zahteva se precizno definisanje tabele mapiranja (preslikavanja) objekata iz **ARM-a** u **AIM**.

Na slici 3.2 prikazan je integrisani model podataka za operaciju glodanja koji podrazumeva mapiranje podataka za glodanje iz ARM modela podataka u AIM model podataka.



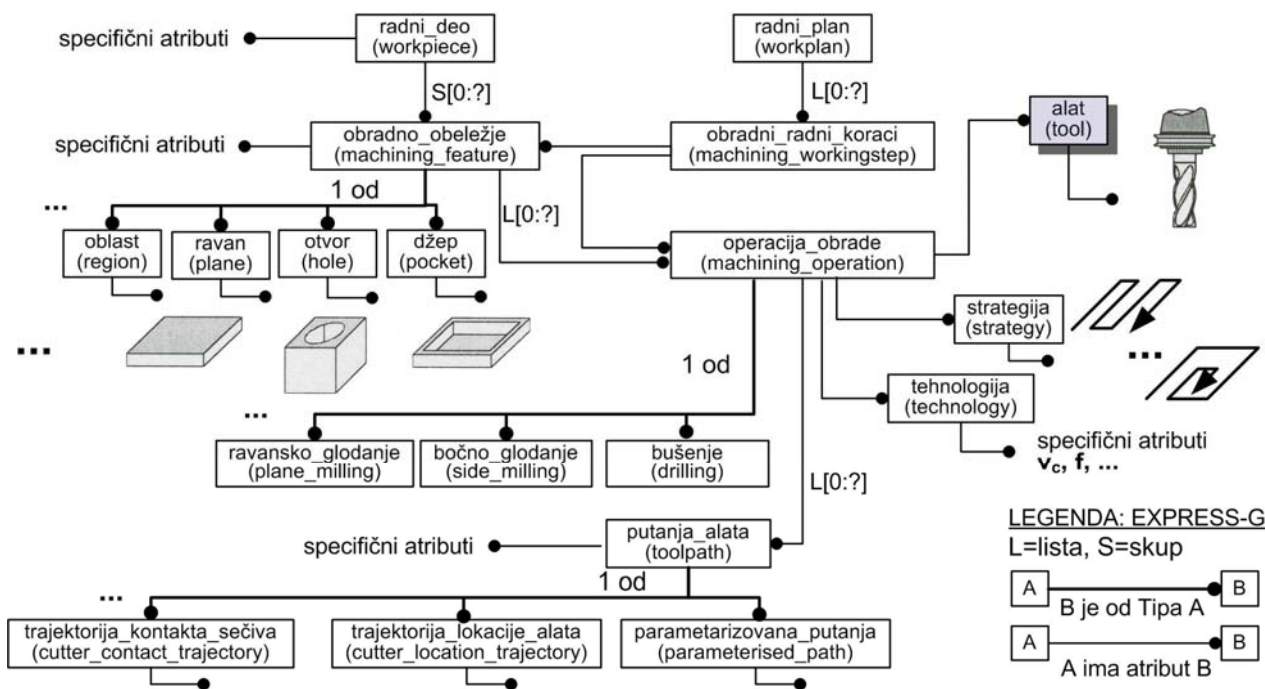
Slika 3.2 Integrisani model podataka

Integrisani model podrazumeva da će informacije o glodanju biti u skladu sa drugim aspektima o proizvodu definisanim u STEP aplikacionim protokolima, kao što su AP-203, AP-214 itd.

♠ Bazni resursi (IRs)

Kako je prethodno napomenuto, zadatak aplikacionih protokola jeste da formalno definišu skup aktivnosti, informacione zahteve i formalnu shemu koja ih opisuje, u toku celokupnog životnog veka proizvoda. Pomenuta formalna shema vezuje se za tzv. *integrisani model proizvoda*, koji je zajednički za sve aplikacione protokole. Konceptijske sheme koje služe za formalan opis integrisanog modela proizvoda, nazivaju se *bazni resursi*. Razlikuju se tri tipa baznih resursa. *Opšti bazni resursi* (*Generic Integrated Resources*), opisuju one karakteristike proizvoda koje su opšte, tj. zajedničke za sve tipove industrijske primene. *Aplikacioni bazni resursi* (*Application Integrated Resources*), sadrže samo one bazne resurse koji su specifični za određenu industrijsku primenu. Noviju kategoriju elemenata za opis zajedničkih segmenata definicija, koje može da koristi veći broj aplikacionih protokola, čine *deljivi resursi* (*Application Interpreted Constructs*). Deljivi resursi omogućuju da se na efikasan način opišu semantički identične strukture koje se javljaju u svim aplikacionim protokolima.

Na slici 3.3 prikazan je deo EXPRESS-G sheme na kojoj se mogu uočiti objedinjene geometrija, tehnologija i varijante tehnološkog procesa.



Slika 3.3 ISO 14649 kapsulira geometriju, tehnologiju i varijante tehnološkog procesa [Weck03]

4. ZAKLJUČCI

U ISO 6983, alat je definisan samo njegovima brojem (npr. T8). Ni jedna više informacija, što se tiče vrste alata ili geometrije nije data.

Schema alata za obradu glodanjem (`milling_tool_schema`) definisana u ISO 14649-111 služi kao osnovna shema alata koja uključuje samo najvažnije informacije. Namera je da se upravljačkoj jedinici da dovoljno informacija za izbor alata specifikiranog u NC-programu.

ISO 10303 AP-238 mapira (preslikava) podatke iz ARM u AIM. Na primeru operacije glodanja to podrazumeva da će informacije o glodanju i alatima za obradu glodanjem biti u skladu sa drugim aspektima o proizvodu definisanim u STEP aplikacionim protokolima.

Alat za obradu rezanjem je naveden od operacije obrade što obezbeđuje idealno izabran alat za određenu operaciju obrade.

Parametri alata za obradu rezanjem su određeni upotrebom predstavljenih podvrsta tela alata i dimenzija.

Deo istraživanja, prikazan u ovom radu, može poslužiti kao osnova za razvoj modela podataka o alatima za obradu rezanjem u skladu sa STEP-NC standardima.

5. LITERATURA

- [ISO02] ISO/FDIS 14649-111, Industrial automation systems and integration -- Physical device control -- Data model for computerized numerical controllers -- Part 111: Tools for milling, ISO, Geneva, 2002.
- [ISO03] ISO/DIS 10303-238, Industrial Automation Systems and Integration—Product Data Representation and Exchange—Part 238: Application Protocols: Application Interpreted Model for Computerized Numerical Controllers, 2003.
- [ISO04] ISO 14649-10, Industrial automation systems and integration -- Physical device control -- Data model for computerized numerical controllers -- Part 10: General process data, ISO, Geneva, 2004.
- [ISO04a] ISO 14649-11, Industrial automation systems and integration -- Physical device control -- Data model for computerized numerical controllers -- Part 11: Process data for milling, ISO, Geneva, 2004.
- [ISO94b] ISO 10303-11, Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 11: Description Methods: The EXPRESS Language Reference Manual, ISO, Geneva, 1994.
- [Weck03] M. Weck, J. Wolf: Introduction to STEP-NC; A standard providing data for modern NC-machining enabling enhanced functionality, Aachen University of Technology, 2003.
- [Xu06] X.W. Xu, S.T. Newman: Making CNC machine tools more open, interoperable and intelligent - a review of the technologies, Elsevier, Computers in Industry No.57, 2006.

CUTTING TOOLS IN CAD/CAPP/CAM & CNC INTEGRATION

Abstract:

STEP-NC standard which consists of ISO 10303-238 and a set of ISO 14649 standards represents a widened STEP standard in the area of CNC machine tools. Cutting tools, as one of the major facts of machining systems, are also included in these standards.

A part of research that is connected with development of data model(s) concerning cutting tools in accordance with STEP-NC standards, has been presented in this paper.

Key words: Cutting Tools, STEP-NC, CAD/CAPP/CAM .



P. Bojanić¹

NEKI ASPEKTI IZGRADNJE VOKSELSKOG OBLIKA 3D CAD MODELA²

Re z i m e

Komputerski model realnih objekata je osnova za niz inženjerskih aktivnosti podržanih kompjuterom. Zavisno od načina predstavljanja internog modela definisane su unapred i mogućnosti implementacije različitih tehnologija koje počivaju na primeni CAD modela. Problem konverzije jednog oblika modela u drugi usko je povezan se unošenjem greške pri aproksimaciji što može uticati na efekte primene naročito ako se to odnosi na beskontaktno merenje dimenzija ili kontrolu kvaliteta delova.

Ključne reči: voksel, 3D model

1. UVOD

Geometrijsko modeliranje proizvoda je ključna aktivnost u procesu razvoja proizvoda. Zavisno od prirode i oblika raspoloživih podataka sa kojima se raspolaže na samom početku procesa geometrijskog modeliranja, razvija se adekvatna tehnika i metodologija izgradnje internog, kompjuterskog, modela posmatranog objekta [1]. U nekim slučajevima ulaz u proces geometrijskog modeliranja složenih površina su rezultati proračuna, kao npr. proračuni strujanja za turbinska kola. U nekim drugim slučajevima ulaz je više 2D digitalnih slika, dobijenih skeniranjem magnetnom rezonancom (MRI), kompjuterskom tomografijom (CT) ili industrijskom kompjuterskom tomografijom (CT), iz kojih se treba da rekonstruiše 3D model objekta [2,3]. Izgradnjom 3D modela stvaraju se uslovi za inženjersku analizu primenom CA (Computer Aided) tehnologija.

Poligonalno predstavljanje internog modela je široko prihvaćen u mnogim aplikacijama i ako ne sadrži sve potrebne podatke za specifične primene. Ono je u širokoj upotrebi jer ne zahteva moćne procesore niti veliku memoriju. Poligonalno predstavljanje je nerealistično zbog svoje oštre regularnosti. Forme iz realnog sveta često imaju izvesnu nesavršenost i varijacije. Ovo je naročito vidljivo ako se poligoni koriste za predstavljanje formi koje nisu sastavljene od pravilnih oblika.

Ovaj rad se odnosi na osobine internog modela ako se koristi voksel kao osnova strukture memorisanja kompjuterskog modela. Korišćenje vokselu ima izvesnih prednosti nad korišćenjem poligonalnog predstavljanja u daleko većem nivou detalja. Sa druge strane vokseli zahtevaju veću memoriju i neke nove tehnike pamćenja da bi se smanjila potreba za memorijom [4-6]. Vreme procesiranja, jednom diskretizovanog modela i smeštenog u odgovarajući memorijski model, je u direktnoj linearnoj zavisnosti od kompleksnosti objekta, odnosno od broja vokselu korišćenih za predstavljanje

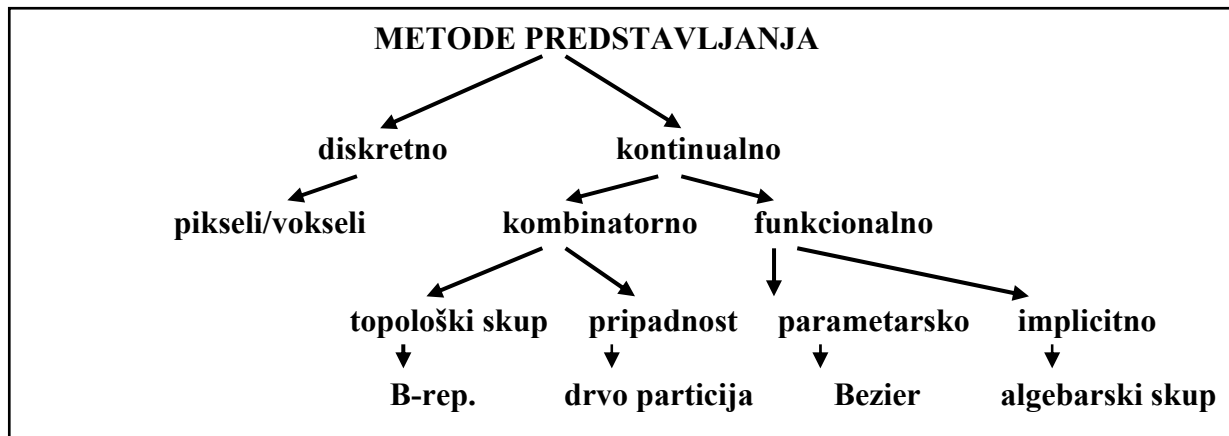
2. PREDSTAVLJANJE GEOMETRIJE

Geometrijsko modeliranje predstavlja osnovu za mnoge aspekte primene kompjutera kao što su to: kompjuterska grafika, CAD, vizuelizacija, analiza konačnih elementa, robotika, procesiranje slika i td. Do danas se pojavilo samo nekoliko načina predstavljanja geometrije. Ovo je u vezi sa primenom određenih matematičkih disciplina kao što su : teorije skupova, teorije grafova, algebarske topologije i različite

¹ Prof. dr Pavao Bojanić, dipl. maš. inž., Mašinski fakultet Beograd, e-mail pbojanic@mas.bg.ac.yu

² Rezultati u ovom radu predstavljaju deo projekta MIS.3.07.0027.A koji podržava Ministarstvo za nauku tehnologije i razvoj Republike Srbije

varijacije geometrije: projektivne, analitičke, algebarske diferencijalne i kombinatorne. Prikaz najvažnijih metoda geometrije dat je na slici 1. Nisu sigurno obuhvaćene sve metode, bilo da su hibridne bilo da pripadaju višim semantičkim nivoima, što nije značajno za ovo razmatranje. Svaki od navedenih načina predstavljanja može predstaviti svaki geometrijski skup i može podržati sve geometrijske operacije nad njim.



Slika 1 Metode predstavljanja geometrije

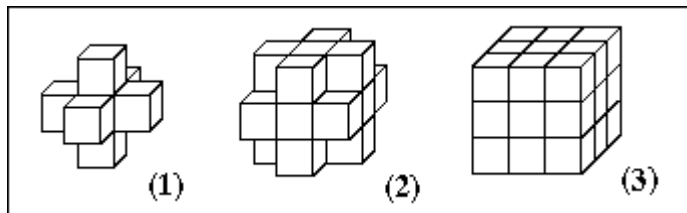
Imajući u vidu, pre svega, potrebu za stvaranjem sistema u kojem će dizajner moći oblikovati model svog proizvoda kao da je od gline, i da pritom koristi adekvatne alate, pretpostavlja se da je najbolje rešenje da se geometrija proizvoda predstvi vekselima. Voxel je jedinični kub, lociran svojim središtem u prostornoj rešetci i može sadržavati podatke unutar sebe. Oni se mogu dobiti uzorkovanjem, simulacijom ili tehnikom modeliranja. Na primer, sekvence 2D preseka dobijene magnetnom rezonancom ili kompjuterskom tomografijom (CT) se rekonstruiše se u zapreminski model za potrebe dijagnostike i hirurgije. Ista tehnologija se koristi sa industrijskom CT za nedestruktivnu inspekciju kompozitnih materijala ili gotovih radnih predmeta. Dakle vokseli su tipičan skup uzoraka (x,y,z,v) koji predstavljaju vrednost v neke osobine u 3D lokaciji (x,y,z) . Ako vrednosti mogu biti ili 0, što označava transparentnu pozadinu, ili 1, što označava da voxel pripada objektu, tada su podaci binarni. Međutim vrednost osobine može biti višeznačna, označavajući osobinu koja se može meriti, uključujući na primer boju, gustinu, temeperaturu, napon, transparentnost, pokazivače na susedne elemente levo, desno, napred, nazad, gore, dole i td.

Uopšteno govoreći, uzorci mogu da se uzimaju u slučajnim lokacijama prostora, ali u većini slučajeva skup je izotropan, sadržavajući uzorke uzete u jednakim intervalima duž sve tri ortogonalne ose. Kada je interval uzorkovanja duž ose konstantan, ali mogu biti različiti duž sve tri ose, tada je dobijeni skup anizotropan. Pošto se skup uzoraka definiše u pravilnoj rešetci, 3D matrica (često se zove zapreminski bafer, kubni frejm bafer, 3D raster) se obično koristi za memorisanje vrednosti sa elementima lokacije uzorka u prostornoj rešetci.

Objekat predstavljen vekselima je samo diskretna aproksimacija originalnog kontinualnog objekta, gde rezolucija zapreminskog bafera determiniše preciznost tehnike aproksimacije. I ako su neke prednosti geometrijskog predstavljanja vekselima bile poznate znatno ranije, ovaj model nije naišao na značajniju primenu prvenstveno zbog izuzetnih zahteva za moćnim računarima. Ilustracije radi, navodi se nekoliko podataka. Na primer, zapreminski bafer za srednju rezoluciju 512^3 , sa dva bajta po vekselu, zahteva 256 Mb memorije. Ukoliko bismo želeli podržati vizuelizaciju skupa od 1024^3 sa dva bajta po vekselu, sa 30 frejmova u sekundi, potrebno bi bilo preko 2 Gb memorije, brzina memorije od preko 60 Gb u sekundi i približno 300 milijardi operacija u sekundi, podrazumevajući 10 operacija po vekselu.

3 DISKRETIZACIJA 3D MODELA

Jednom uspostavljen vekselski model kao prostorna rešetka elementarnih kubova, omogućava detaljnu analizu pripadnosti vokselu objektu sa jedne strane, kao i generisanje površinske aproksimacije predstavljenog objekta. Kroz analizu susednih vokselu, moguće je uočiti da jedan voksel ima šest susednih vokselu sa kojima ima zajedničku stranu, slika 2.1, osamnaest vokselu koji



Slika 2 Varijante susednosti vokselu

imaju zajedničku ivicu, slika 2.2, i dvadeset šest susednih vokselu sa kojima deli zajedničko teme, slika 2.3. Jedan jednostavan metod diskretizacije bio bi da se svakom vokselu dodeli vrednost zavisno od toga da li je unutar ili van objekta:

$$f(x,y,z) = \begin{cases} -1 & \text{ako je } (x,y,z) \text{ van površine} \\ 0 & \text{ako je } (x,y,z) \text{ na površini} \\ 1 & \text{ako je } (x,y,z) \text{ unutar površine} \end{cases}$$

Može se zamisliti da je svaki voksel tačka u 3D prostoru. Prednost ove funkcije je ta što se algoritam za trodimenzionalno skeniranje može primeniti na određivanje stanja svakog vokselu unutar domena. Ovo rezultira u brzom konverziji objekta u voksel podatke, ali generisana površina je uveliko zavisna od gustine vokselu podataka. U nastojanju da se dobije finiji opis površine, potrebna je funkcija koja finije varira u oblasti površine objekta. Funkcija koja bolje opisuje neposrednu pripadnost okolini površine može se definisati kao funkcija rastojanja:

$$f(x,y,z) = \begin{cases} -\text{rast}(x,y,z) & \text{ako je } (x,y,z) \text{ van površine} \\ 0 & \text{ako je } (x,y,z) \text{ na površini} \\ \text{rast}(x,y,z) & \text{ako je } (x,y,z) \text{ unutar površine} \end{cases}$$

gde je $\text{rast}(x,y,z)$ Euklidovo rastojanje tačke od površine. Imajući u vidu da se u analizi koristi centar vokselu to ima za posledicu da tačnost predstavljanja površine nije u prevelikoj osetljivosti na vokselu rezoluciju. Korišćenje funkcije rastojanja ima efekat da proces vokselizacije rezultira u finijem predstavljanju originalne površine.

Izračunavanje rastojanje tačke od trougla.

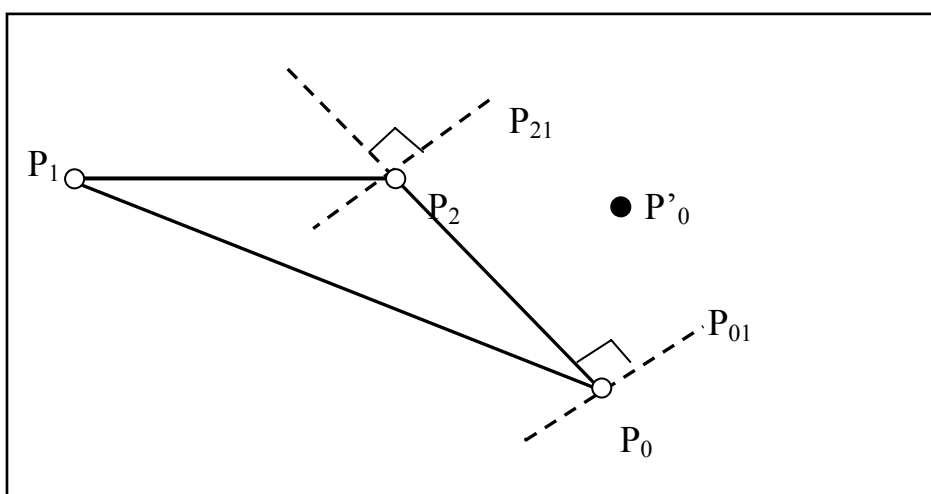
Za vreme izračunavanja vokselu podataka, mora se naći rastojanje svakog vokselu do površine. Ovo zahteva izračunavanje rastojanja između 3D tačke P i trougla u prostoru, definisanog temenima $P_0P_1P_2$. Postoji se ovo izračunavanje vrši mnogo puta i zahteva intenzivne operacije, potrebno je naći metod koji će uticati na efikasnost ovog procesa. Postoji nekoliko mogućnosti koje određuju rešenje ovog problema:

- tačka može biti najbliža nekom temenu trougla $P_0P_1P_2$.
- tačka može biti najbliža ivici trougla P_0P_1 , P_1P_2 ili P_2P_0 .
- tačka može biti najbliža nekoj tački unutar trougla $P_0P_1P_2$.

Bilo bi neefikasno izračunavati rastojanje za svaki mogući slučaj a zatim određivati minimalno rastojanje. Bolje je odrediti koji je slučaj primenjiv i tada izračunavati rastojanje samo jednom za svaki trougao. Da bi se pojednostavilo rešavanje problema potrebno je translacijom i rotacijom trougla svesti problem na problem u ravni, tj. 2D . Najprostiji način da se izračuna rastojanje je određivanje matrice translacije i rotacije kojom će se trougao $P_0P_1P_2$ dovesti u takav položaj da teme P_0 leži u koordinatnom početku., teme P_1 leži na z-osi a teme P_2 da leži u ravni yz. Ova transformaciona matrica se može izračunati jednom za svaki trougao u predprocesiranju, i može se koristiti za transformaciju tačke P u tačku P' . P' se može prosto projicirati na ravan trougla ignorišući x koordinatu pošto je trougao u ravni yz. Ako je projekcija unutar trougla $P_0P_1P_2$ rastojanje tačke od trougla je x koordinata tačke P . Koristeći projekciju tačke P , određivanje najbližeg dela trougla može se odrediti koristeći jednačine ivica. Jednačina ivice je jednostavna

$$I(x,y) = (x - X) dY - (y - Y) dX$$

za liniju koja prolazi kroz tačku XY sa gradijentom dY/dX u odnosu na tačku xy . Ako je $I < 0$ tačka je levo od ivice , ako je $I > 0$ tačka je desno i ako je $I = 0$ tačka je na liniji. Na slici 3 se vide različite mogućnosti položaja tačke u odnosu na elementarnu trouglastu površnicu.



Slika 3. Položaj tačke u odnosu na trougao

Ako je P'_0 levo od P_2P_0 ona je najbliža ivici P_2P_0 ako je desno od P_2P_{21} i levo od P_0P_{01} . Slično se može zaključiti i za druge ivice. Za P'_0 da bi bila najbliže temenu P_0 mora biti desno od P_0P_{01} i levo od P_0P_{02} gde je P_0P_{02} definisano pod pravim uglom na P_0P_1 . Koristeći samo ove jednačine za ivice, najbliže teme ili ivica od $P_0P_1P_2$ do P'_0 može da se lako odredi. Linije P_0P_{01} , P_0P_{02} , P_2P_{21} , P_2P_{22} i td. i njihovi pravci se mogu odrediti u predpripremi, omogućavajući prostu aplikaciju jednačina ivica za određivanje koji deo trougla je najbliži tački P'_0 .

4. TEHNIKE MEMORISANJA VOKSELA

Kako izaberaemo način memorisanja voksel tako smo unapred odredili efikasnost korišćenja vokselkog modela objekta. Ovo je zbog toga što je zahtev za memorijom pojedinačno najveći kada koristimo voksel. Svaki telo je podeljen na jedinične kubove i tako memorisano. U želji da obuhvatimo što više detalja tela imamo enormno veliki broj kubova i zbog toga enormno veliku memoriju. Posmatraćemo tri moguće metode za predstavljanje vokselkog modela: zapreminski bafer, drvo oktanata i drvo binarnog deljenja prostora.

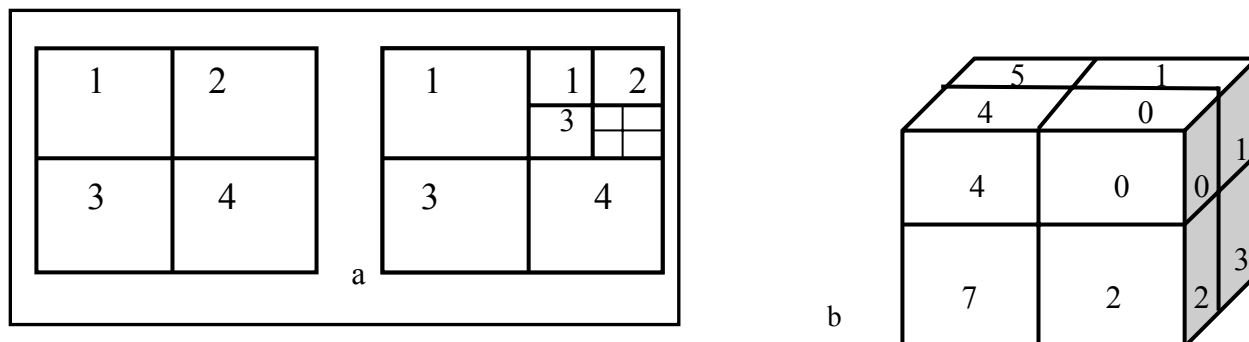
4.1 Zapreminski bafer

Najprostiji način da se memoriše zapreminski podaci je zapreminski bafer, koji je u suštini 3D zona jediničnih kubova od kojih neki imaju neku vrednost i pripadaju telu dok drugi pripadaju praznom prostoru i nemaju nikakvu vrednost. I ako ovaj način ima prednost u jednostavnosti, on zahteva znatno više memorije od predstavljanja u vidu drveta. Kubna rešetka veličine n zahteva n^3 elemenata memorije za memorisanje i

ovaj oblik ne poznaje formu kompresije podataka. Za male objekte ovaj metod ima predost uprkos svojoj neefikasnosti u pogledu memorisanja.

4.2 Oktantsko stablo

Jedan lako razumljiv metod memorisanja podataka je i oktantsko stablo. Ovaj metod je proizišao iz 2D kvadrantskog stabla. Ovaj metod je dobro poznat za memorisanje 2D raster slika i omogućava dobru kompresiju za slike sa velikim blokovima kontinualnih i homogenih površina. Metod polazi od deljenja jedne površine slike na četiri jednaka kvadranta. Svaki od ovih kvadranta se dalje deli na 4 nova, slika 3a.



Slika 3. Kvadrantsko i oktantsko stablo

Ovaj proces se nastavlja sve dotle dok svaki kvadrant ne sadrži iste tipove ćelija ili je dostignut a maksimalna dubina stabla. Sve ćelije su istog tipa ako sadrže veksle iste boje, ili je ćelija prazna. Maksimalnu dubinu definiše korisnik postavljajući maksimalnu rezoluciju predstavljanja. Oktantsko predstavljanje je slično kvadrantskom, samo što se deljenje vrši u 3D prostoru i prostor se deli na oktante, slika 3b. Svaki oktant se dalje deli sve dok se ne dobije slučaj da sadrži isti tip ćelije ili je dostignuta maksimalna dubina.

Oktanti imaju predost nad zapreminskim baferom. I ako u najgorem slučaju (ako je svaka pozicija u setu podataka popunjena) oktantsko stablo će zahtevati mnogo memorije, u svim drugim slučajevima, obezbeđuje kompresiju podataka. Ovo zbog toga što velika skupovi sadrže i prazan prostor. Ovaj metod predstavljanja voksel je dobra ravnoteža između kompresije podataka i lake implementacije.

4.3 Drvo binarnog deljenja prostora

Ova tehnika memorisanja je poznata kod poligonalnog načina predstavljanja tela a može se proširiti na korišćenje voksel. Trodimenzionalni prostor se deli sa jednom ravni na dva dela. Jedan se definiše da je „u“ ravni a drugi da je „van“ ravni, i „na“ ravni unutar definisane vredosti rastojanja. Prostor se deli dok se ne postigne maksimalna dubina stabla. Ovim stablom se može manipulirati i prikazivati kao da je u pitanju oktantsko drvo, sa prednošću bržeg algoritma sortiranja po dubini stabla. Ovaj metod zahteva više memorije nego oktantsko stablo, ali znatno manje nego zapreminski bafer

5. UMEŠTO ZAKLJUČKA

Problem predstavljanja kompjuterskog modela realnih objekata je vrlo složen i ne postoji jedan oblik predstavljanja koji bi bio superioran u pogledu primene CAD modela u raznim inženjerskim aktivnostima. I ako je poligonalno predstavljanje modela našlo najširu primenu do danas, ipak se pokazalo da se i drugi modeli, kao što je vokselna struktura, uspešno koriste u novim oblastima primene. Pomenimo samo ovom prilikom primenu kompjuterske tomografije u industriji za kontrolu dimenzija i kvaliteta proizvoda, tehnologiju brzog industrijskog kloniranja radnih predmeta ili tehnologiju 3D faksa. Sa druge strane, već poznate tehnologije brze izrade prototipa radnih predmeta, nametala je potrebu transformacije poligonalnog modela triangulacijom u već standardni industrijski STL fajl format, što je otvorilo put problemu transformacije jednog oblika CAD modela u drugi. Sve ovo zahteva stalne napore na iznalaženju efikasnijih algoritama za

pojedine faze transformacija. Stalni zahtevi za širenjem oblasti primene CAD modela ujedno postavljaju i nove zahteve u pogledu tačnosti aproksimiranog modela kao i mogućnosti programskog otkrivanja osobina delova istog objekta. Ovi zahtevi u oblasti primene kompjuterizovane tomografije u medicini su već doveli do vrlo efikasnih rešenja koja su već danas nezamenjiva u dijagnostici. Slično je i u oblasti industrijske kompjuterizovane tomografije primenjene u kontroli kvaliteta radnih predmeta.

6 LITERATURA

- [1] P. Bojanić: Mogućnost izgradnje 3D deformabilnog kompjuterskog modela ljudske glave. Zbornik radova 30. Jupiter konferencije, Zlatibor, 2005
- [2] D.E. Breen, S. Mauch, R. Whitaker, J. Mao: 3D Metamorphosis Between Different Types of Geometric Models. Eurographics 2001.
- [3] Adriano Lopes , Ken Brodli, Improving the Robustness and Accuracy of the Marching Cubes Algorithm for Isosurfacing, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, v.9 n.1, January 2003
- [4] Marco Attene , Bianca Falcidieno , Jarek Rossignac , Michela Spagnuolo, Edge-sharpener: recovering sharp features in triangulations of non-adaptively re-meshed surfaces, Proceedings of the 2003 Eurographics/ACM SIGGRAPH symposium on Geometry processing, 2003, Aachen, Germany
- [5] J. Mille, R. Boné, P. Makris, and H. Cardot: 3D Segmentation using Active Surface: A Survey and a New Model. Proceeding Visualization, Imaging, and Image Processing - 2005
- [6] Carsten Maple, Rotating squares to boundary cubes: boundary representation and classification techniques for two- and three-dimensional objects, Geometric modeling: techniques, applications, systems and tools, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 2004

SOME ASPECTS OF BUILDING 3D CAD MODEL BASED ON VOXEL FORM

Summary

Real object computer model is a foundation for a spectrum of computer supported engineering activities. Based on representation of internal model, possibilities for implementation of different CAD model technologies are defined in advance. The conversion problem of one form of the model into another is closely related to input of incorrect data while approximating which can affect the effects of application, especially if it is in relation to contactless dimension measuring or quality control of the parts.



СИМУЛАЦИОНО МОДЕЛИРАЊЕ КАО ПОДРШКА ВИРТУАЛНОМ ПРЕДУЗЕЊУ

М. Вукићевић, Г. Миодраговић, М. Бјелић¹

Резиме

Симулационо моделирање је веома моћан алат који пројектантима омогућавају да замисле нови систем, односно да изврше његово вредновање и посматрају његово понашање. Без обзира да ли је систем производна линија, погон, или производни систем, симулација се може користити за проучавање и упоређење могућих пројектних решења или за отклањање проблема у постојећим системима. Са симулационим моделом, може се истражити како ће реаговати постојећи систем на унутрашње и спољашње промене, или како се понаша нови систем и пре израде прототипа, при чему се штеди и на трошковима и на времену. У овом раду се даје концепт структуре и архитектура интегрисаног симулационог метода да би се задовољили захтеви виртуалног предузећа.

Кључне речи: симулација, моделирање, производња, виртуално предузеће

1. УВОД

У циљу опстанка предузећа металопрераде, у веома јакој конкуренцији савременог тржишта, комплетна структура предузећа, почев пројектовања до одржавања, мора бити веома прилагодљива. Прилагодљивост мора бити таква да не сме да проузрукује застоје или екстра трошкове, без обзира да ли се ради о покушају да се задовоље различити захтеви тржишта, или да су се десили различити поремећајни фактори, пословни или организациони.

Покушај да се, горе поменути проблеми, у ходу решавају, изискују велике трошкове и не гарантују да ће дати позитиван ефекат. Као логично решење, намеће се потреба за увођење посебних поступака и метода, који ће уз што мање трошкова и са одговарајућом поузданошћу моћи да предвиде понашање производних и обрадних система, за различите услове пословања.

Традиционално, симулација може бити примењена као интересантна стратегија, за подршку на нивоу доношења одлука на нивоу погона, као што је операционо планирање, симулација путање алата, тока материјала и слично. Међутим, традиционална симулација не задовољава потребе које поставља виртуално предузеће, а посебно захтевима виртуалног инжењеринга предузећа (Virtual Factory Engineering - VFE) кроз животни век производа.

Однедавно, са смањењем цене и побољшањем перформанси хардвера и софтвера, виртуална реалност (VR) је веома брзо постала моћни алат за анализу и пројектовање производних система. Шта више, VR може бити додата традиционалној симулацији, што обезбеђује компјутерски генерисано виртуално окружење. Сходно свему овоме речено, сасвим је природно размотрити могућност интеграционог симулационог метода (ISM), у комбинацији са VR и симулационим техникама, као подршку виртуалног инжењеринга предузећа у различитим фазама животног циклуса производа.

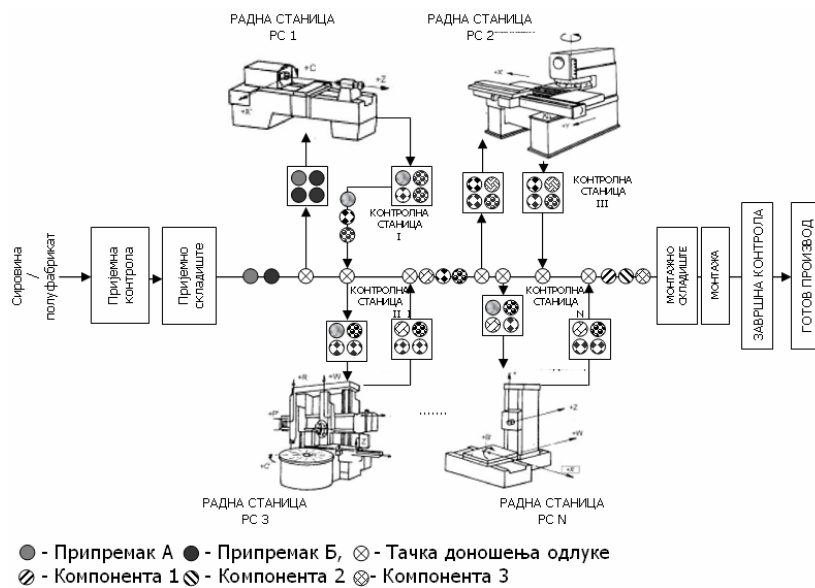
¹ проф. др Миомир Вукићевић, vukicevic.m@maskv.edu.yu;
мр Горан Миодраговић, miodragovic.g@maskv.edu.yu;
Бјелић Мишо, bjelic.m@maskv.edu.yu;

Машински факултет Краљево Доситејева 19, 36000 Краљево, тел./факс. +38136383-377,383-378,383-379,383-380

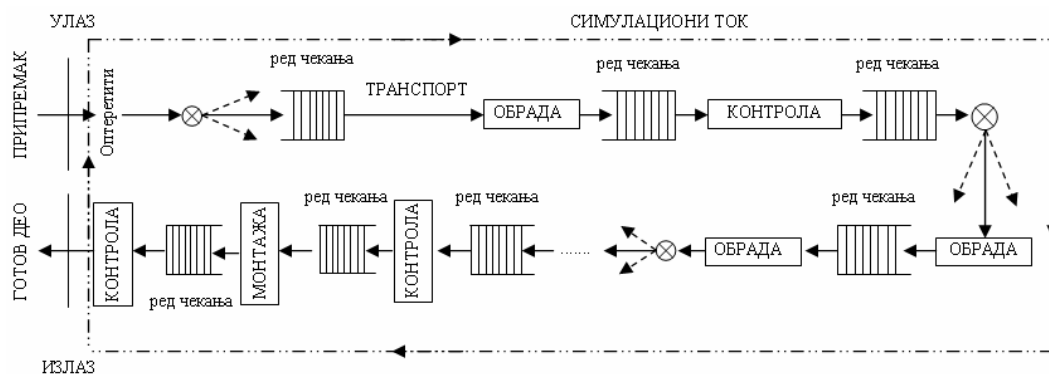
2. СИМУЛАЦИОНИ КОНЦЕПТ

Модел представља презентацију система или процеса. Као такав он треба да манифестује реалну слику стања у једном контролисаном окружењу. Симулациони модел је презентација која укључује време и промене које се дешавају током времена. При томе у моделу се процесирају значајне карактеристике објекта, концепта или система, који су представљени тим моделом.

Симулација процеса представља мимикрију стварног понашања објекта који се симулира. На пример, ваздушни тунел служи за тестирање ново пројектованог аутомобила и то на његовом моделу, прототипу. Модел производног процеса може бити искоришћен да детерминише оптималну конфигурацију и релације између чинилаца производног процеса, како би се постигла производња квалитетних делова у што краћем временском року и уз што мање застоје и трошкове производње. Како је симулација процес, она има свој почетак и крај. Понављање симулационог процеса током времена назива се симулациони ток, слика 1.



а) Пример могућег обрадног процеса који се моделира и симулира



б) Симулациони ток симулационог модела процеса са слике а)

Слика 1. Симулациони ток

Симулационо моделирање укључује тестирање модела кроз "шта - ако" анализу. У било ком сценарију, врши се промена улазних података, а резултати се обрађују и анализирају на крају симулационог тока. Под улазним подацима се подразумевају улази у симулациони модел односно у модуле симулационог модела. Исто је и са излазним подацима.

"Шта - ако" анализа подразумева велики број итерација и понављања. Ове операције су данас незамисливе без употребе рачунара и одговарајућег софтвера. Ма колико ти алати били кориснички

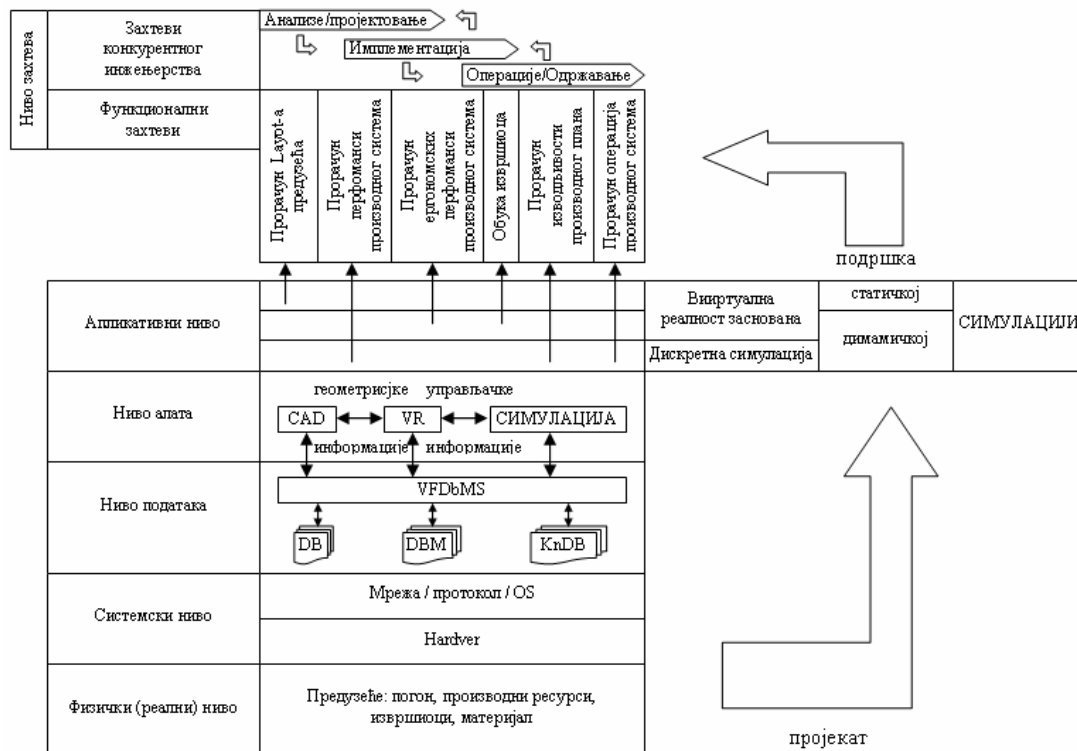
оријентисани, они не смеју бити затворени за проширење како модела тако и програмског интерфејса. Ово је из разлога, што без обзира на универзалност и сличност процеса који се моделира, сваки појединачни случај има своје специфичне проблеме, нарочито код комплексних система. Наравно, софтверски алат је незамислив без анимације.

Основа коришћења симулација је да предвиди последице усвајања одређених решења. Са симулационим моделом, у могућности смо да детерминишемо утицај промена на реални систем, а да, де факто, не извршимо никакве корекције над реалним условима.

Кроз модел је могуће пуштати безброј итерација и за сваку итерацију могуће је дати анализу коначног резултата. Предности овог начина су очигледне. Уколико се ради на развоју новог производа, процеса, система, није неопходно развијати прототипове и на њима вршити експерименталне провере. Уколико се врши реконструкција постојећег процеса или система, не прекида се рад и не ради се верификација у реалним условима, већ се само врши аквизиција података и упоређење са подацима добијеним из симулационог модела.

3. СТРУКТУРА ISM ЗА ПОДРШКУ ВИРТУАЛНОМ ПРЕДУЗЕЊУ

На слици 2. дата је структура интеграционог симулационог метода. Конкурентно инжењерство заузима значајно место, како, у смањењу времена пројектовања и имплементације фабричких постројења, тако и у побољшању продуктивности производних и пословних операција. Свака етапа, виртуалног инжењеринга - VFE, животног циклуса производа је баш укључена у конкурентно инжењерство. У етапи пројектовања виртуалног предузећа, логично је и неопходно развити и анализирати layout фабрике. У фази имплементације, виртуалног предузећа, неопходне су операције за обуку и увежбавање. Даље, у фази извршења и одржавања, пре него што се она покрене, неопходно је извршити анализу изводљивости. Такође, у овој фази је потребно извршити прорачун перформанси обрадног система. Сви ови, горе наведени, захтеви су саставни делови нивоа захтева виртуалног предузећа, слика 2.



Слика 2. Структура ISMa

Ниво захтева се среће у функцијама виртуалног предузећа, кроз статичку и динамичку симулацију. Статичка симулација обезбеђује ефикасност и визуализацију окружења, где се могу израчунати

статичке карактеристике виртуалног предузећа. Са динамичком симулацијом, заснованој на дискретној симулацији, операциони планови се могу безбедно тестирати. Ове функције су саставни део апликационог нивоа виртуалног предузећа.

У лејеру алата, CAD, VR и симулациони алати су интегрисани, што обезбеђује снажну подршку захтевима апликационог нивоа. Са системом за управљање подацима виртуалног предузећа (VFDbMS), интегришу се три базе података у нивоу података, и то: база података (DB), база података модела (DBM), и база знања (KnDB). Подаци и информације абстраковани из реалног предузећа могу се сачувати у бази података који се односи на ниво података. Системски ниво, обезбеђује подршку софтвера и хардвера на нивоу података. И на крају, подршка интеграционог симулационог метода, проузрукује да се реално предузеће може пројецирати у виртуално.

4. КЉУЧНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ ISM ЗА ПОДРШКУ ВИРТУАЛНОМ ПРЕДУЗЕЋУ

4.1. Систем за управљање подацима виртуалног предузећа (VFDbMS)

За традиционални систем за управљање производним подацима (PDM), структура производа је успостављена, да би се задовољило захтевима који поставља CAD/CAM. Зато је он пројектно оријентисан. У исто време, у MRP/ERP систему, структура производа је изграђена са становишта производног плана, за подршку производњи (обради) и монтажи. Са ове тачке гледишта она је процесно оријентисана. Ипак, захтеви пројектовања и производње морају бити задовољени у виртуалном инжењерингу предузећа. Систем за управљање подацима виртуалног предузећа (VFDbMS), треба да организује и управља подацима виртуалног предузећа.

Главне функције које треба да оствари VFDbMS су:

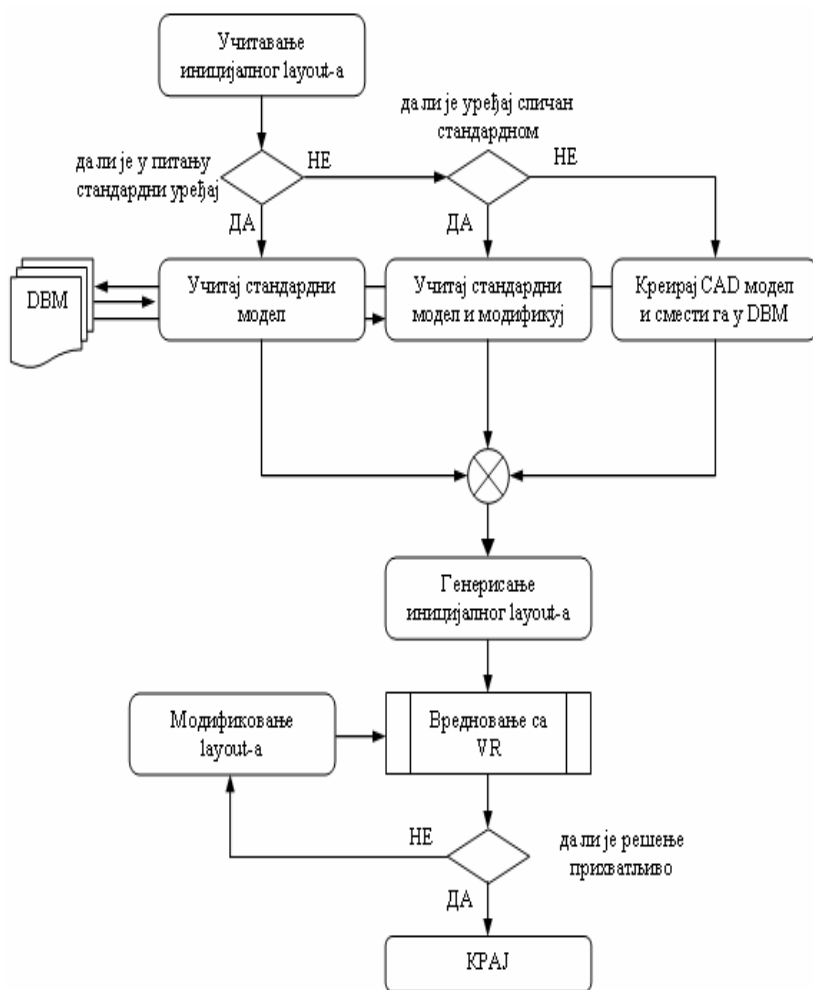
- Подршка процесу управљања у виртуалном предузећу, што је кључ имплементације конкурентног инжењерства.
- Обезбеђење дистрибутивног колаборативног окружења. Класификовањем корисника у групе и дефинисање улоге корисника, могу се конфигурирати персонално радно окружење, заједнички подаци и права коришћења, код великог броја инутрашњих и спољашњих корисника, на један логичан начин.
- Обезбеђење интероперабилних захтева. VFDbMS треба да обезбеди подршку за различите типове клијената, различиту хардверску платформу и симулационе апликације.

4.2. Статичка симулација

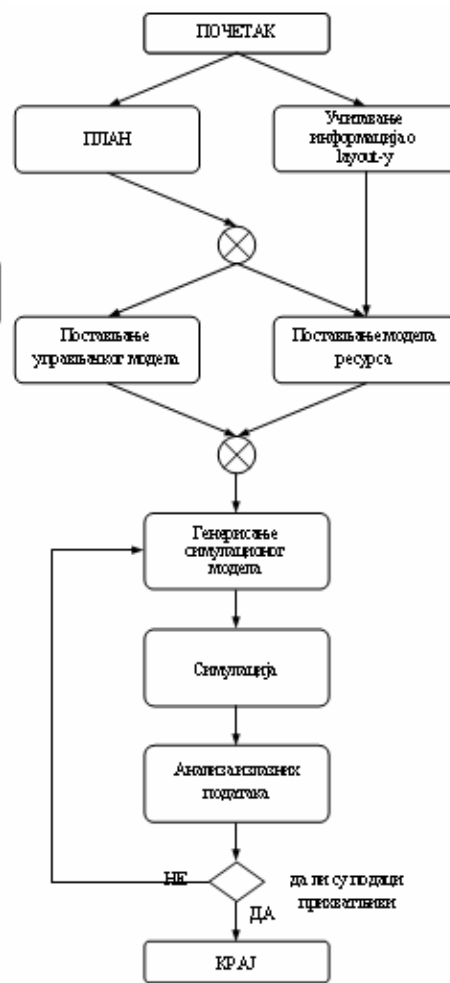
Сврха статичке симулације је да израчуна статичке карактеристике виртуалног предузећа, као што је на пример распоред машина и опреме садржаних у layout-у фабрике. Кораци које треба предузети за дефинисање поменутог layout-а, су следећи:

1. Унети податке о плану предузећа који укључује врсту, облик и димензије опреме, податке о погонима, оперативним јединицама и радним местима.
2. Генерисати иницијални layout позивајући оптимизациони алгоритам
3. Прорачунавати и едитовати layout све док се не дође до жељеног - најбољег решења, слика 3.
 - 3.1. Учитавање иницијалног layout-а. Стратегија геометријског моделирања опреме укључује позивање ресурса из базе података модела или његово креирање уз помоћ CAD-а. После тога, креира се иницијални layout фабрике сагласно спецификацији производног плана.
 - 3.2. У VR окружењу, иницијални layout се квалитативно процењује у погледу ергономичности и функционалности, што може резултовати сложеним layout-ом. Уколико је неопходно

потребно је поновно едитовање и модификовање, све док се не добије задовољавајуће решење.



Слика 3. Модел активности статичке симулације



Слика 4. Активности модела динамичке симулације

4.3. Динамичка симулација

Динамичка симулација виртуалног предузећа се може поделити на симулацију засновану на виртуалној реалности - VR, и на дискретну симулацију, симулацију на засновану на дискретним догађајима. Динамичка симулација базирана на VR-у омогућава оператору да се уклопи у виртуално окружење, где се он може обучити без икаквих последица уколико нешто погрешно. У другу руку, дискретна симулација, се може користити за прорачун реализације производног плана и перформанси виртуалне фабрике. Процес динамичке симулације био би следећи, слика 4.:

1. Додељивање задатака сваком радном месту. У различитим етапама радна места добијају различите задатке. У етапи пројектовања и имплементације, задаци се генеришу према производном плану. Када се прорачуна изводљивост операционог плана, задатак се генерише према достигнутом нивоу декомпонованог производног плана. Даље генерисање задатака се одвија на основу стања (понашања) виртуалног предузећа у реалном времену.
2. Генерисање модела ресурса. Део информација о ресурсима се може прибавити из датотека спецификација генерисаног layout-а, остали проистичу из претходно додељених задатака.
3. Генерисање управљачког модела.

4. Генерисање симулационог модела.
5. Извршење, вредновање и едитовање симулационог модела све док се не добију одговарајући подаци.

5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду презентована је структура интеграционог симулационог метода. Структура је подељена у шест нивоа: ниво захтева, апликативни ниво, ниво алата, ниво података, системски ниво и физички (реални) ниво.

Као кључне технологије за подршку ISM виртуалном предузећу, идентификоване су Систем за управљање подацима виртуалног предузећа (VFDbMS), статичка и динамичка симулација. VFDbMS обезбеђује функције за управљање базом података, базом података модела и базом знања. Симулацијом, статичком, се добија оцена layout-а фабрике, док се динамичком симулацијом (заснованој на виртуалној реалности и дискретној симулацији) проценују ергономске перформансе layout-а и могућност остварења и извршења производног плана виртуалног предузећа.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Stewart Robinson, 'Simulation - The Practice of Model Development and Use', John Wiley & Sons Ltd, England, 2004.
- [2] Harry Perros, 'Computer Simulation Techniques: The definitive introduction!', Computer Science Department, NC State University, Raleigh, NC, December 2005
- [3] Zhai, Wenbin; Fan, Xiumin; Yan, Juannqui; Zhu, Pengsheng, 'An Integrated Simulation Method to Support Virtual Factory Engineering', International Journal of CAD/CAM, Vol. 2, No 1, pp. 39-44, 2002.
- [4] Jayendran Venkateswaren, Young-Jun Son, 'Distributed and Hybrid Simulations for Manufacturing Systems and Integrated Enterprise', Dpartment of Systems and Inustrial Engineering, The University of Arizona Tuscon, 2004.
- [5] Averill M. Law, Michael G. McComas, 'Simulation of manufacturing systems', Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference

Abstract

Simulation is a powerful tool for designers imagine new systems, apropos to quantify and observe their behaviour. Whether the system is a production line, work room or production system, simulation can br used to study and compare alternative designs or to troubleshoot existing systems. With simulation model we can explore howe an existing system might perfomed on internal or external changes, or how a new system might behave before the prototype is even completed, thus saving on costs and time. This paper presents a structure and arhitecture of an integrated simulation method to meet the requirements of virtual factory.

Keywords: simulation, modelling, production, virtual factory



Miloš D. Pavlović¹

MOGUĆNOSTI NUMERIČKE SIMULACIJE STRUJANJA U INDUSTRIJI

Rezime: U radu su date mogućnosti primene metoda numeričke simulacije strujanja koja se javljaju u tehničkoj praksi. Dat je kratak pregled razvoja postupaka za numeričku simulaciju strujanja i ukazano na tendenciju porasta njihove primene u savremenoj inženjerskoj praksi. Ukratko su date matematičke osnove metode i razmotrena je njihova neposredna primena. Kroz nekoliko primera iz inženjerske prakse (konvektivno strujanje i prenos toplote za model prijemnika koncentrisanog sunčevog zračenja, dejstvo jačine i pravca vetra na brod, dejstvo vetra na blok zgrada i analiza konvektivnog strujanja za tipski stan, DNS simulacija strujanja u toplotnoj cevi) ukazano je na mogućnosti primene postupaka numeričke simulacije strujanja na Katedri za mehaniku fluida Mašinskog fakulteta u Beogradu.

Korišćene veličine

μ	dinamička viskoznost
$\nu = \mu/\rho$	kinematska viskoznost
t	vreme
$[\bar{x}]_i = x_i$	i-ta komponenta pravca ($i=1,2,3$)
$\tilde{u}_i = (\bar{x}, t)$	i-ta komponenta brzine
U_i	i-ta komponenta brzine osrednjena po vremenu
u_i	fluktuacije i-te komponente brzine
$\tilde{p}(\bar{x}, t)$	statički pritisak
P	statički pritisak osrednjen po vremenu
p	fluktuacije statičkog pritiska
$\tilde{\rho}$	gustina
$\tau_{ij} = \rho \langle u_i u_j \rangle$	tenzor turbulentnih napona
$Re = \nu L / \nu$	Rejnoldsov broj
$Gr = [g\beta(T_w - T_a)L^3] / \nu^2$	Grashofov broj

1. UVOD

U vreme kad se pojavila, pre malo više od pola veka, numerička simulacija strujanja bila je rezervisana isključivo za veće istraživačke centre i za projekte od strateškog značaja (nuklearni program, raketna tehnika, vazduhoplovstvo, pomorski program i sl.) koji su bili praćeni odgovarajućim budžetom. Osnovni cilj programa za numeričku simulaciju strujanja bio je bolje planiranje eksperimenata i smanjenje njihovog obima što rezultuje skraćanjem perioda razvoja. Bitno je da se naglasi da su eksperimentalna istraživanja u mehanici fluida u načelu veoma skupa i da smanjenje njihovog obima znatno doprinosi smanjenju troškova istraživanja i razvoja novih proizvoda.

Pre dvadesetak godina pojavili su se prvi paketi programa za numeričku simulaciju strujanja koji je potencijalni korisnik mogao kupiti, instalirati na sopstvenom računaru i koristiti u sopstvenoj inženjerskoj praksi, za razvoj novih proizvoda u okviru sopstvenog proizvodnog programa. Nešto pre toga pojavili su se komercijalni paketi programa za proračun čvrstoće konstrukcija i simulaciju dinamičkog ponašanja

¹ Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd 35, E-mail: mpavlovic@mas.bg.ac.yu

inženjerskih konstrukcija. Ova dva moćna oruđa (programi za proračun čvrstoće i za simulaciju strujanja) značajno su doprinela intenzivnoj pojavi novih proizvoda na tržištu skraćivanjem vremena njihovog razvoja. Razvoj računarske tehnike, delimično zasnovan i na zahtevima inženjera, omogućio je da programi za numeričku simulaciju strujanja i programi za proračun čvrstoće pređu sa velikih, moćnih računara na radne stanice, a zatim i na personalne računare.

Paketi programa za numeričku simulaciju strujanja su danas moćno sredstvo čiji značaj primene u inženjerskoj praksi intenzivno raste. Oni su davno prevazišli problem turbulentnog strujanja, sa stanovišta primene u inženjerskoj praksi, a u njih su danas uključeni i složeni problemi strujanja – stišljiva strujanja, konvektivna strujanja i prenos toplote, višekomponentna i višefazna strujanja, uključujući i problem kavitacije, proces sagorevanja, strujanje sa hemiskim procesima u farmaceutskoj, hemijskoj i procesnoj industriji, magnetohidrodinamička strujanja, strujanja vezana za živi svet i dr.

2. NUMERIČKA SIMULACIJA STRUJANJA

2.1 Matematički model strujanja

Numerička simulacija strujanja zasniva se na rešavanju jednačina kretanja fluida, koje definišu strujno polje - polje brzina, pritiska, gustina, temperature kao i ostalih relevantnih jednačina strujanja. U osnovi to su jednačina kontinuiteta (zakon o održanju mase), i Navije-Stoksova jednačina za njutnovske fluide (zakon o održanju količine kretanja). Za strujanje nestišljivog fluida one glase:

$$\frac{\partial \tilde{u}_j}{\partial x_j} = 0 \quad (1)$$

$$\left[\frac{\partial \tilde{u}_i}{\partial t} + \tilde{u}_j \frac{\partial \tilde{u}_i}{\partial x_j} \right] = -\frac{1}{\tilde{\rho}} \frac{\partial \tilde{p}}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 \tilde{u}_i}{\partial x_j^2} \quad (2)$$

Jednačine (1-2) prate odgovarajući početni i granični uslovi. Na čvrstim konturama kao granični uslov za brzinu se koristi $\vec{v} = 0$ (neprobojnost konture i lepljenje fluida za konturu). Treba dobro uočiti da sistem (1-2) čine četiri parcijalne diferencijalne jednačine za četiri promenljive – tri komponente brzine i pritisak.

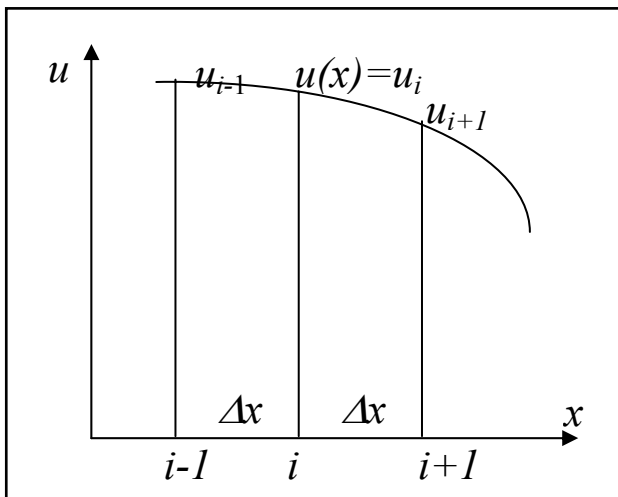
Pošto su strujanja u prirodi i tehnici koje obično želimo da simuliramo najčešće turbulentna, što znači da su funkcije polja stohastičke veličine, jednačine (1-2) se osrednjavaju po vremenu, tako da je:

$$\begin{aligned} \tilde{u}_i &= U_i + u_i \\ \tilde{p} &= P + p \end{aligned} \quad (3)$$

te se dobija :

$$\frac{\partial U_j}{\partial x_j} = 0 \quad (4)$$

$$\left[U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \right] = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_j^2} - \frac{\partial \langle u_i u_j \rangle}{\partial x_j} \quad (5)$$



Slika 1. Konačne razlike

Kao što je uobičajeno, jednačine prate odgovarajući granični uslovi. Obično se smatra da je tenzor turbulentnih napona τ_{ij} simetričan, što znači da je $u_i u_j = u_j u_i$. U sistemu (4-5) postoje četiri parcijalne diferencijalne jednačine i deset promenljivih – po vremenu osrednjeni pritisak P , tri po vremenu osrednjene brzine U_i , i šest turbulentnih napona $u_i u_j$. Da bi se sistem zatvorio vrši se modeliranje turbulentnih napona, tj. njihovo povezivanje sa poljem po vremenu osrednjenih brzina, što uvodi nove dopunske algebarske ili parcijalne diferencijalne jednačine u sistem. Ukoliko je fizički model složeniji sistem jednačina (4-5) treba dopuniti odgovarajućim članovima ili jednačinama.

2.2 Diskretizacija jednačina kretanja

Pošto su parcijalne diferencijalne jednačine kretanja nelinearne i nemoguće ih je rešiti u opštem obliku, pristupa se njihovom numeričkom rešavanju. Naime, jednačine se u domenu integracije diskretizuju, te se dobija sistem algebarskih diferencijalnih jednačina čije rešenje daje vrednosti funkcija polja u diskretnim tačkama. Obično se koriste metoda konačnih elementa ili, što je češći slučaj za proračun strujanja, metoda konačnih razlika. Savremeni programi za numeričku simulaciju strujanja koriste metodu konačnih zapremina, koja spada u metode konačnih razlika. Osnovna ideja je da se izvodi traženih funkcija zamene konačnim razlikama, što je predstavljeno na Sl. 1.

Ako je vrednost funkcije $u(x)=u_i$ u tački $x=x_i$ onda se prvi izvod u toj tački može definisati kao:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x} = \frac{u_{i+1} - u_i}{\Delta x} (a); \quad \frac{\partial u_i}{\partial x} = \frac{u_i - u_{i-1}}{\Delta x} (b); \quad \frac{\partial u_i}{\partial x} = \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2\Delta x} (c) \quad (6)$$

Izraz (6a) predstavlja aproksimaciju prvog izvoda funkcije konačnim razlikama unapred, (6b) unazad, a (6c) centralno.

Ideja metode konačnih razlika, kao i metode konačnih elemenata, deluje u načelu dosta jednostavno, mada njena primena može biti veoma složena. Naime, kao prvo, mreža konačnih razlika ne mora biti uniformna (najčešće nije!). Element kontrolnog prostora (na Sl. 1. to je duž Δx) može biti veoma složen, bitno je da je domen integracije kontinualno ispunjen njima. Zato se u postupku pripreme (pre-procesiranje) posebna pažnja posvećuje definisanju geometrije strujnog prostora i vrednosti fizičkih veličina na granicama. Savremeni paketi programa za numeričku simulaciju strujanja imaju posebne module u tu svrhu, kao i mogućnost da se direktno preuzmu podaci o modelu generisani nekim od programa za konstruisanje objekata (CATIA, PRO-ENGINEER, Auto-CAD i dr). Nakon definisanja geometrije strujnog prostora poseban modul generiše proračunsku mrežu. Pored definisanja graničnih uslova u postupku pripreme posebna pažnja se posvećuje fizičkim aspektima problema (neviskozno-viskozno, laminarno-turbulentno, nestišljivo-stišljivo strujanje, model turbulencije, izotermno-neizotermno, jedno-višefazno, jedno-više komponentno strujanje, posebni uticaji i dr).

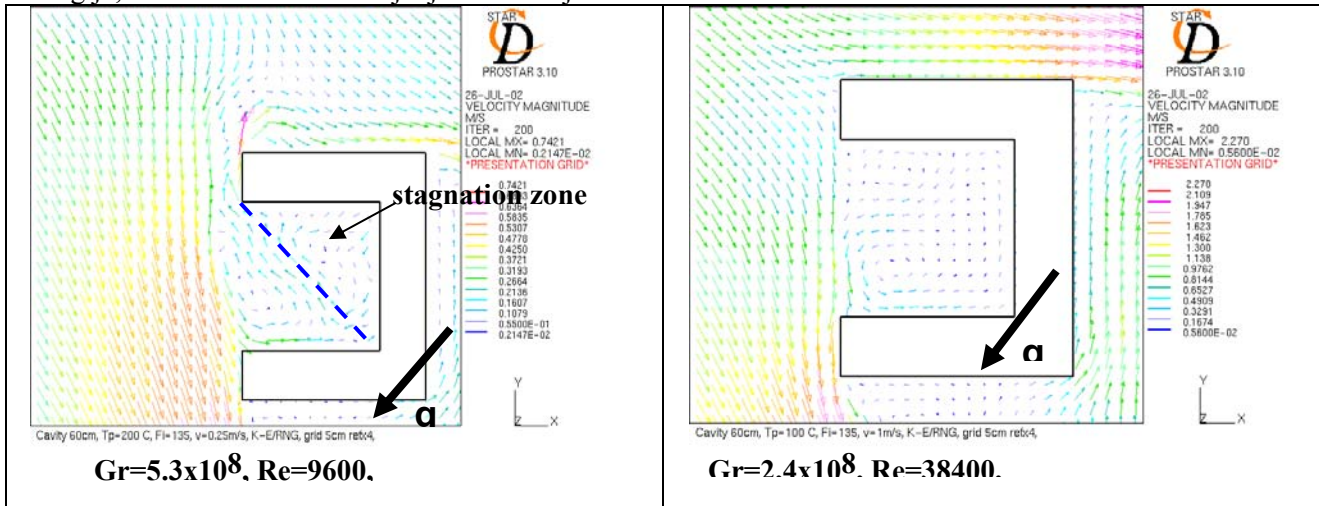
Dobijeno rešenje algebarskog sistema jednačina, unutar domena integracije, daje sve relevantne strujne veličine u pojedinim tačkama strujnog polja. U suštini, rešenje se dobija u obliku velikog broja tabela sa podacima. Za inženjerske potrebe rešenja dobijena na ovaj način su dovoljno tačna i predstavljaju pouzdanu bazu podataka za dalji rad. Da bi se ovi podaci efikasno iskoristili za dalju analizu razvijeni su postupci za njihovu grafičku interpretaciju. Tako se kao krajnji rezultat na geometriskom modelu strujnog prostora koji je razvijen u postupku pripreme (pre-procesiranja) dobijaju različite slike – slike strujnica, raspored vektora brzina, polje pritiska, gustine, temperature i dr. Na zidovima modela dobijaju se parietalne veličine, kao što su lokalne vrednosti koeficijenta trenja, koeficijenta prelaza toplote i dr. Ovaj postupak predstavljanja i analize rezultata naziva se post-procesiranje.

3. PRIMERI PRIMENE PROGRAMA ZA NUMERIČKU SIMULACIJU STRUJANJA

Na Katedri za mehaniku fluida Mašinskog fakulteta u Beogradu urađen je veći broj numeričkih simulacija strujanja. Trenutno su na raspolaganju paketi programa za numeričku simulaciju OpenFOAM i FLUENT sa kojim se mogu rešavati i problemi različitih vrsta strujanja koja su od interesa za primenu u industriji. Saopšten je i publikovan izvestan broj radova uz korišćenje ovog postupka.

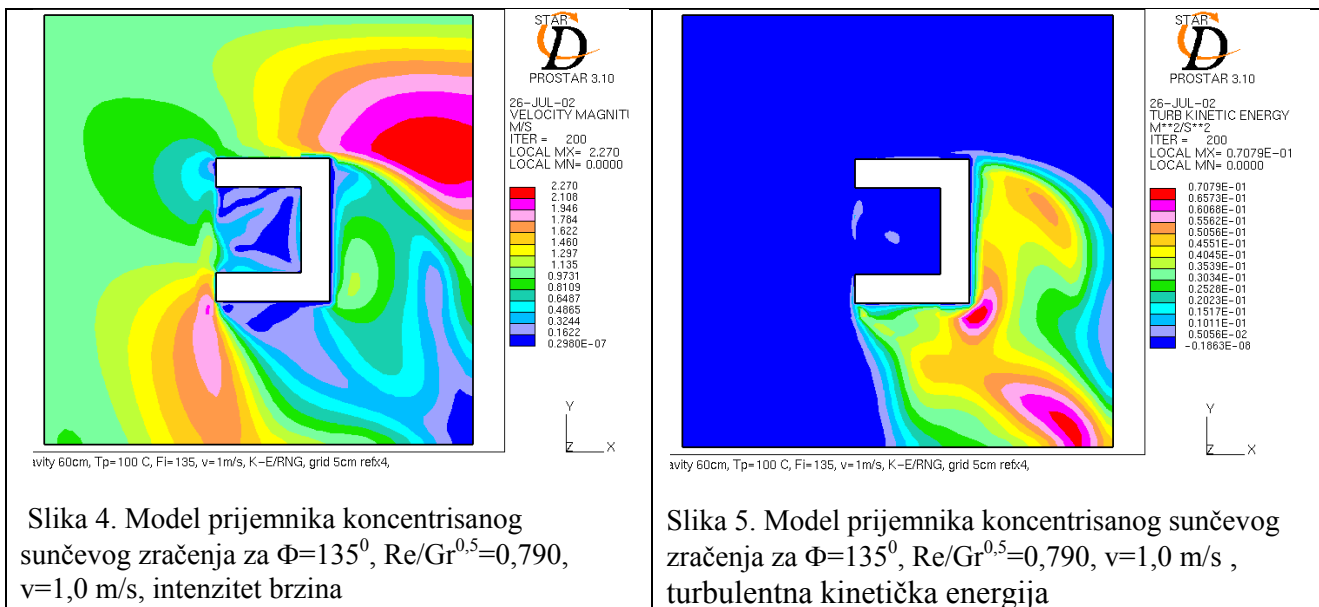
Na prvoj seriji slika 2-5 dati su primeri numeričke simulacije opstrujavanja 2-D modela prijemnika koncentrisanog sunčevog zračenja i prenosa toplote sa njegovih unutrašnjih površina [1]. Korišćen je programski paket Star-CD. Ovaj prijemnik postavlja se u centar u koje polje heliostata (ogledala) koncentriše sunčevo zračenje. Cilj istraživanja bio je da se istraži uticaj spoljašnjeg strujanja na prijemnik i da se odrede njegovi konvektivni gubici toplote. Variran je intenzitet spoljašnjeg strujanja – vetra, kao i položaj modela tj položaj njegovog otvora u odnosu na vertikalnu. Na slikama 2 i 3 dati su rezultati kada je otvor prijemnika koncentrisanog zračenja nagnut za 45° na dole, što odgovara radnim uslovima. Sa porastom brzine spoljašnjeg strujanja intenzivira se strujanje unutar prijemnika, posebno unutar stagnacione zone u kojoj je, u odsustvu spoljašnjeg uticaja strujanje praktično zamire. To dovodi do značajnog porasta koeficijenta prelaza toplote, pa time i konvektivnih gubitaka, čime se značajno smanjuje efikasnost rada prijemnika koncentrisanog

sunčevog zračenja. Na slici 4 dat je raspored intenziteta brzine, a na slici 5 raspored turbulentne kinetičke energije, tako da se kvalitet strujanja može dalje analizirati.



Slika 2. Model prijemnika koncentrisanog sunčevog zračenja za $\Phi=135^{\circ}$, $Re/Gr^{0.5}=0,131$, $v=0,25$ m/s

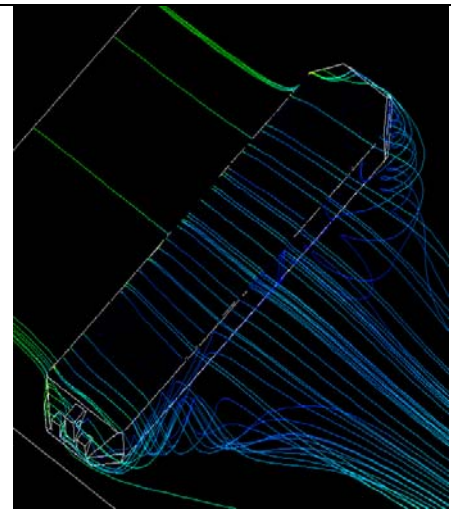
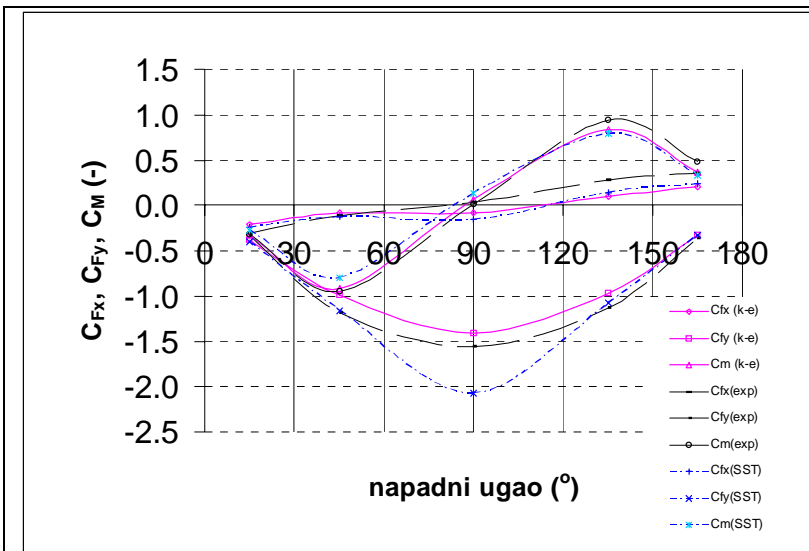
Slika 3. Model prijemnika koncentrisanog sunčevog zračenja za $\Phi=135^{\circ}$, $Re/Gr^{0.5}=0,790$, $v=1,0$ m/s



Slika 4. Model prijemnika koncentrisanog sunčevog zračenja za $\Phi=135^{\circ}$, $Re/Gr^{0.5}=0,790$, $v=1,0$ m/s, intenzitet brzina

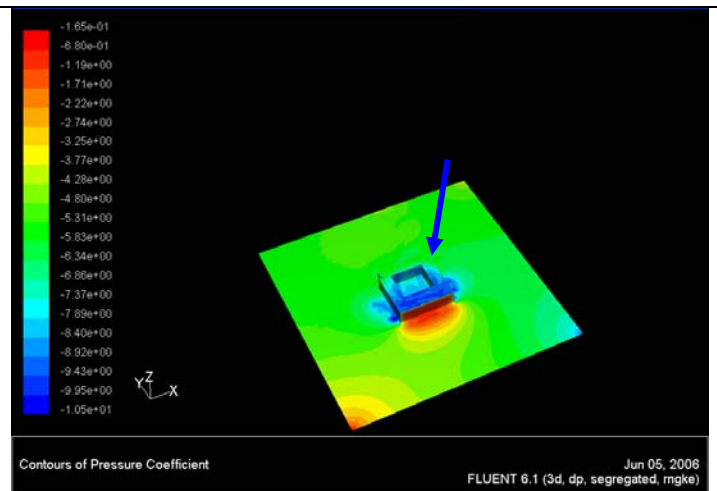
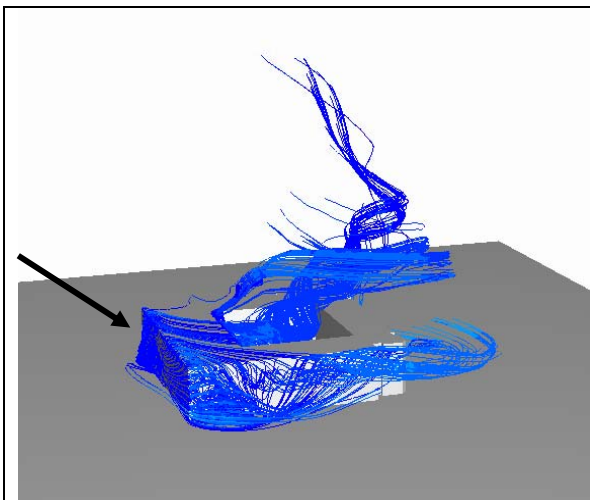
Slika 5. Model prijemnika koncentrisanog sunčevog zračenja za $\Phi=135^{\circ}$, $Re/Gr^{0.5}=0,790$, $v=1,0$ m/s, turbulentna kinetička energija

Na sledećim slikama 6-9 dati su primeri numeričke simulacije opstrujavanja broda vazduhom, tj dejstvo vetra na brod, [2]. Korišćen je progamski paket CFX-5. Varirani su brzina i napadni ugao vetra. Rezultati numeričke simulacije su upoređivani sa rezultatima eksperimentalnih istraživanja na modelu istog broda u aerotunelu. Istražena je podobnost različitih modela turbulencije i zaključeno je da je za ovaj slučaj numeričke simulacije najpogodniji SST model, mada i k- ϵ i k- ω imaju prednost u određenim oblastima primene. Na osnovu izvršenih simulacija i dobijenih vrednosti rasporeda pritiska oko modela broda sračunati su koeficijenti otpora za podužni i poprečni pravac, kao i koeficijent momenta. Rezultati su upoređeni sa eksperimentalnim i utvrđeno je veoma dobro slaganje, slika 6, što potvrđuje opravdanost primene primenjenog postupka numeričkih simulacija. Na slici 7 dat je raspored strujnica za slučaj opstrujavanja broda pod napadnim uglom 90° – to je najnepovoljniji pravac dejstva vetra na brod. Važno je da se naglasi da su eksperimentalna istraživanja u ovom slučaju bila oko 4,6 puta skuplja od numeričke simulacije, što posebno govori u prilog njene dalje primene.



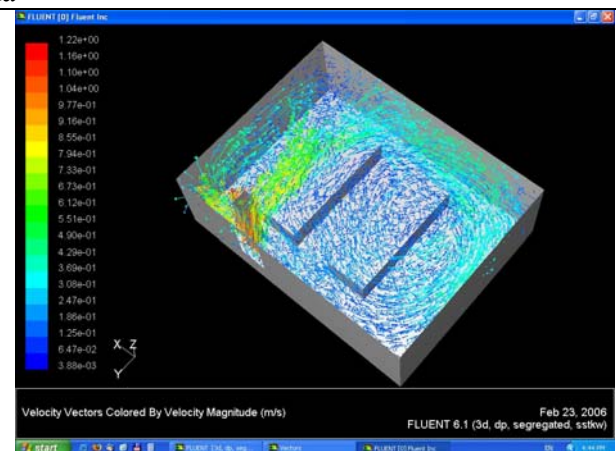
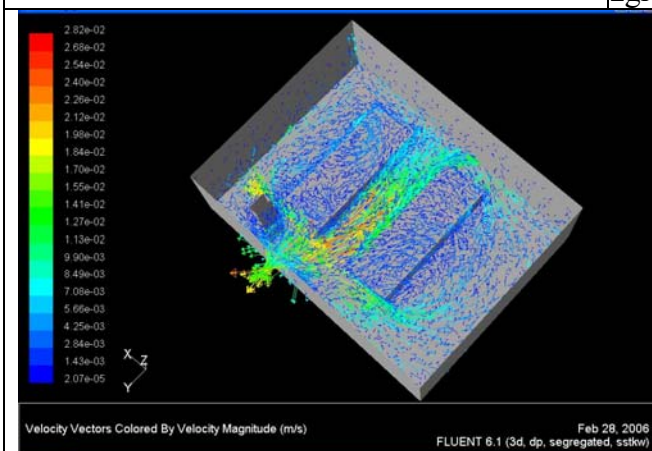
Slika 6. Koeficijenti otpora u podužnom i poprečnom pravcu i koeficijent momenta za SST i k-ε model upoređeni sa eksperimentalnim rezultatima

Slika 7. Oblik strujnica oko trupa broda (90° napadni ugao)



Slika 8. Strujno polje oko bloka zgrada

Slika 9. Raspored koeficijenta pritiska oko bloka zgrada

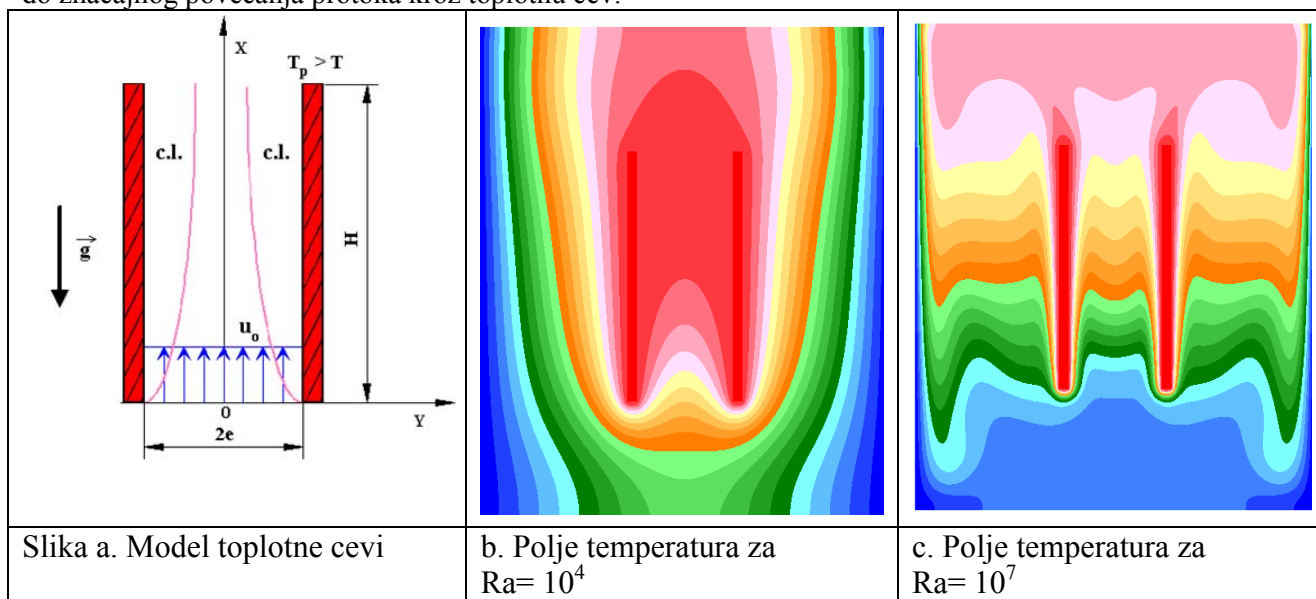


Slika 10a. Strujanje u tipskom stanu – podpritisk

Slika 10b. Strujanje u tipskom stanu – nadpritisk – infiltracija vazduha kroz procepe

Na sledećim slikama prikazani su rezultati numeričke simulacije strujanja vetra oko bloka zgrada [3]. Posebno je interesantan pramen vazduha koji se diže iz atrijuma, slika 8, i koji svedoči o interakciji prirodnog konvektivnog strujaja (zidovi atrijuma su topliji od spoljnog vazduha) i prinudnog spoljašnjeg strujanja (dejstvo vetra). Na slici 9 dat je raspored koeficijenta pritiska oko bloka zgrada. Jasno se uočavaju površine bloka zgrada na kojima vlada podpritisak odnosno nadpritisak, te je dalje moguće izvršiti proračun infiltracije vazduha u objekat, kao i proračun odgovarajućih toplotnih gubitaka. Na slici 10a prikazano je strujanje u tipskom stanu kada se (jedini) prozor nalazi u oblasti podpritisaka i kada dolazi do izvlačenja vazduha iz stana, dok je na slici 10b prikazano strujanje u tipskom stanu kada se (jedini) prozor nalazi u oblasti nadpritisaka i kada dolazi do prodora vazduha kroz procepe prozora u stan.

Na Katedri za mehaniku fluida u razvoju je i paket programa za direktnu numeričku simulaciju (DNS) Navije-Stoksovih jednačina. Razvijen je za istraživačke potrebe i za njegovu širu primenu neophodan je modul za pretprocesiranje, tj za definisanje geometrije objekta i generisanje mreže, pa je njegova primena vezana za modele jednostavne geometrije. Na slikama 11a, b i c dat je model toplotne cevi i rezultati temperaturnog polja za dve vrednosti Rejlijevog broja. Očigledno je da porast temperature površine dovodi do značajnog povećanja protoka kroz toplotnu cev.



Ovih nekoliko prikazanih primera ukazuju na mogućnosti primene metoda i paketa programa za numeričku simulaciju strujanja na Katedri za mehaniku fluida Mašinskog fakulteta u Beogradu.

Literatura

- [1] Pavlović M. D., Interaction of the Natural and Forced Convection in an Open Isothermal Cavity - Comparison of Numerical results with the Experiment ,3rd Yugoslavia-Japan Joint Workshop on Computer Simulation Science, Beograd, 2.-4.IX 2002
- [2] Muk-Pavić E., Numerička simulacija opstrujavanja broda primenom različitih modela turbulencije, *Magistarski rad*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Jun 2006.
- [3] Ećim O., Pavlović M. D., Todorović M. S., Ispitivanje dinamičke prirodne ventilacije spregom termičkih i CFD simulacija, 37. *Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji*, Beograd, 6.-8.XII 2006.

ON POSSIBILITIES OF NUMERICAL SIMULATION OF INDUSTRIAL FLOWS

Abstract: The possibilities of application of numerical simulations for industrial flows are discussed in this paper. The short overview of the progress in methods for numerical simulations of flow is given and particularly the trend of the growth of their applications in engineering practice is exposed. Mathematical foundations of the method are given shortly and their practical application is described. With a few examples from engineering practice (convective flow and heat transfer for the model of the central solar receiver, the effects of wind intensity and direction on ship, the effects of wind on the block of buildings and convective flow analysis for the typical apartment, DNS simulation of caloduc) the possibilities of application of the numerical simulation methods on the Chair of Fluid Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade, are shown.



SIMULATION OF THE DYNAMIC BEHAVIOR OF AN ASYNCHRONOUS MACHINE IN SCILAB / SCICOS ENVIRONMENT

¹ Cristian Paul CHIONCEL, ² Petru CHIONCEL, ³ Gilbert-Rainer GILLICH, ⁴ Nicoleta GILLICH

Abstract: The paper presents the major steps that have to be gone through in the implementation of the mathematical equations of the asynchronous machine in SciLab / Scicos. MATLAB clone is SciLab, which provides number-crunching power similar to MATLAB, at a much better cost/performance ratio. SciLab has much strength, including excellent documentation and excellent support. It has also a module, called SCICOS, which is similar to Simulink. The implemented model offers the possibility to analyze the behaviors of the asynchronous machine in different dynamic situations: speed, torques, current in motor or generator regime.

1. INTRODUCTION

The SciLab program is free software destined for numerical data analyses supplied in matrix or vector format. It is a scientific numerical, programming and graphics environment for numerical processing of signals, modeling simulating and projecting complex numerical systems, is user-friendly and provides a powerful open computing environment for engineering and scientific applications, based on vector/matrix manipulations. It resembles MatLab / Simulink and Matrix / SystemBuild family of products. It is similar in operation to MatLab, being its best clone, and other existing numerical/graphic environments, that can be run on a variety of operating systems including UNIX, Windows, Linux, etc.

SCICOS (Scilab Connected Object Simulator) is a Scilab package graphically-based system, modeling software for dynamical system, which include both continuous and discrete sub-systems, an environment for designing reactive systems modeler and simulator toolbox included in the SciLab engineering and scientific computation software. Based on an open formalism, SCICOS can create block diagrams and can be used to model and simulate the dynamics of hybrid dynamical systems and compile models into executable code. SCICOS is used for signal processing, systems control, to study physical and biological systems. Having access to Scilab functions when designing simulation models is of great importance: Scicos user often needs to use Scilab functions such as those dedicated to filter design for signal processing or controller design in the construction of simulation models.

The asynchronous machine has a simple constructive structure and that's why it is often used in different industrial applications.

Figure 1 presents the 3 Phase symmetrical asynchronous machine with the windings (u,v,w), the stator voltage ($U_{S,U}$, $U_{S,V}$, $U_{S,W}$), the rotor voltage ($U_{R,U}$, $U_{R,V}$, $U_{R,W}$), the stator currents ($i_{S,U}$, $i_{S,V}$, $i_{S,W}$) and the rotor currents ($i_{R,U}$, $i_{R,V}$, $i_{R,W}$). Figure 1.b presents the orthogonal model of the asynchronous machine, with the parameters: U_d and U_q voltage, currents i_d , i_q in stator and I_{dr} , I_{qr} in rotor, stator ψ_d , ψ_q and rotor ψ_{dr} , ψ_{qr} fluxes as well as mutual inductances M_d and M_q .

¹ Eng. Cristian Paul CHIONCEL, Ass. Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 210230, fax. +40 255 210230, e-mail. c.chioncel@uem.ro

² PhD Petru CHIONCEL, Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 210227, fax. +40 255 210230, e-mail. p.chioncel@uem.ro

³ PhD Gilbert-Rainer GILLICH, Assoc. Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 211056, fax. +40 255 210230, e-mail. rains@uem.ro

⁴ PhD. Nicoleta GILLICH, Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 210227, fax. +40 255 210230, e-mail. n.gillich@uem.ro

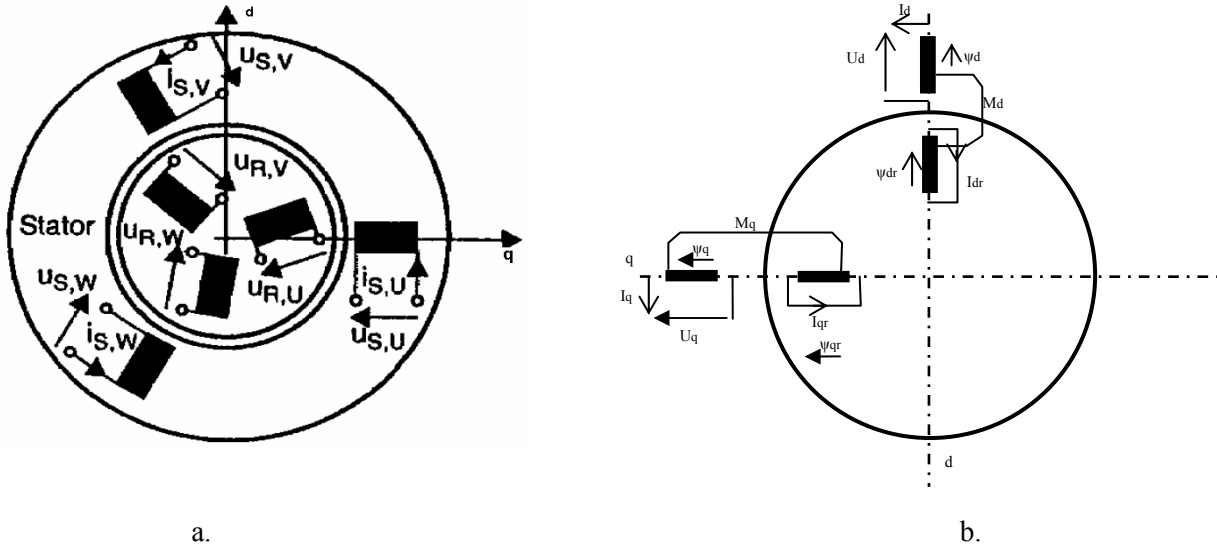


Fig. 1 Three phase model of the asynchronous machine (a) Orthogonal model of the asynchronous machine (b)

2. IMPLEMENTATION OF THE MATHEMATICAL MODEL IN SCICOS

The transformation in the time space presentation simplifies the mathematical description of the machines with rotating magnetic field. With other words, the influences and behavior of the three phase symmetric disposed windings of the machine can be described by an orthogonal two axis systems, $3\text{Ph} \rightarrow dq$.

To transform the three phase energy network system in the fix stator coordinates system dq the following equations system (1) is applied:

$$U = U_d + jU_q$$

$$U_d = \frac{1}{3}(2U - V - W) \quad (1)$$

$$U_q = \frac{1}{\sqrt{3}}(V - W)$$

This set of equation, as well as the equations of the three phase energy network, the electrical equations and the mechanical equations of the asynchronous machine ASM are introduced in so called *Super-Blocks* in Scilab. This toll offer's the possibility to divide the simulation model in different subsystems, which can be in this way easily handled, efficiently compiled and offers in the same time a better overview of the hall simulated structure. A complex system can be brought in a clear and well structured form, with evident connections and feedbacks.

Figure 2 shows the structure of the three Phases transforming in the orthogonal dq coordinate system, where U , V and W represents the input in this block; they are the symbols for the three phases, while U_d and U_q are the output of the block, the result of the transformation process.

To fulfill the back transformation, from $dq \rightarrow 3\text{Ph}$, the equations (2) are their for used

$$\begin{aligned} U &= U_d \\ V &= \frac{1}{2}(\sqrt{3}U_q - U_d) \\ W &= \frac{1}{2}(-\sqrt{3}U_q - U_d) \end{aligned} \quad (2)$$

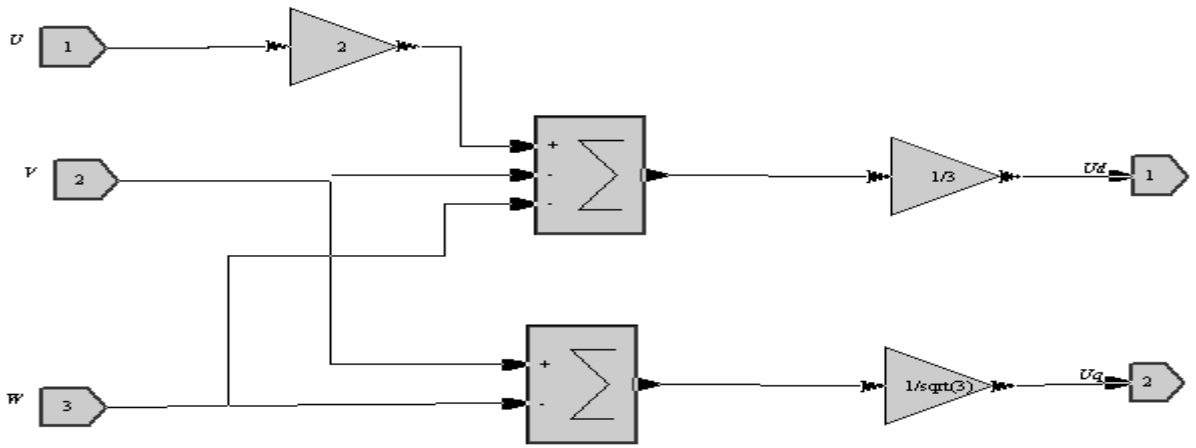


Fig.2 Block scheme of 3Ph → dq transformation

As before explain, to implement the asynchronous machine model, the behavior will be analyzed separately, the electric and the mechanical part.

The description of stator and rotor behavior of an asynchronous machine leads to an equation system with five complexes and one real equation. The steps of transforming this equation in the dq coordinate system are presented in [1].

To implement the equations in Scicos, a graphical programming language, it is preferred that the equations should be in an integral form and the real and imaginary part separately implemented.

The electric model of the asynchronous machine ASM, in orthogonal coordination system [1], is described through the total stator flux (3), total rotor flux (4), stator current (5) and rotor current (6).

- total stator flux

$$\psi_{Sd} = \int (u_{Sd} - R_S i_{Sd}) dt \quad (3)$$

$$\psi_{Sq} = \int (u_{Sq} - R_S i_{Sq}) dt$$

- total rotor flux

$$\psi_{Rd} = \int (-R_R i_{Rd} - p \omega_{mec} \cdot \psi_{Rq}) dt \quad (4)$$

$$\psi_{Rq} = \int (-R_R i_{Rq} - p \omega_{mec} \cdot \psi_{Rd}) dt$$

- stator current

$$i_{Sd} = \psi_{Sd} \frac{L_R}{L_\sigma^2} - \psi_{Rd} \frac{L_h}{L_\sigma^2} \quad (5)$$

$$i_{Sq} = \psi_{Sq} \frac{L_R}{L_\sigma^2} - \psi_{Rq} \frac{L_h}{L_\sigma^2}$$

- rotor current:

$$i_{Rd} = -\psi_{Sd} \frac{L_h}{L_\sigma^2} + \psi_{Rd} \frac{L_S}{L_\sigma^2} \quad (6)$$

$$i_{Rq} = -\psi_{Sq} \frac{L_h}{L_\sigma^2} + \psi_{Rq} \frac{L_h}{L_\sigma^2}$$

These set of equations in the orthogonal system dq are implemented in the block scheme *Electric system*, as shown in figure 3.

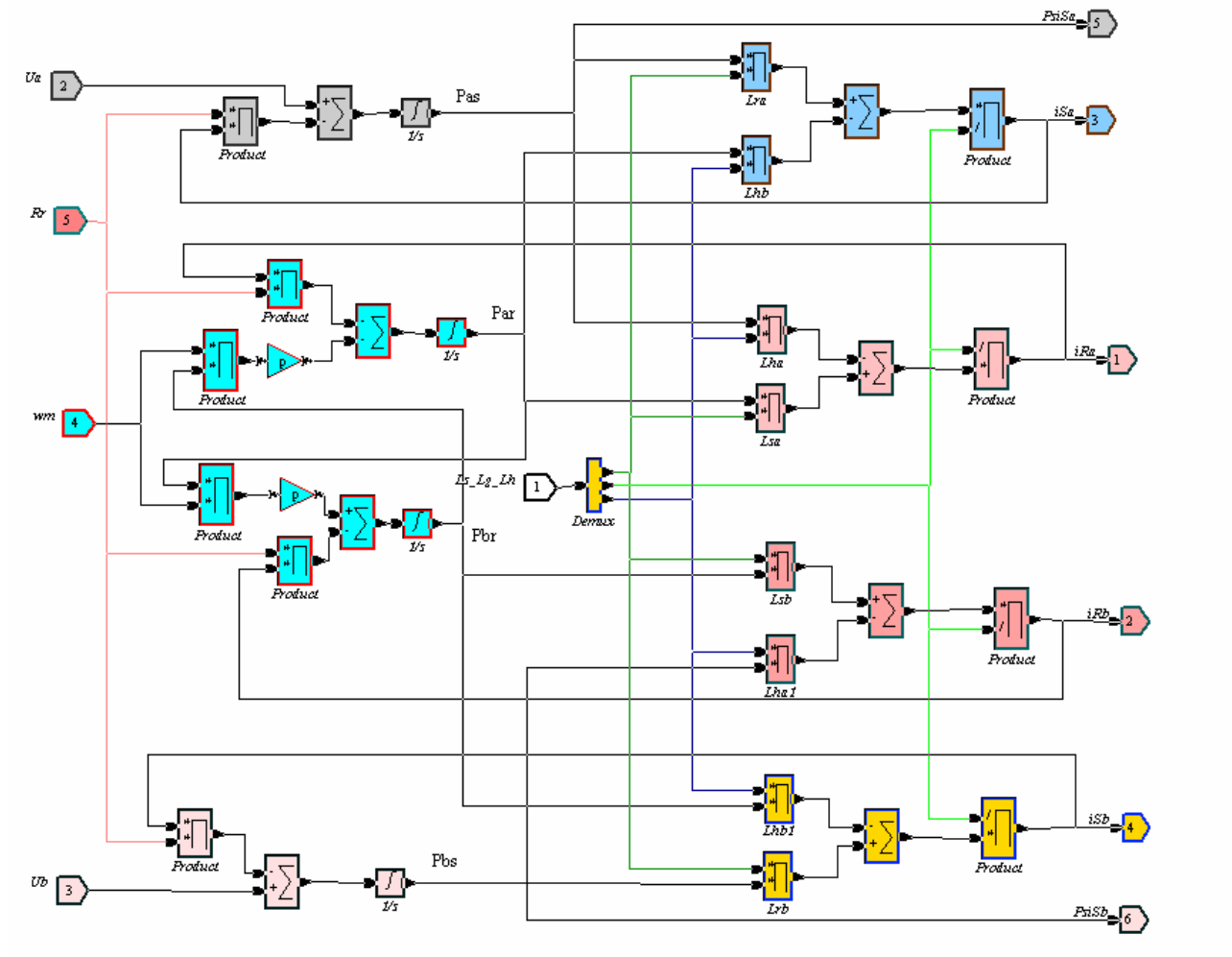


Fig.3 Implementation of the electrical part of the machine equations

The mechanic part of the equations of the ASM describes the machine moment (7) and the rotor speed (8). They are implemented in the SuperBlock *Mechanical System*, figure 4, having as outputs the rotor speed and the machine torque.

- machine torque:

$$M_{el} = \frac{3p}{2} (\psi_{Sd} i_{Sq} - \psi_{Sq} i_{Sd}) \quad (7)$$

- rotor speed

$$\omega_{mec} = \frac{1}{J} \int (M_{El} - M_{Load} - M_{Friction}) dt \quad (8)$$

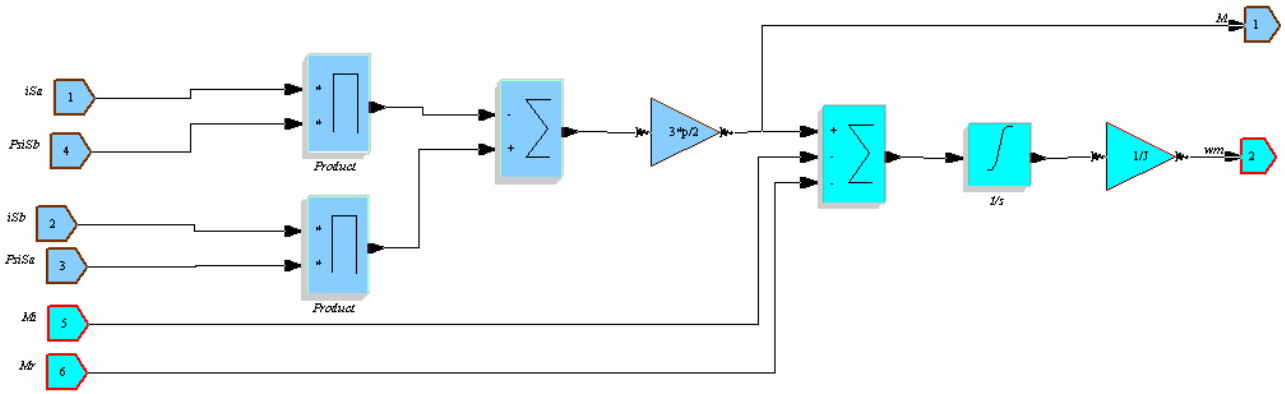


Fig. 4 Implementation of the mechanical part of the machine equations

The different Blocks separately defined as upper shown in the paper, are now combined in a unique simulation scheme block, figure 5.

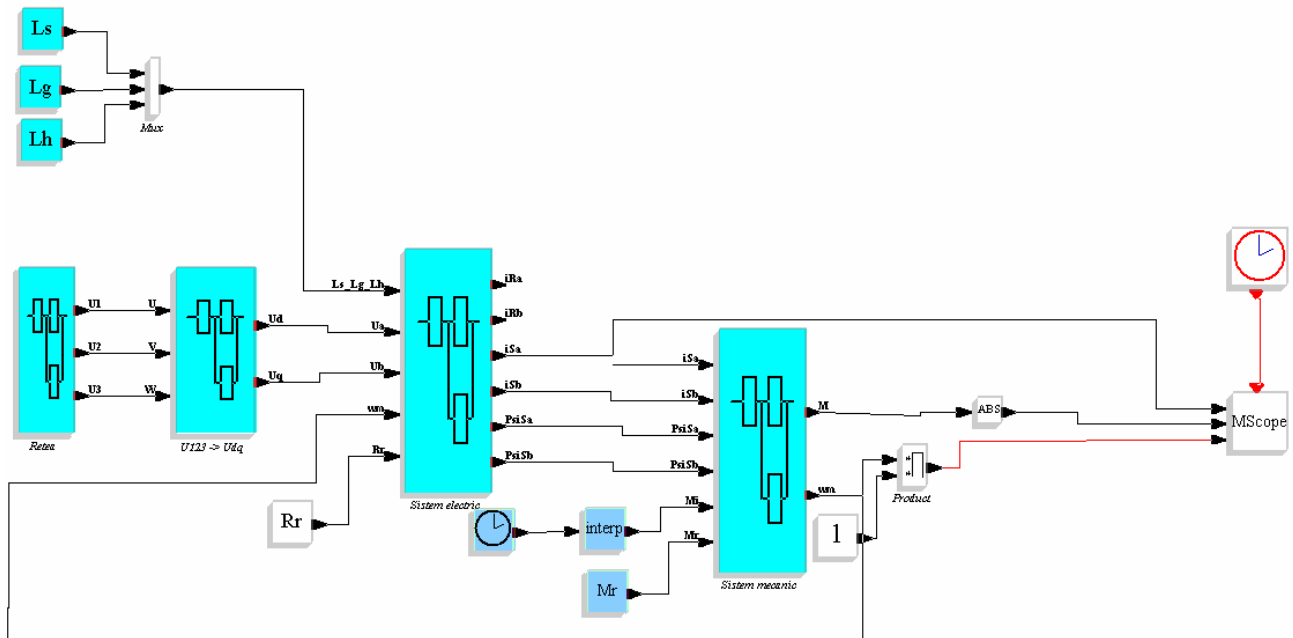


Fig. 5 Implementation of the ASM block scheme

3. SIMULATION RESULTS OF THE ASM BEHAVIOR

The simulation results show the behavior of the electromagnetic torque, rotor speed and stator current when the load – resistant torque is coupled to the machine in two distinct situations, when the resistant torque is a step, figure 6 and a ramp form, figure 7. Also the resistant torque disconnection, figure 8 and the connection of a high value resistant torque until the rotor speeds becomes zero, figure 9, are simulated. The first graphic window shows the stator current evolution, the second window the electromagnetic torque and the third graphic window the evolution of the rotor speed.

When the resistant torque is connected to the machine, the rotor speed registers a diminution of his value, while the electromagnetic torque and the stator current increases. If the resistant torque is connected in the form of a ramp, but not one rapidly increasing, the ASM reacts in good conditions; electromagnetic torque and stator current increase linear and the rotor speed decreases linear too.

If the resistant torque is suddenly disconnected, the rotor speed increase while the stator current and the electromagnetic torque decrease. When the connected resistant torque rich a too high value, the rotor speed and the electromagnetic torque become equal to zero and the current get a maximal value. This way allows studding the stability limit of ASM.

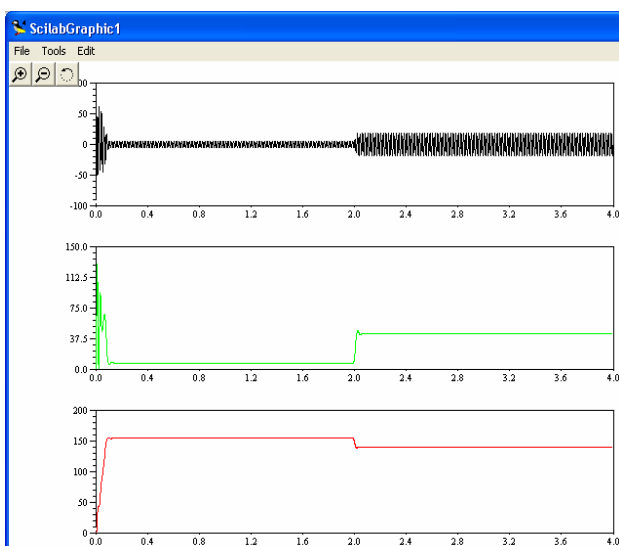


Fig. 6 Resistant torque connected by $t=2s$

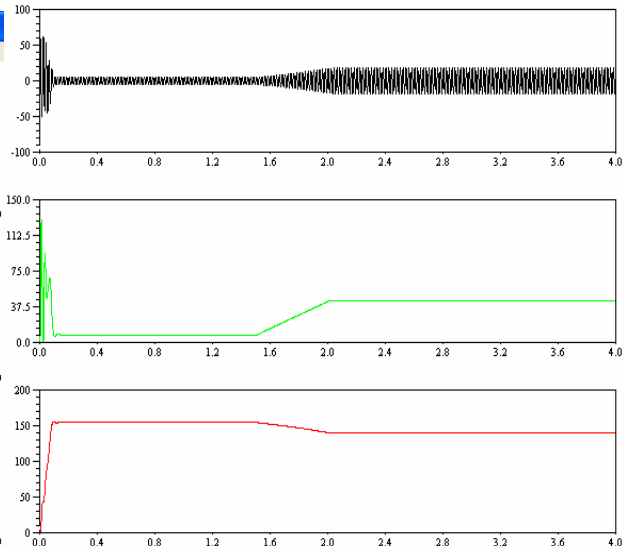


Fig. 7 Resistant torque connected between $t=1.5s$ and $t=2s$

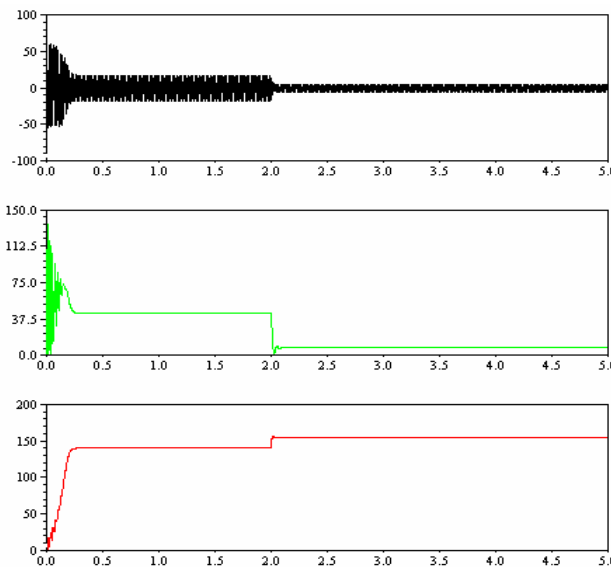


Fig. 8 Resistant torque disconnected by $t=2s$

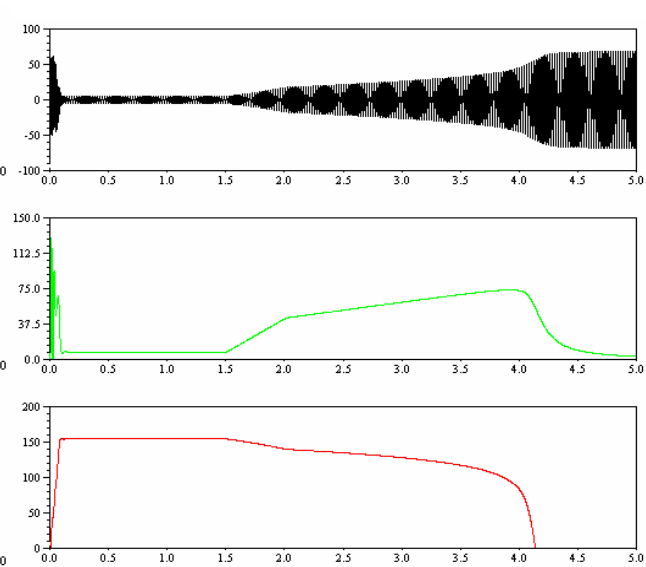


Fig.9 Resistant torque connected by $t=1.5s$ until $\omega=0$

4. CONCLUSION

This paper presents the behavior of the main parameter of an ASM, current, electromagnetically torque and rotor speed for different resistant torque and the way it is connected to the machine. The implementation in Scicos formalism of the orthogonal mathematical model of the ASM, described in form of differential equations, can be used, as shown, for complex modeling and simulations. The implemented scheme offers the possibility to simulate and interpret other situations for the ASM.

REFERENCE

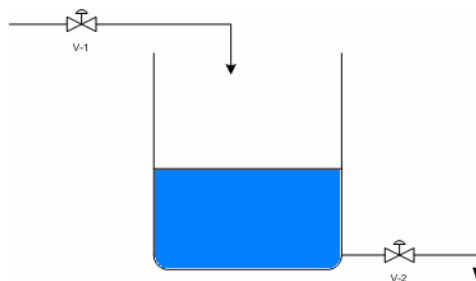
- [1] Babescu, M, Paunescu, Doru – *Analiza matematică a dinamicii mașinilor electrice*, Editura Politehnica, Timișoara, 2005
- [2] Chioncel, C.P. – *Limbaje de simulare. Aplicații de modelare și simulare*, Editura „E. Murgu” Resita, 2004
- [3] Chioncel, C., Gillich, G.R, -*Frame design and simulation using Analysis and SciCos*, 7th International Conference on Accomplishments of electrical and mechanical Industries, Banjaluka, 2005
- [4] Gillich, G.R, Chioncel C. - *Studiul vibrațiilor sistemelor tehnice utilizând programul Scilab/Scicos*, Proceedings CDM, 2005

**СИСТЕМ АУТОМАТСКОГ УПРАВЉАЊА НИВОА ТЕЧНОСТИ
ПРОТОЧНОГ РЕЗЕРВОАРА**Јасмина Лозановић¹, Драган Лазић²¹Машински факултет, Иновациони центар, Универзитет у Београду²Машински факултет, Катедра за Аутоматско управљање, Универзитет у Београду¹Мобилни тел. +381 63 633 767, e-mail: jlozanovic@mas.bg.ac.yu**Резиме**

У овом раду приказан је начин математичког моделирања физичког процеса, као и симулација процеса у циљу одређивања параметара регулатора који ће се применити на стварном физичком процесу. Математички модел је усвојен под претпоставкама, док су параметри регулатора одабрани тако да систем поседује апериодичан одзив. Затим је објашњен начин како на основу симулације у LabVIEW-у треба прилагодити програм за управљање физичким процесом у реалном времену, као и могућност преузимања управљања процесом путем интернета.

УСВАЈАЊЕ МАТЕМАТИЧКОГ МОДЕЛА

Физички систем је отворени проточни резервоар. Резервоар спада у процесе транспорта флуида. Потребно је математички моделирати резервоар у који утиче вода протока Q_u , а из њега истиче вода протока Q_i . Задатак управљања је висина нивоа течности у резервоару, односно одржавање жељене висине течности. Систем је приказан одговарајућом симболичко–функционалном шемом, слици 1.



Слика 1. Симболичко функционална шема проточног резервоара.

Објект се састоји од резервоара у коме се одвија његово динамичко понашање, односно резервоар течности представља процесни (радни) део објекта, управљачки орган који треба да преноси управљање на процесни део објекта представља управљачки вентил који је уграђен на доводну цев.

Дејством управљања на управљачки орган објекта (управљачки вентил), односно померањем печурке вентила могуће је регулисати проток флуида кроз доводну цев вентила. Вода из резервоара истиче кроз одводну цев на коју је уграђен ручно управљан вентил, заокретањем ручице овог вентила се подешава проток кроз одводну цев (ручно управљање излазног протока).

Формирање веродостојног математичког модела отвореног проточног резервоара биће засновано на следећим чињеницама:

- Флексибилност – модел мора бити применљив за више радних тачака.
- Математички опис битних динамичких карактеристика објекта,
- Добре нумеричке особине због погодне примене на рачунару

У зависности од тока струјања који се усваја у односу на вредност Рејнолдсовог броја, опредељујемо се за нелинеарни, односно линеаризовани математики модел. Ако је вредност Рејнолдсовог броја (Re), [3]:

- $Re < 2000$ - ток струјања је ламиран, у овом случају је оправдано усвајање линеарног математичког модела
- $Re > 3000$ - ток струјања је турбулентан, потребно је усвојити нелинеаран математички модел
- $2000 < Re < 3000$ - ток струјања је променљив

Веродостојан математички модел отвореног проточног резервоара обухваћен је претпоставкама датих у [1], на основу [1] могу се написати једначина стања и једначина излаза објекта у тоталним координатама као:

$$A \frac{dX}{dt} = -\mu A_c \sqrt{2g} \sqrt{X} + K_v A(U) \sqrt{Z} \quad (1)$$

$$X_i = X \quad (2)$$

У лабораторији након утврђених вредности Рејнолдсовог броја прихватљива је линеаризација математичког модела добијеног једначинама (1) и (2), јер је $Re < 2000$.

Линеаризовани математички модел објекта

У овом раду разматра се линеарни математички модел, са само кратким освртом на нелинеарни математички модел објекта детаљно разматран у [1], на основу ког ће бити урађена симулација резервоара течности која у потпуности одговара реалном физичком процесу, а која за циљ има да покаже утисај параметара регулатора на динамичко понашање система. Објект управљања је проточни резервоар. Захтева се да ниво течности у сваком тренутку има своју жељену вредност, при номиналном дотицању течности у резервоар, након развоја једначина (1) и (2) у Тејлоров ред око номиналне тачке и коришћењем Љапуновљево трансформације координата као што је показано у [1], добија се једначина (3)

$$T_1 \dot{x}_i + x_i = 2(y_1 - y_2) \quad (3)$$

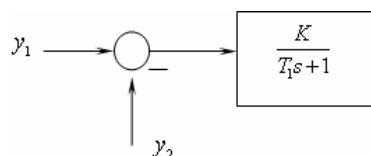
где је, $T_1 = \frac{T_a}{q} = \frac{2X_{iz}}{Q_{iN}}$ - временска константа резервоара која се назива још и временска константа прелазне функције резервоара.

На основу једначине (3) могуће је одредити преносну функцију објекта, као

$$W_{OY_1}(s) = \frac{X_i(s)}{Y_1(s)} = \frac{K}{T_1 s + 1}, \quad (4)$$

$$W_{OY_2}(s) = \frac{X_i(s)}{Y_2(s)} = -\frac{K}{T_1 s + 1}$$

где је K појачање резервоара, и као што је показано једначином (3) и оно износи 2.



Слика 2. Блок дијаграм резервоара течности, објекта управљања.

Овај објект припада системима друге врсте, што се лако утврђује на основу његове једначине. понашања (3) или на основу преносне функције објекта, јдн. (4), на основу [4], односно

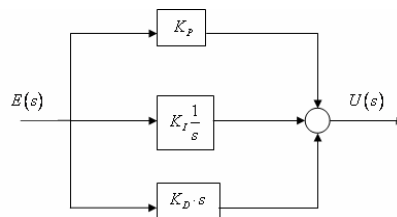
$$W_o(s) = s^L \cdot W'_o(s) = s^0 \frac{K}{T_1 s + 1}, \quad L = 0 \quad (5)$$

ИЗБОР РЕГУЛАТОРА

Бира се регулатор треће врсте, регулатори са И (интегралним дејством), и то ПИД, на основу [8]. Регулатор треће врсте утиче на обе статичке грешке и ε_{sz} и ε_{sy_2} , дате индиректно једначином понашања објекта (3), регулисане величине, и своди их у нулу, на основу [1,4].

$$\varepsilon_{sz, sy_2} = 0 \quad (6)$$

Параметри регулатора се бирају превасходно тако да задовоље услове стабилности, али и да систему обезбеде одговарајуће, унапред прописане перформансе.



Слика 3. Основни структурни дијаграм ПИД регулатора

Основна једначина ПИД регулатора је:

$$W_R = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s \quad (7)$$

Такође, овај објект би се могао управљати и ПИ регулатором, [8], али се подешава и Д (диференцијално) дејство регулатора, како би се утицало на брзину реаговања система приликом промене жељене висине течности.

ПРЕНОСНА ФУНКЦИЈА ОБЈЕКТА

На основу експерименталних резултата извршених у Лабораторији за аутоматско управљање на Машинском факултету добија се преносна функција објекта дата једначинама (8) и (9),

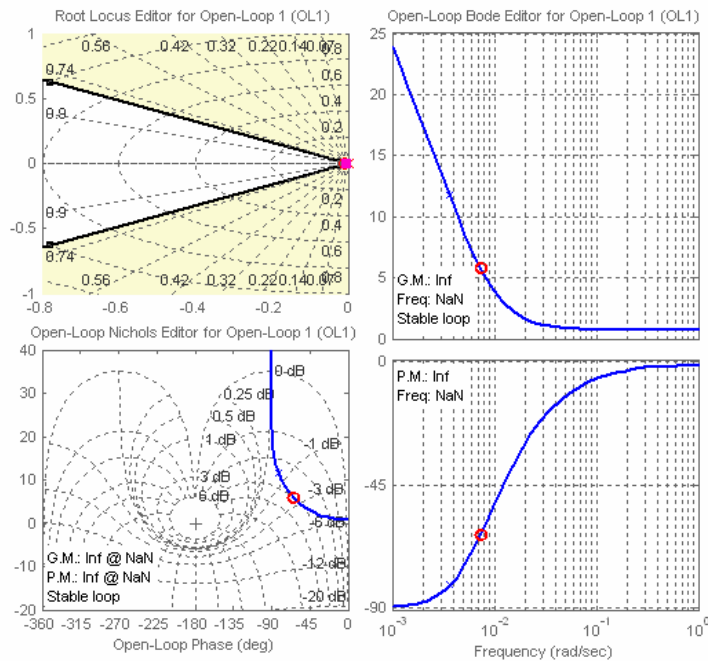
$$W_{Oy_1}(s) = \frac{X_i}{Y_1(s)} = \frac{K}{1 + T_1 \cdot s} = \frac{2}{1 + 272,25 \cdot s} \quad (8)$$

$$W_{Oy_2}(s) = \frac{X_i}{Y_2(s)} = -\frac{K}{1 + T_1 \cdot s} = -\frac{2}{1 + 272,25 \cdot s} \quad (9)$$

На основу једначина (8) и (9) се врши синтеза параметара ПИД регулатора у MatLab-у тако да систем поседује унапред задате перформансе, имајући у виду случај када радни флуид није вода, већ нека агресивна течност (нпр. киселина) треба извршити синтезу регулатора да систем поседује апериодични одзив.

Апериодични одзив система треба да поседује следеће карактеристике, [5]:

- Статичка грешка система аутоматског управљања треба да буде једнака нули.
- Брз одзив, минимално време успона и време смирења система.
- Вредност прескока треба да буде у границама између $0,1\% < \Pi < 2\%$.



Слика 4. Коришћење MatLab–а у циљу одређивања параметара регулатора на основу захтеваних карактеристика система аутоматског управљања.

Синтеза регулатора на основу претходно наведених особина целокупног система аутоматског управљања, урађена је у MatLab-у коришћењем Sisotool-а, упоредо у Бодевом и Николсовом дијаграму као и коришћењем методе геометријског места коренова (ГМК).

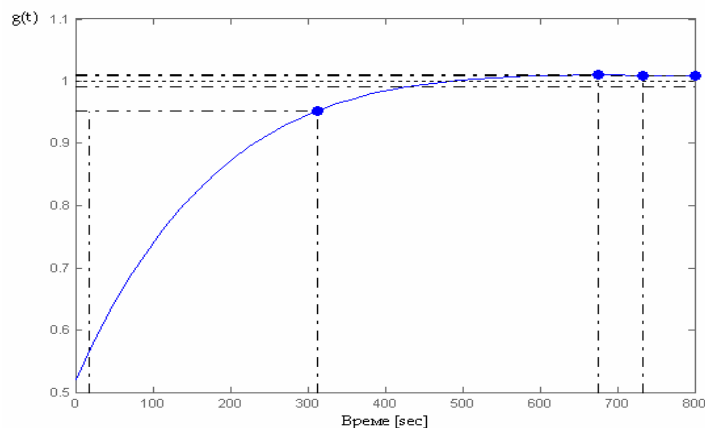
Преносна функција овако добијеног регулатора дата је:

$$W_R(s) = 0,0079671 \frac{(140s)^2 + 270s + 1}{s} \quad (10)$$

Карактеристике система

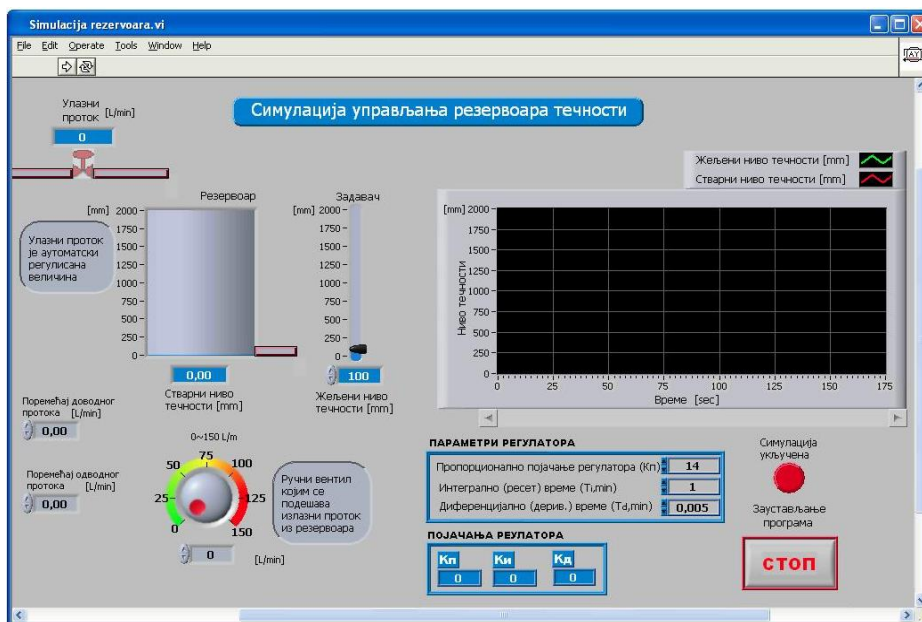
На основу добијеног одскочног одзива, слика 5, овако извршене синтезе регулатора добијене су следеће карактеристике целокупног система аутоматског управљања:

- Статичка грешка је једнака нули,
- Време успона је, T_u , је 294 s,
- Време смирења, T_s , је 733 s,
- Прескок, П, износи 0,998% ,
- Степен пригушења износи $\zeta \cong 0,78$.



Слика 5. Одзив система аутоматског управљања проточним резервоаром.

Симулација система аутоматског управљања који у потпуности одговара реалном процесу урађена је у LabVIEW-у и кориснички изглед програма приказан је на слици 6. Улазни проток одговара стварном улазном протоку који зависи од процентуалне отворености вентила, такође треба напоменути да је излазни проток *мануелно* управљана величина

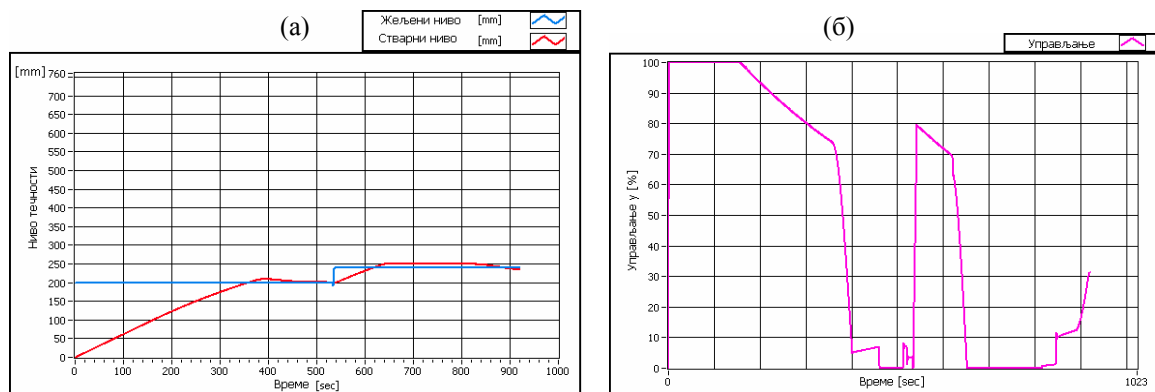


Слика 6. Кориснички изглед програма за симулацију/управљање у реалном времену нивоа течности у резервоару.

На корисничком интерфејсу програма може се пратити ниво напуњености резервоара, жељена вредност нивоа течности се задаје софтверски и код симулације и код стварног физичког процеса у реалном времену, на дијаграму у зависности од времена прати се промена стварног нивоа течности и жељеног нивоа течности, параметри регулатора се могу мењати током рада, али се у програм уноси и вредност отворености одводног вентила, као и процењени поремећаји. Да би се програм користио не само као симулација већ да би се помоћу њега управљало стварним физичким процесом у реалном времену потребно је сигнал који долази са давача нивоа течности конвертовати у напонски сигнал и повезати са аналогним улазом аквизиционе картице. У програму уместо симулираног нивоа даљи рачун се спроводи са стварном вредношћу нивоа течности, а вредност управљања додатно треба из персоналног рачунара (или индустријског, нпр. А2) проследити на аналогни излаз аквизиционе картице. На овај начин процес управљања може се пратити у лабораторији на самом објекту или само на рачунару који управља процесом или се може проследити на неку интернет адресу, тако да се на овај начин може управљати овим процесом и ван лабораторије, такође може се уградити и додатни модем који би слао SMS поруке за случај да дође до нежељеног динамичког понашања објекта или да нека од виталних компоненти система откаже, чиме се обеђује висок ниво сигурности рада у индустријским постројењима.

УТИЦАЈ ОСОБИНА УПРАВЉАЧКИХ КОМПОНЕНТИ НА ДИНАМИЧКО ПОНАШАЊЕ СИСТЕМА

Утицаји хистерезисне карактеристике управљачког вентила на систем, као и разлике између линеаризованог и нелинеарног система аутоматског управљања уз незнатна подешавања параметара регулатора, који се и за случај нелинеарног математичког модела објекта усваја као линеарни ПИД регулатор, су незнатни и не постоје значајне разлике у одзивима линеарног и нелинеарног система аутоматског управљања, чиме је само додатно оправдана линеаризација објекта управљања. На слици 7 приказан је одзив нелинеарног система, као и промена управљања, следствено, на основу нелинеарног математичког модела објекта, усвојеног у [1].



Слика 7. Одзив нелинеарног система управљања, дат једначинама (1) и (2), (а); Процентуална промена вредности управљања (б).

На основу одзива нелинеарног система управљања, слика 7, само се потврђује оправданост линеаризације математичком модела објекта, и тачност одређивања Рејнолдсовог броја у лабораторијским условима. Такође је приказан дијаграм промене управљачког сигнала, за промену жељене вредности, слика 7а, где 100% управљање одговара максималној отворености доводног вентила, тј. сигнал који се прослеђује са рачунара је на USB аквизициону картицу износи 5V, који се накнадно претвара у пнеуматски сигнал, за случај управљања процесом у реалном времену.

ЗАКЉУЧАК

Моделирање и симулација ситета је од изузетне важности јер на тај начин се могу избећи нека недопустива динамичка понашања система, али увек треба имати у виду немерљиве поремећаје, као и стварну динамику појединих компонената система, које је потребно што веродостојније математички уврстити у симулацију, како би симулација представљала стварни физички процес. Утицаји динамичких особина управљачких компоненти нису занемарљиви и ако их не узмемо у обзир стабилност целокупног система аутоматског управљања може бити нарушена, а самим тим систем не може поседовати ни остале перформансе које су прописане. Данашње технологије нам омогућавају да након симулирања процеса, симулацију незнатно дорадимо и управљамо стварним процесом, као и да преуземо управљање процесом путем интернета коме се данас може приступити како рачунаром тако и мобилним телефоном, чиме обезбеђујемо висок степен сигности рада у индустријским постројењима.

Abstract

This paper presents the way of mathematical modeling physical process, and also how to simulate process for appropriate parameters of controller which one we can be used for real physical process. Mathematical model is accepted on supposition (hypothesis), but parameters of regulator were chosen for nonoscillating response of system. Also paper present how can on the basis of simulation control real time physical process, and how to take over control via internet

- [1] Лозановић, Ј. *Примена програмског пакета LabVIEW у циљу упваљања објеката процесне индустрије*, Машински факултет, Универзитет у Београду, Дипломски рад, 2006.
- [2] Лазић, Д. *Нелинеарни системи*, Машински факултет, Универзитет у Београду, 2005.
- [3] Ratimir Žanetić, *Vođenje procesa u proizvodnji*, Kemijsko – Tehnološki fakultet u Splitu, Sveučilišta u Splitu, Zavod za keijsko inženjerstvo, Split 2006.
- [4] Лазић, Д. *Основе аутоматског управљања*, писани материал за предавања из предмета Основе аутоматског управљања на Машинском факултету, Универзитет у Београду, Београд 2004.
- [5] Dorf, R. Bishop, R., *“Modern Control Systems”*, Person Education International, Tenth Edition, USA 2005.
- [6] K. Astrom, T. Hagglund, *“PID Controllers: Theory, Design, and Tuning”*, 2nd Edition, Instrument Society of America, 1995.
- [7] <http://www.ni.com>
- [8] Борислав Р. Милојковић, Љубомир Т. Грујић *“Аутоматско управљање”*, Машински факултет, Београд, 1990.

¹Motok M., Simonović A., Momčilovic N.

MODELIRANJE BRODSKIH KONSTRUKCIJA SAVREMENIM SOFTVERSKIM ALATIMA

Rezime

Neizostavan deo savremene analize čvrstoće brodova je primena metode konačnih elemenata. Klasifikaciona društva preporučuju, a za neke tipove i izričito zahtevaju ovakvu vrstu analize. Osnova efikasnog i kvalitetnog proračuna je kvalitetno modeliranje geometrije trupa koja služi kao osnova za efikasnu diskretizaciju konačnim elementima. U ovom radu je prikazan proces modeliranja trupa višenamenskog teretnog broda za prevoz kontejnera i rasutog tereta u softverskom paketu CATIA V5.

1. UVOD

Teretni brod je projektovan da poseduje mogućnost prevoza kontejnera ili rasutog tereta u skladištu i kontejnera na palubi. Kontejnerski brodovi su brodovi za prevoz tereta u standardizovanim kontejnerima i mogu biti različite nosivosti. Njihova nosivost se izražava u prostornim jedinicama kao kapacitet za smeštaj dvadesetstopnih kontejnera TEU (twenty feet equivalent unit). Glavna prednost ove vrste transporta je visoka ekonomičnost. Naime, standardizovani kontejneri lako menjaju prevozna sredstva u cilju bržeg dolaska do krajnjeg potrošača.



Slika 1. Kontejnerski brod

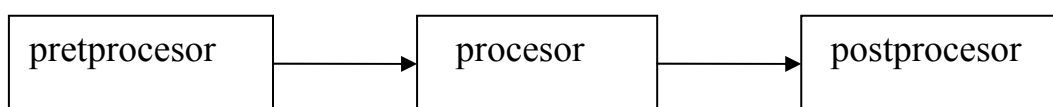
¹ prof dr Motok M. dipl.inž., Mašinski fakultet Beograd, email: mmotok@mas.bg.ac.yu
ass mr Simonović A. dipl.inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
Momčilović N. apsolvent, Mašinski fakultet Beograd, email: nikmom@net.yu

Ovu vrstu brodova karakterišu velika grotla (otvori za krcanje tereta) i mala paluba što ih čini problematičnim u kontekstu uzdužne čvrstoće-savijanja trupa, torzije trupa oko podužne ose (npr. kad brod plovi ukoso na talasima). Uvođenjem dvoboka ili torzionih kutija umanjuju se tangencijalni naponi u tankozidnoj strukturi ovoga tipa.

Torziona kutija i dvodno su uzdužne gradnje, a bok poprečne, što zajedno čini mešoviti sistem gradnje ovog broda (uzdužni elementi su oni koji se prostiru u podužnoj osi broda i mogu biti primarni, jači i sekundarni, a poprečni elementi se prostiru u poprečnom preseku i isto mogu biti primarni i sekundarni). Svaki brod ima primarne elemente dok prisustvo sekundarnih definiše tip gradnje.

2. SAVREMENE METODE PROJEKTOVANJA (CAD/CAE)

Savremene metode projektovanja (CAD-Computer Aided Design i CAE-Computer Aided Engineering) omogućavaju nam da se upustimo u detaljnu statičku analizu konstrukcija na efikasniji način od do sada raspoloživih. Uopštena šema rada softvera za ovakve analize je sledeća:



Pretprozessor predstavlja prvi deo analize u kome se formira model i mreža konačnih elemenata za analizu. U cilju što 'vernije' i efektivnije diskretizacije potrebno je napraviti dovoljno precizan model, od koga se zatim generiše mreža za proračun. Veština modeliranja je upravo u pronalaženju optimalnog kompromisa između cene analize (koja zavisi od komplikovanosti modela, trajanju formiranja modela i proračuna) i preciznosti rezultata. Pravljenje modela predstavlja složeni proces koji je danas značajno olakšan softverima tipa CATIA. Ova vrsta programa najpogodnija je za modelovanje komplikovanih 3D konstrukcija, a u ovom slučaju-trupa broda. Precizno urađena geometrija osnov je za pravljenje fine mreže konačnih elemenata. Mreža elemenata i čvorova generiše se u drugom programu kao nastavak pretprocesinga i zajedno sa definisanim konturnim uslovima i opterećenjima predstavlja input za procesor. Procesor rešava matematički model realnog problema čije izlazno stanje-rezultat prikazuje postprozessor-postprocesing.

3. Analiza čvrstoće broda-nekada i sada

U tradicionalnim analitičkim metodama proračuna čvrstoće broda model trupa se uprošćava. Čvrstoću broda delimo na uzdužnu, poprečnu i lokalnu. U uzdužnoj čvrstoći brod posmatramo kao gredu, pa pomoću teorije greda analiziramo njegovo savijanje i/ili torziju u vertikalnoj ravni. Poprečne elemente trupa proračunavamo u okviru poprečne čvrstoće, a u lokalnoj proučavamo efekte lokalnih opterećenja.

Razvojem računara i softvera omogućen je proračun komplikovanih 3D konstrukcija metodom konačnih elemenata čime podela na uzdužnu, poprečnu i lokalnu čvrstoću u priličnoj meri gubi smisao.

Prilikom formiranja svojih pravila za gradnju brodova, klasifikaciona društva nameću upotrebu MKE. Naime, klasifikaciona društva u nekim delovima svojih pravila uz klasične formule koje eksplicitno daju dimenzije pojedinih elemenata, zahtevaju i proveru nekih delova strukture i direktnim proračunom MKE.

Osnovni parametri modela mogu se svrstati u jednu od 5 kategorija: globalni model trupa, model skladišta, model okvirnog rebra, model lokalne strukture, model koncentracije napona. U globalnom modelu kao što je ovaj prikazan u radu, relativno grubom mrežom modeliramo celu dužinu, najčešće polovine trupa. Limove oplata i strukove građenih nosača primarne strukture modeliramo pločastim elementima, dok sekundarna ukrućenja i pojaseve građenih nosača grednim elementima. Dimenzije elemenata ne moraju biti manje od razmaka rebara i uzdužnica. Lim između dve uzdužne pregrade treba podeliti bar na tri elementa, dok strukove proveza i podveza po visini, barem na tri pločasta elementa.

Modelom skladišta uz finiju podelu obuhvatamo celo skladište na sredini broda, dok modelom okvirnog rebra proračunavamo strukturu koja „pripada“ jednom okvirnom rebru. Model lokalne strukture analizira bilo koji detalj u kome može doći do skoka napona, i na kraju dolazimo do samog modela koncentracije napona kao cilja analize.

4. MODELIRANJE

Dizajn (kao deo pretprocesinga) trupa broda urađen je u programskom paketu CATIA. CATIA se prvo pojavila u vazduhoplovnoj industriji, vremenom razvijajući module za ostale industrijske grane. Modernije verzije ovog programa poseduju i module za brodogradnju (*Catia Ship Detail Design-SDD*).

Prvo je urađen žičani model trupa broda koristeći alate iz *sketcher* radnog okruženja. Zatim je za modeliranje površina korišćen modlu *generative shape design*, da bi model broda dobio konačan oblik primenom *assembly design* radnog okruženje.

Glavne dimenzije broda su:

$L_{pp}=98\text{m}$ -dužina između perpendikulara;

$Loa=103.5\text{m}$ -dužina preko svega;

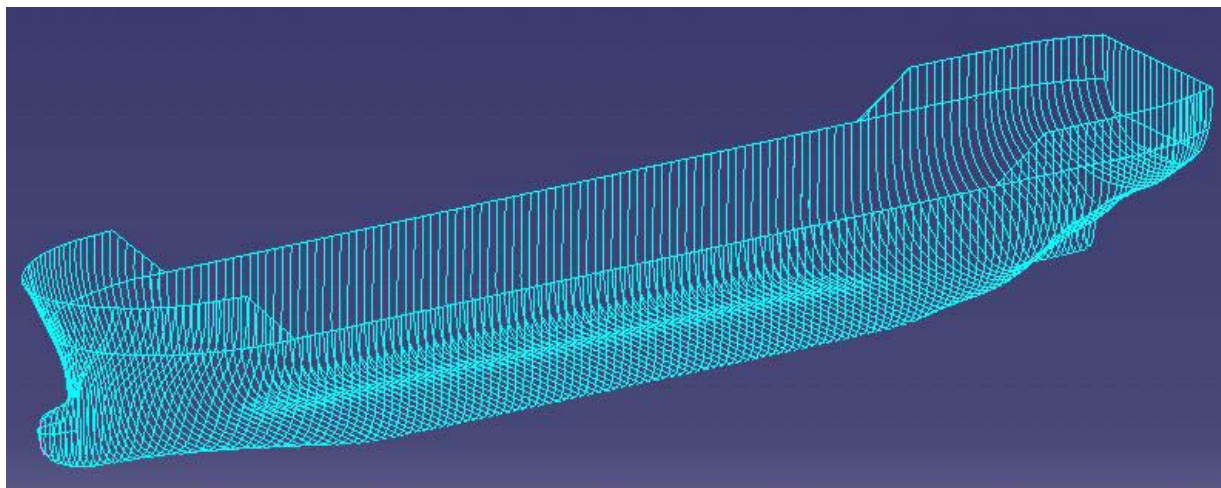
$B=17.7\text{m}$ -širina;

$H=10.4\text{m}$ -visina;

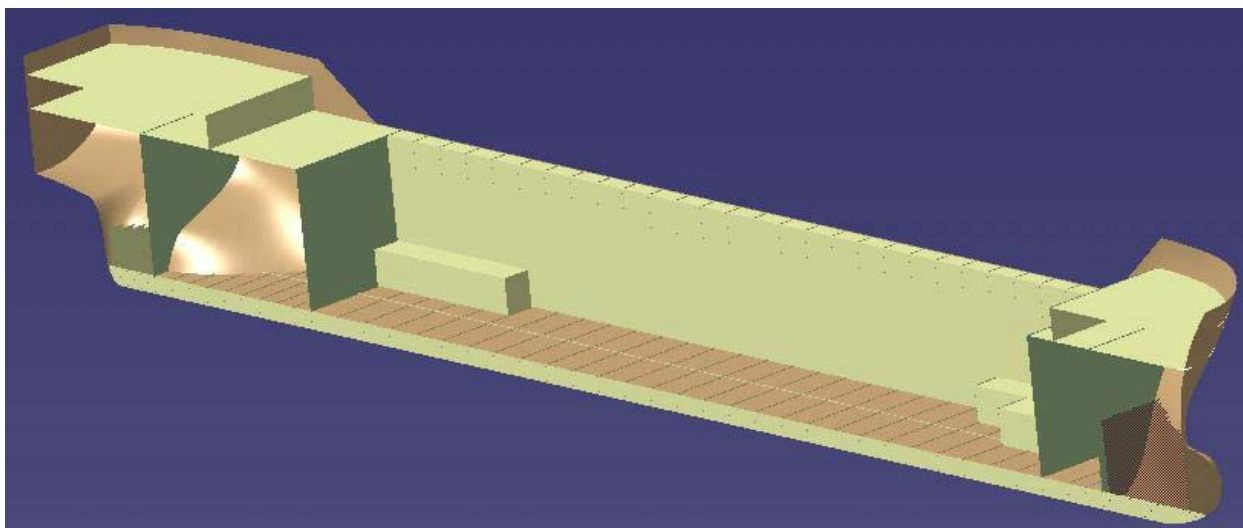
$T=6.25\text{m}$ -gaz;

Dvobok i torziona kutija su uzdužne, a bok poprečne gradnje. Radi lakšeg manipulisanja modelom brod je poprečnim pregradama podeljen na sekcije: krmeni pik, mašinski prostor, skladište, prostor dubokog tanka i pramčani pik. Zbog simetrije dovoljno je da se radi jedna polovina trupa.

Na mirnoj vodi trup je opterećen pritiskom vode na podvodni deo, sopstvenom težinom, teretom i lokalnim težinama.



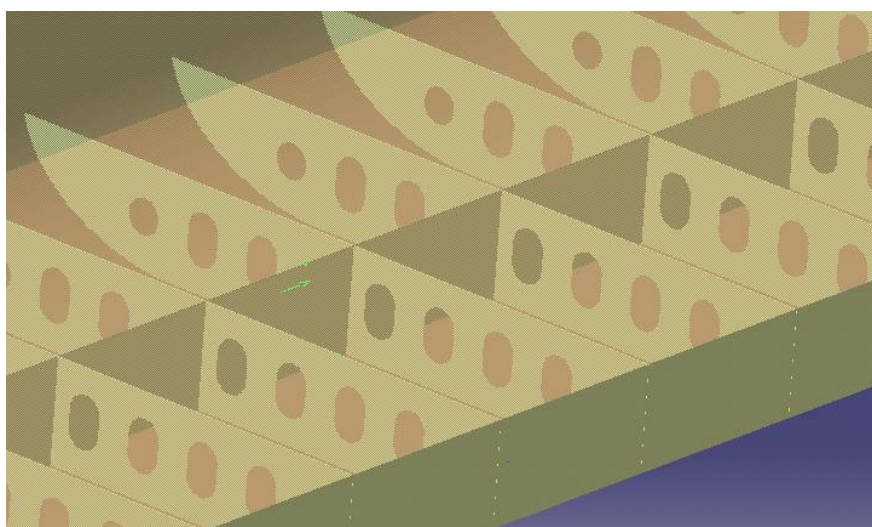
Slika 2. Žičani model sa linijama svih rebara



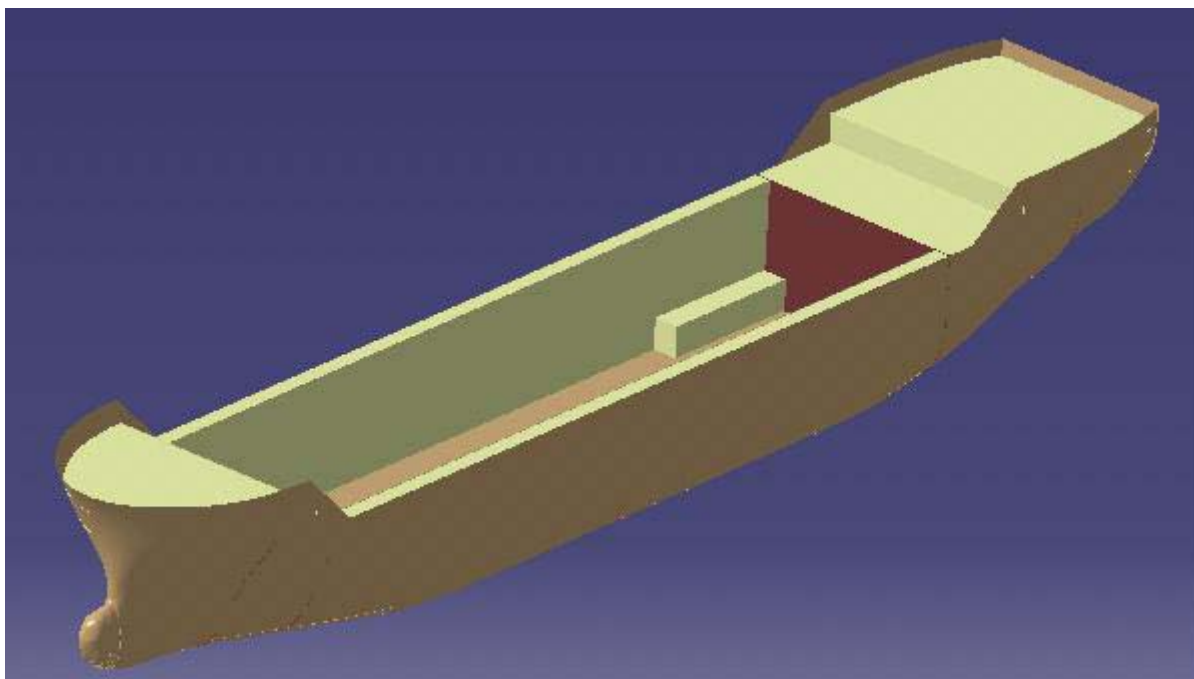
Slika 3. Model jedne polovine trupa broda

Svi geometrijski elementi prikazani na slici 3 su površinskog karaktera i njihova će se debljina i osobine kasnije definisati pri pravljenju mreže konačnih elemenata.

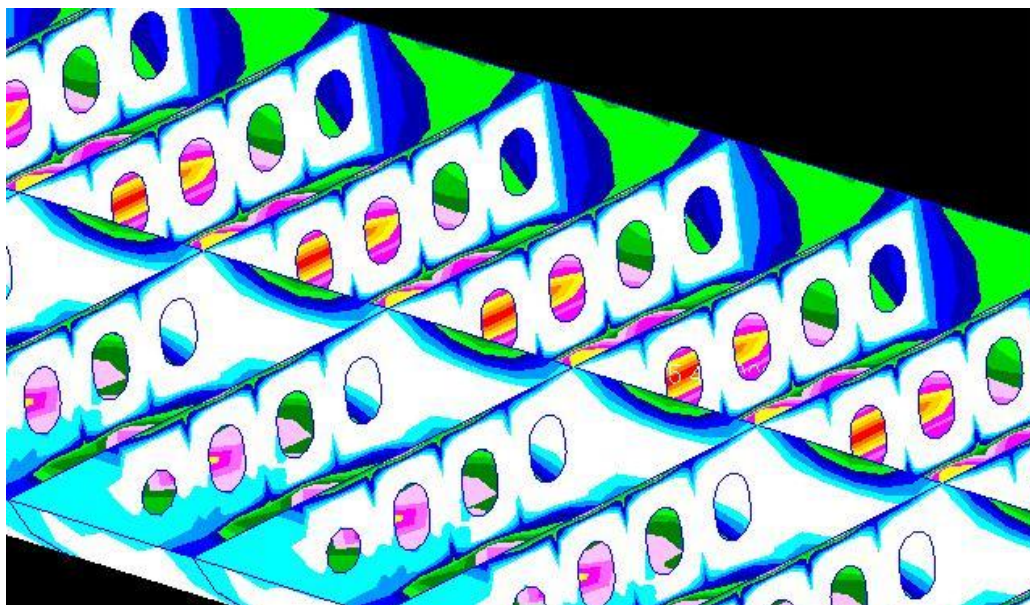
Na sledećoj slici prikazani su primarni poprečni elementi u dvodnu (okvirne rebrenice) i primarni uzdužni elementi tj. centralni provez dna i bočni provezi dna. Prikazan je deo dvodna (slika 4.) modelovan bez uzdužnica.



Slika 4. Primarni uzdužni i poprečni elementi u dvodnu



Slika 5. Model celog trupa broda



Slika 6. Slika stanja napona primarnih elemenata dvodna

5. ZAKLJUČAK

CAD geometrija predstavlja osnovu za pravljenje konačnih elemenata i dalju analizu uz pomoć CAE softvera. Rezultat analize zavisi od kvaliteta mreže. Problem kompleksnih krivih površina posebno je izražen u modeliranju brodova. Površine limova oplata do skora su bile kompleksan zadatak za modelovanje. Prelazi površina moraju biti modelovani sa velikom preciznošću kako bi se dobile glatke površine koje tangiraju jedna drugu. Primenom savremenih softverskih alata kompleksne geometrije krivih površine brodova se mogu precizno i efikasno modelovati uz veliku uštedu u vremenu u odnosu na klasične metode. Ovako dobijene površi, pružaju osnov za uštedu u vremenu i u toku proračuna metodom konačnih elemenata.

Literatura:

Prof dr Motok M.: *Čvrstoća broda*-Mašinski fakultet ,Beograd 2005.

***: *Classification of Ships, Rules and Regulations*-Lloyd's Register,London 1997.

Momčilović N.: *Proračun čvrstoće brodskih konstrukcija primenom MKE*-diplomski rad, Mašinski fakultet,Beograd,2007.

MODELING OF SHIP CONSTRUCTIONS USING MODERN SOFTWARE TOOLS

Abstract

Unavoidable part of modern ship strength analysis is using finite element method. Classification societies recommend, and for some types demand this kind of analysis. Good geometry modeling is a base of effective and high quality calculation which is used for finite element discretization. Multipurpose cargo ship hull modelling process using CATIA V5 is described in this paper.

Stupar S., Simonović A., Peković O., Komarov D.¹

UTICAJ KONSTRUKTIVNOG REŠENJA ČELIČNOG DIMNJAKA NA NAPONSKO STANJE OKO DIMOVODNIH KANALA

Na pojavu koncentracije napona kod čeličnih struktura u velikoj meri, pored ostalih faktora utiče i konstruktivno rešenje. U ovom radu je analiziran uticaj rastojanja ivice dimovodnih kanala od rebrastih ukrućenja na nivo koncentracije napona. Numerička analiza je izvršena metodom konačnih elemenata na osnovu modela geometrije korenog dela dimnjaka i otvora modelovanih savremenim softverskim alatom Catia V5.

1.UVOD

Čelični dimnjaci koriste se u industrijskim postrojenjima za odvođenje gasova - produkata sagorevanja u atmosferu. Prvi industrijski dimnjaci građeni su od cigle a danas se dimnjaci najčešće izrađuju od betona i čelika. Strukture dimnjaka su izložene složenim kako mehaničkim i termičkim tako i hemijskim dejstvima. Ovako složen kompleks vremenski promenljivih uticaja dovodi do različitih oštećenja na čiju pojavu, pored odabira materijala, utiču i konstruktivne karakteristike.

Usled dejstva produkata sagorevanja i spoljašnjih atmosferskih uticaja dimnjaci su izloženi eroziji. Dimni gasovi, sa svojim abrazivnim i korozivnim svojstvima vremenom oštećuju plaštove dimnjaka i time negativno utiču na naponsko stanje konstrukcije.

Teški uslovi eksploatacije dimnjaka nameću potrebu za optimizacijom konstruktivnih parametara u cilju smanjenja troškova eksploatacije kroz održavanje, povećanja sigurnosti i produženje radnog veka konstrukcije.

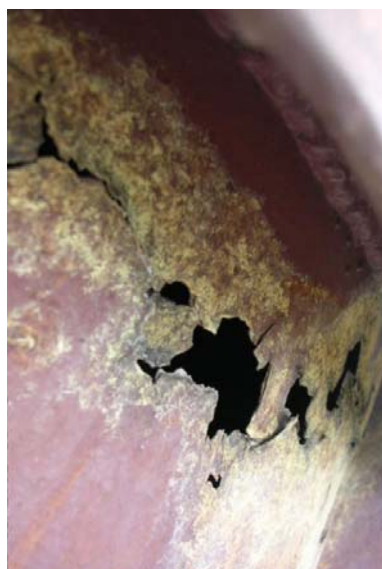


Slika 1. Segment dimnjaka sa dimovodnim kanalom

¹ prof. dr Slobodan Stupar dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3370-303, email: sstupar@mas.bg.ac.yu
mr Aleksandar Simonović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
Ognjen Peković dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: opekovic@mas.bg.ac.yu
Dragan Komarov dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: dkomarov@mas.bg.ac.yu

2. POJAVA NAPRSLINA KOD DIMOVODNIH KANALA ČELIČNIH DIMNJAKA

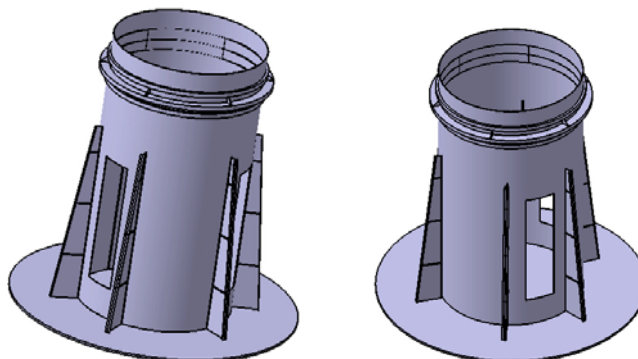
Dimovodni kanali kao otvori u zidu dimnjaka utiču na pojavu koncentracije napona u oblasti oko njih. Klimatski i eksploatacioni uslovi (vetar, ekstremne temperature itd.) značajno utiču na naprezanje konstrukcije. Usled stohastičkog karaktera ovih opterećenja dolazi do pojave zamora i nastajanja naprslina na zidu dimnjaka. Pored toga, na pojavu naprslina utiču i drugi mehanički faktori kao što su zaostali naponi, neodgovarajuća konstruktivna rešenja i greške pri montaži. Dodatna termička i hemijska opterećenja mogu dovesti do bržeg širenja prskotina, pa je pojavu prskotina neophodno sprečiti. Imajući predloženo u vidu potrebno je posebnu pažnju obratiti pri projektovanju i izradi ovih detalja i predvideti odgovarajuća rešenja u cilju sprečavanja nastajanja prskotina.



Slika 2. Naprsline na čeličnoj strukturi dimnjaka

3. IZRADA 3D MODELA DIMNJAKA

Proračunu naponskog stanja i deformacija strukture metodom konačnih elemenata prethodilo je modelovanje geometrije dimnjaka. Izrada 3D modela izvršena je u programskom paketu Catia V5. Kako je predviđeni proces analize iterativnog karaktera izvršena je parametrizacija geometrijskog modela pomoću koje je vršeno pozicioniranje otvora visine 2m pravougaonog poprečnog preseka u odnosu na čelična ojačanja spoljašnjeg plašta. Odabranim parametrima (širina otvora i vertikalno pozicioniranje) u potpunosti se definiše položaj otvora.

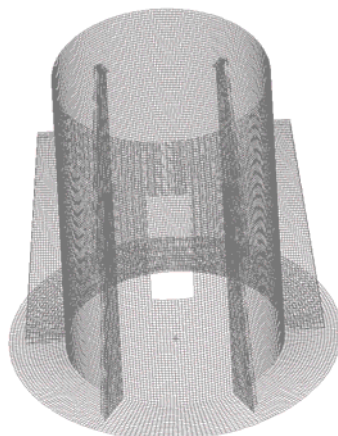


Slika 3. 3D model korena dimnjaka

4. IZRADA PRORAČUNSKE MREŽE KONAČNIH ELEMENATA

Geometrijski model korena dimnjaka je diskretizovan u mrežu konačnih elemenata. Proračunska mreža se sastoji od 42494 elemenata (slika 4.) pravougaonih - pločastih elemenata. Konturni uslovi zadati na elementima ankerske ploče i vertikalnim ojačanjima odgovaraju sprečenim pomerajima veza, zavrtnajskim vezama i betonskoj osnovi.

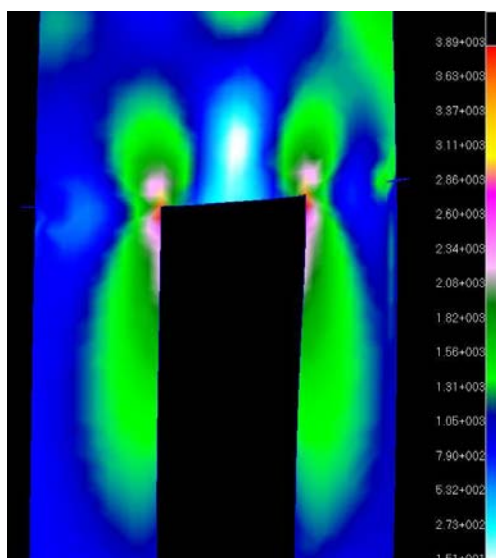
Prilikom modelovanja opterećenja konstrukcije uzeta su u obzir svedena opterećenja usled vetra i sopstvene težine.



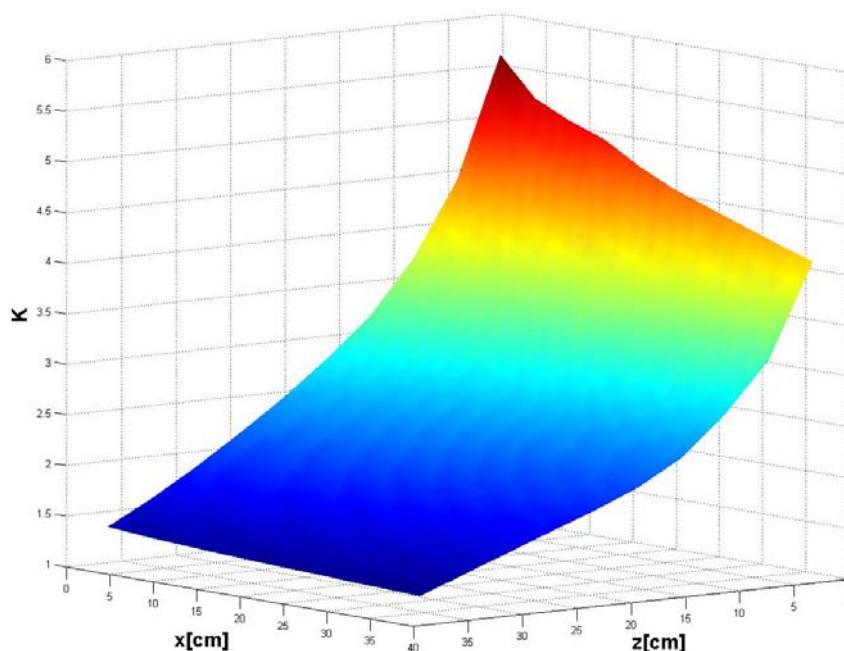
Slika 4. FEM model korena dimnjaka

5. ANALIZA NAPONA I DEFORMACIJA

Analiza raspodele napona je izvršena iterativno za 1600 različitih pozicioniranja otvora (slika 5.). Najveća koncentracija napona se po očekivanju javljala u gornjim uglovima otvora. Napon na navedenim lokacijama zavisio je od rastojanja otvora od ivica vertikalnih elemenata ukrućenja, i to tako da je opadao sa udaljavanjem od njih. Faktor koncentracije napona prikazan na slici 6. je zadat u odnosu na naponsko stanje strukture kod koje nema otvora.



Slika 5. Slika raspodele ekvivalentnih napona u okolini dimnovodnih otvora



Slika 6. Faktor koncentracije napona u zavisnosti od vertikalnog i bočnog udaljenja otvora

6. ZAKLJUČAK

Čelične strukture dimnjaka su izložene raznovrsnim termičko-mehaničko-hemijskim dejstvima. Otvori za dimovodne kanale na spoljašnjim plaštovima su posebno osetljivi na pojavu koncentracije napona, te i na stvaranje prskotina. Mnoga konstruktivna rešenja izvedenih konstrukcija čeličnih dimnjaka, izradjena bez preduzetih mera eliminisanja koncentracije napona, uzrok su nastajanja prskotina i ugrožavanja integriteta konstrukcije. Stoga je, prilikom projektovanja detalja ovakvih konstrukcija, potrebno izvršiti posebno i analizu lokalne raspodele napona.

LITERATURA

1. Izveštaj o stanju dimnjaka TO Višnjička banja, MF, 2005, S.Stupar i dr.
2. Chemical Engineers Handbook, Perry, R.H., McGraw-Hill, New York, 1997
3. BS 4076 Specifications for steel chimneys
4. Applied Finite Element Analysis, Larry J. Segerlind, John Wiley and sons Inc, 1984

INFLUENCE OF STEEL FLUE STACK STRUCTURAL DESIGN ON THE STRESS AROUND DUCTWORK OPENINGS

Structural design has, among other factors, big influence on stress concentration occurrence in mechanical steel constructions. In this study, influence of ductwork distance from the rib stiffeners to the stress concentration on steel flue stack wall was analyzed. Numerical analysis was carried out using finite element method based on the geometry model of the flue stack root section and ductwork openings modeled in Catia V5 software package.

Petrović Z., Stupar S., Simonović A., Stanojević M.¹

CAD/CAM MODEL KUĆIŠTA GLAVNOG REDUKTORA HELIKOPTERA

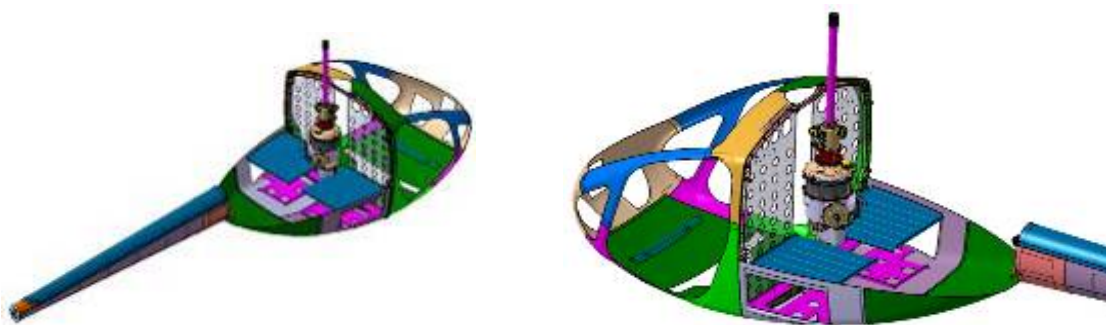
Rezime

U radu su predstavljene projektovanje i proizvodnja delova kućišta glavnog reduktora helikoptera primenom softverskog paketa CATIA V5. Složeni oblik kućišta je uslovljen konstrukcijom glavnog reduktora i potrebom za uštedom mase i prostora u motorskom odeljku helikoptera. Izvršenom CAD/CAM integracijom značajno su povećani kvalitet i efikasnost u projektovanju, reprojektovanju, optimizaciji delova i njihovoj proizvodnji, uz ostvarivanje znatne uštede resursa za dobijanje prototipa glavnog reduktora helikoptera.

1. UVOD

Glavni reduktor je jedan od ključnih sklopova koji značajno utiču na performanse helikoptera. Izbor reduktora je uslovljen karakteristikama pogonskog agregata, raspoloživim prostorom i dozvoljenom masom helikoptera. S obzirom na zahteve postavljene pred projektante, potrebno je usvojiti što jednostavniju konstrukciju minimalne mase, sa relativno velikim prenosnim odnosom. Ovo je moguće ostvariti ugradnjom višestepenih cilindričnih zupčastih i remenih parova ili planetarnog prenosnika. Imajući u vidu povećanje mase helikoptera koje bi nastalo primenom višestepenih cilindričnih zupčanika ili remena, izabrano je rešenje sa planetarnim prenosnikom odgovarajućeg prenosnog odnosa. Ovakvim izborom glavnog reduktora je pored uštede u masi ostvarena i značajna ušteta u prostoru.

Pogonski agregat se sastoji od dva, horizontalno postavljena motora povezana centrifugalnim spojnicama i koničnim zupčastim parovima sa ulaznim vratilom glavnog prenosnika.



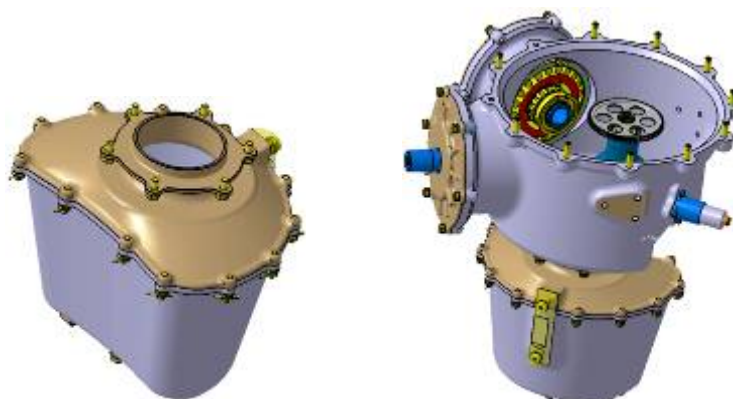
Slika 1.

¹ prof. dr Zlatko Petrović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3302-345, email: zpetrovic@mas.bg.ac.yu
prof. dr Slobodan Stupar dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, tel. 3370-303, email: sstupar@mas.bg.ac.yu
Ass. mr Aleksandar Simonović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
Marija Stanojević dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: mzstanojevic@mas.bg.ac.yu

2. MODELOVANJE I IZRADA



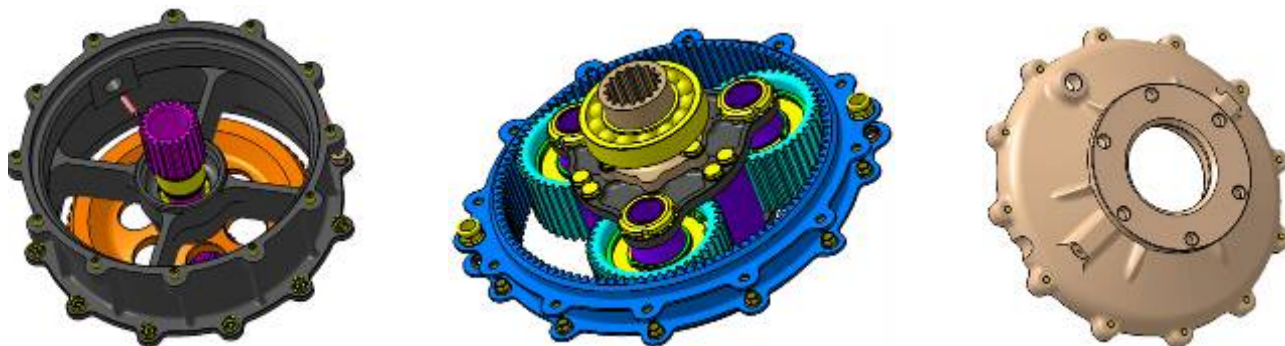
Slika 2.



Slika 3.

Kućište glavnog prenosnika je modularno. Ispod ulaznih vratila i kućišta koničnih zupčastih parova koji predstavljaju prvi stepen prenosa snage nalazi se posuda ulja za podmazivanje prenosnika – slika 3.

Iznad kućišta prvog stepena prenosa nalazi se kućište planetarnog prenosnika, koje ujedno predstavlja i njegov nosač. Sistemom cevi se, pomoću pumpe, distribuiraju ulje u ovaj element, kao i gornji poklopac kućišta.

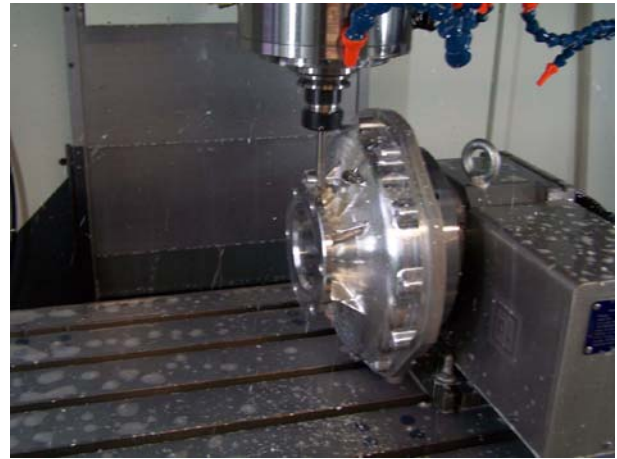


Slika 4.

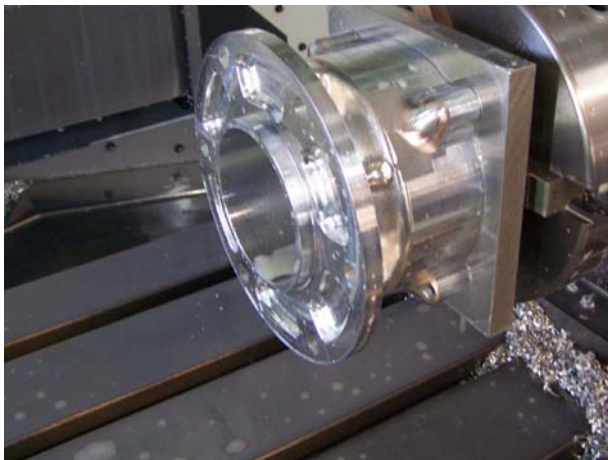
Modeliranje složenog sklopa kakav je glavni reduktor helikoptera, i njegovih podsklopova zahteva detaljno planiranje kako pre početka projektovanja, tako i pre same izrade modela. Potrebno je odrediti glavne podsklopove za svim delovima i njihove pozicije u stablu specifikacija modela tako da kasnije izmene i dorade budu jednostavne uz minimalno intervenisanje na vezanim delovima. Modeliranja svih sklopova, podsklopova i delova izvršena su u CATIA V5 programskom paketu. Delovi su modelirani upotrebom Sketcher, Part Design, Sheet Metal Design i Wireframe and Surface Design modula, koji su zatim sastavljeni u podsklopove u Assembly Design modulu. Sklop glavnog reduktora čine šest podsklopova, dok je podsklop kućišta podeljen na tri celine: podsklop donjeg dela kućišta (slika 3), podsklop kućišta planetarnog prenosnika (slika 4 - levo) i poklopac kućišta glavnog reduktora (slika 4 - desno).



Slika 5.



Slika 6.



Slika 7.



Slika 8.

Delovi su proizvedeni na obradnom centru MIKRON VCE 800E Pro sa kontrolnom jedinicom Heidenhain iTNC 530. Modeli delova iz CATIA-e su preko STEP standardnog interfejsa prosleđeni CNC postprocesoru i obradnom centru.

3. ZAKLJUČAK

Projektovanje i proizvodnja sklopova i podsklopova glavnog reduktora predstavlja dugotrajan proces i usko je povezan sa ostalim sklopovima helikoptera (npr. pogonski agregat, glavni rotor, repni rotor, motorski prostor i nosač motora). U radu su predstavljene projektovanje i proizvodnja delova kućišta glavnog reduktora, kao ilustrativan primer kako složenosti ovih procesa, tako i primene CAD/CAM tehnologija i integrisanih softvera, koji donose do značajnog povećanja efikasnosti u projektovanju, reprojektovanju, optimizaciji delova i njihovoj proizvodnji. Dobar modularni dizajn i detaljno planiranje pre početka samog projektovanja, odnosno modeliranja sklopova, podsklopova i delova su od presudnog značaja za uspeh celokupnog projekta nivoa složenosti kakav je dizajniranje helikoptera. Prednosti vezane za ovakav pristup projektovanju su brojne: ušteda ljudskih i tehničkih resursa, znatno olakšane promene konstrukcije, mogućnosti vrlo detaljnih analiza delova pojedinačno i u celinama itd.

CAD/CAM integracija značajno olakšava i skraćuje potrebno vreme za pripremu tehničke dokumentacije za proizvodnju. Na prikazanom primeru kućišta reduktora se može primetiti da su faze projektovanja i izrade gotovo integrisane. S obzirom na mašinu koja je korišćena za proizvodnju elemenata kućišta, vreme potrebno za generisanje tehničke dokumentacije kojom se definiše tehnologija proizvodnje je svedeno na minimum. CAD/CAM integracijom je ostvarena visoka preciznost i kvalitet delova.

Na slikama 9 i 10 prikazani su gotovi delovi kućišta glavnog reduktora.



Slika 9.



Slika 10.

LITERATURA

1. CATIA V5 User's Documentation, Dassault Systemes, 2003.
2. Stupar S., Petrović Z., Dunjić M., Simonović A., Komarov D. - Razvoj koncepta glavnog i repnog reduktora, Mašinski fakultet, Beograd 2005.
3. Boeing Design Manual, Boeing Company, 1973.
4. W. Matek, D. Mulis, H. Wittel, M. Becker, D. Jannasch – Maschinenelemente, Vieweg 2001.

Abstract

Design and manufacturing of main rotor gearbox housing using CATIA V5 are presented in this paper. Performances of helicopter are substantially influenced by main gearbox. Complex housing shape depends on gearbox design and need for mass and occupied space reduction in motor compartment of helicopter. CAD/CAM integration in CATIA v5 have increased quality and efficiency of design, redesign, optimization and manufacturing processes considerable, with substantial savings in all necessary resources for main gearbox prototype production.

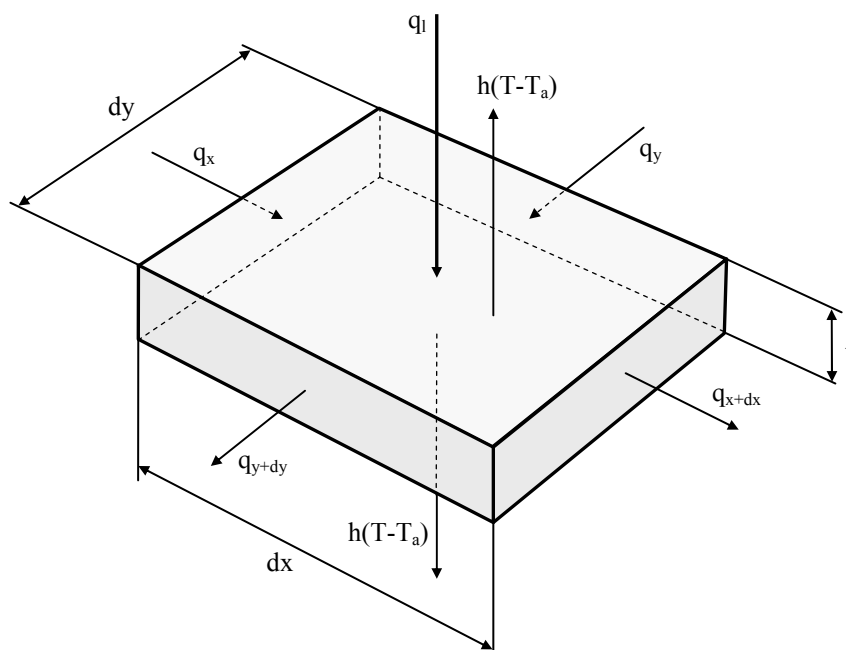
М. Бјелић, М. Вукићевић, Г. Миодраговић¹

МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ СИМУЛАЦИОНИХ МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ШАВА

Резиме: У раду је приказан модел процеса размене топлоте за случај поступка електролучног заваривања танких лимова. Поједностављење добијене нестационарне парцијалне диференцијална једначине извршено је њеном трансформацијом у квазистационарни облик. Нумеричко решавање квазистационарне једначине изведено је методом коначних разлика а затим је на основу добијеног решења, одређена ширина шав за задате параметре заваривања.

Кључне речи: заваривање, симулација, размена топлоте, метода коначних разлика, шав

Процес топлотне размене у току заваривања представља веома сложен проблем. Његово решавање повезано је са бројним тешкоћама које се односе на зависност физичких карактеристика завариваних материјала од температуре, сложеност граничних услова, моделирање расподеле електричног лука на површини завариваних материјала, итд. Добијање аналитичког решења условљено је бројним поједностављењима модела што као резултат има мање тачно решење. За добијање поузданијег решења прибегава се примени нумеричких метода.



Слика 1. Елементарни паралелопипед

Ако се из лим које се у току заваривања периодично загрева, односно хлади услед дејства електричног лука, издвоји елементарни паралелопипед, слика 1, тада ће специфични топлотни проток на улазу у елементарни паралелопипед у правцу x – осе бити q_x , у правцу y – осе бити q_y . На горњу површину лим а у правцу z – осе делује електрични лук количином топлоте q_1 . Претпоставка која је учињена у моделу је да се са горње и доње стране завариваних плоча конвекцијом одводи количина топлоте $h(T-T_a)$. На излазу из елементарног паралелопипеда, специфични топлотни проток у правцу x – осе биће q_{x+dx} , у правцу y – осе бити q_{y+dy} . Уз

претпоставку да је при заваривању танких лимова температура по дебљини лим константна тј. да је $\partial T/\partial z = 0$ и уз претпоставку да физичке карактеристике материјала нису функције положаја и времена, добија се једначина топлотне размене:

¹ Мишо Бјелић, Машински факултет Краљево, 036/383-377, bjelic.m@maskv.edu.yu
проф. др Миомир Вукићевић, Машински факултет Краљево, 036/383-377, vukicevic.m@maskv.edu.yu
мр Горан Миодраговић, Машински факултет Краљево, 036/383-377, miodragovic.g@maskv.edu.yu

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + \frac{q_1}{c \cdot \gamma \cdot t} - \frac{2h}{c \cdot \gamma \cdot t} (T - T_a) \quad (1.1)$$

где су:

c - специфични топлотни капацитет (J/kgK)

γ - густина материјала (kg/m³)

λ - термичка проводност (W/mK)

q_1 - топлотно дејство лука (W/m²)

T_a - температура околне средине (K)

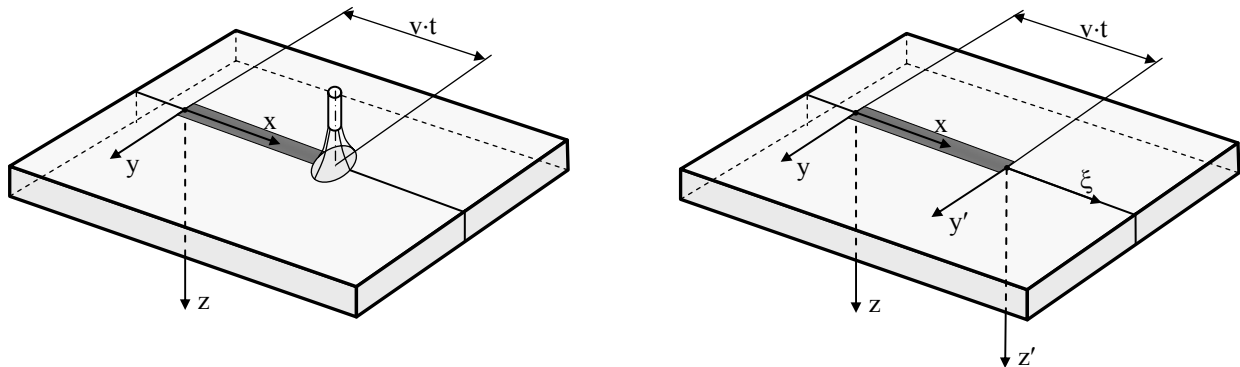
Увођењем смена:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}, \quad a = \frac{1}{c \cdot \gamma \cdot t}, \quad b = \frac{2h}{c \cdot \gamma \cdot t}$$

где је α коефицијент температурске проводности, добија се једначина:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + a \cdot q_1 - b \cdot (T - T_a) \quad (1.2)$$

Једначина (1.2) представља једначину топлотне размене при електролучном заваривању танких лимова.



Слика 2. Непокретни и покретни координатни систем

Једначина (1.2) је нестационарна парцијална диференцијална једначина. Применом покретног координатног система који се креће заједно са електродом, слика 2, једначина (1.2) се преводи у квазистационарни облик. Веза између покретног и непокретног координатног система дата је следећим једначинама:

$$\xi = x - v \cdot \tau \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial \xi}{\partial \tau} = -v \quad (1.3)$$

Промена температуре у току времена дата је једначином:

$$\frac{\partial T(x, y, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial T(\xi, y, \tau)}{\partial \tau} + \frac{\partial T}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial \tau} \quad (1.4)$$

У покретном координатном систему температурско поље не зависи од времена тј.

$$\frac{\partial T(\xi, y, \tau)}{\partial \tau} = 0 \quad (1.5)$$

па се на основу (1.3) и (1.5) једначина (1.4) своди на:

$$\frac{\partial T(x, y, \tau)}{\partial \tau} = -v \frac{\partial T}{\partial \xi} \quad (1.6)$$

На основу једначине трансформације координата добија се:

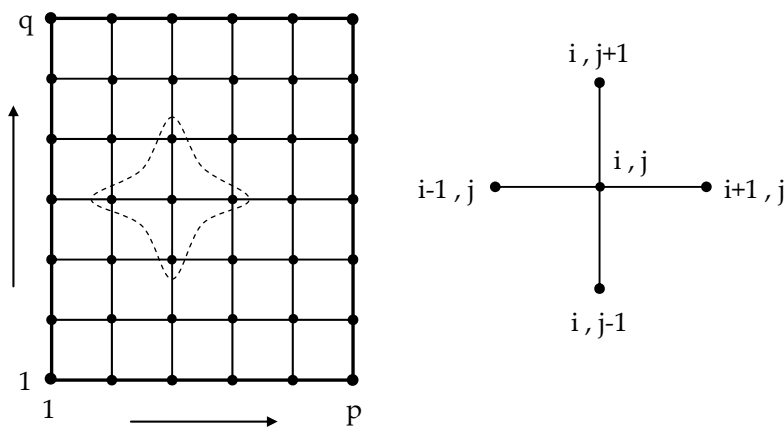
$$\frac{\partial T(x, y, \tau)}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial \xi} \quad \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} \quad \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 T}{\partial y'^2}$$

па сада једначина топлотне размене гласи:

$$-v \frac{\partial T}{\partial \xi} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y'^2} \right) + a \cdot q_1 - b \cdot (T - T_a) \quad (1.7)$$

НУМЕРИЧКО РЕШЕЊЕ

Аналитичко решавање једначине (1.7) повезано је са бројним тешкоћама везаним за материјалну средину над којом се тражи решење као и задате почетне услове. За решавање једначине (1.7) примењује се методе коначних разлика. Дискретизација простора изводи се прекривањем прорачунске области правоугаоном мрежом тачака, слика 3.



Слика 3. Прорачунска мрежа

За апроксимацију првих и других извода температуре по просторним координатама у овом случају примењен је примењен централни шаблон:

$$\frac{\partial T}{\partial \xi} = \frac{T_{i+1,j} - T_{i-1,j}}{2\Delta\xi} \quad (1.8)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} = \frac{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}}{(\Delta\xi)^2} \quad (1.9)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y'^2} = \frac{T_{i,j+1} - 2T_{i,j} + T_{i,j-1}}{(\Delta y')^2} \quad (1.10)$$

Имајући у виду једначине (1.8-1.10), једначина (1.7) добија облик:

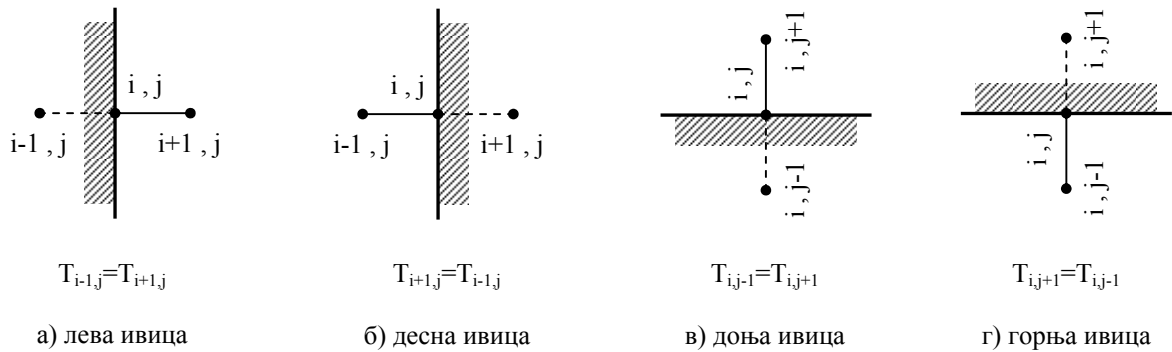
$$-v \frac{T_{i+1,j} - T_{i-1,j}}{2\Delta\xi} = \alpha \left[\frac{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}}{(\Delta\xi)^2} + \frac{T_{i,j+1} - 2T_{i,j} + T_{i,j-1}}{(\Delta y')^2} \right] + a q_1 - b T_{i,j} + b T_a \quad (1.11)$$

уз претпоставку да је $\Delta\xi = \Delta y$ и уз увођење смена добија се једначина (1.12) за израчунавање вредности температуре у тачкама прорачунске мреже

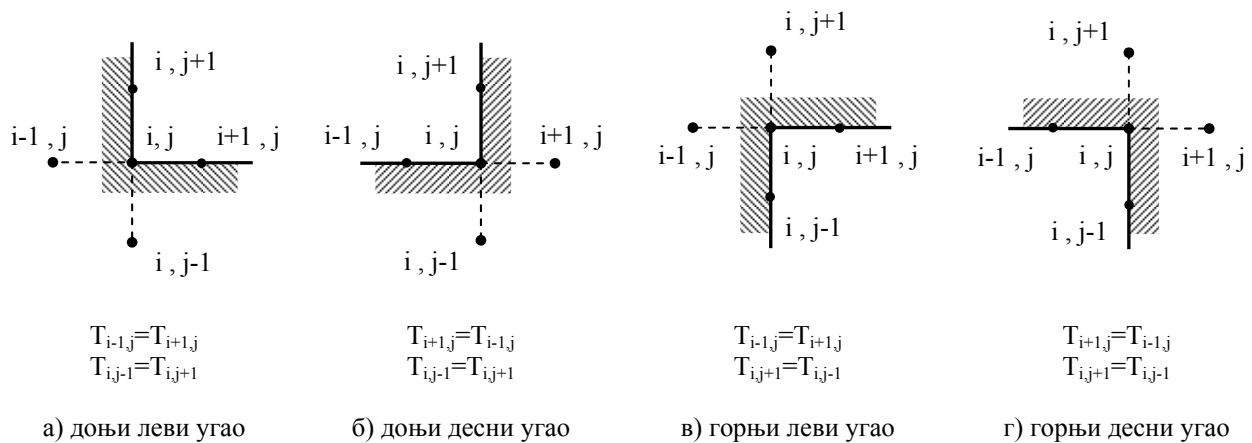
$$T_{i,j} = A(T_{i+1,j} + T_{i-1,j} + T_{i,j+1} + T_{i,j-1}) + D(T_{i+1,j} + T_{i-1,j}) + B q_1 + C T_a \quad (1.12)$$

ГРАНИЧНИ УСЛОВИ

Једначина (1.12) важи за унутрашње тачке прорачунске области, тј. за тачке са индексима $i=2, \dots, p-1$ и $j=2, \dots, q-1$. За тачке које се налазе на граничним површинама, тј. на ивицама лимова потребно је извршити прилагођавање једначине (1.12) увођењем граничних услова. За дати модел претпоставља се да је процес размене топлоте на граничним странама завариваних лимова адијабатски. Гранични услови за дати модел приказани су на сликама 4 и 5.

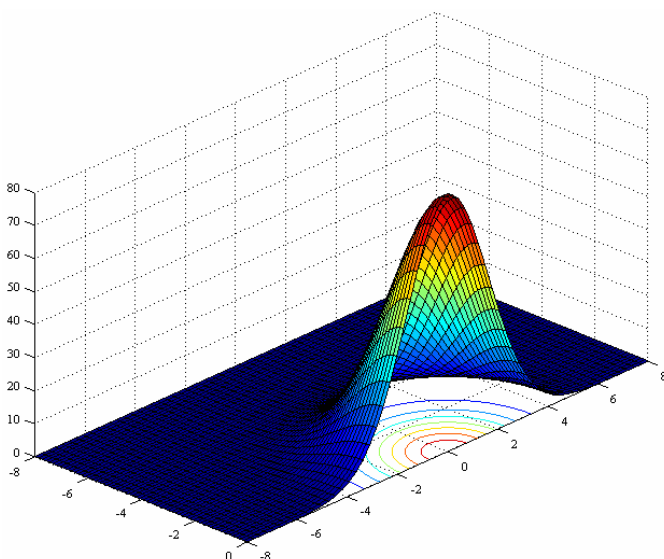


Слика 4. Гранични услови на граничним странама завариваних лимова



Слика 4. Гранични услови на угловима завариваних лимова

МОДЕЛ ИЗВОРА ТОПЛОТЕ



Слика 5. Модел електричног лука

Интеракција између извора топлоте (електричног лука) и заваривачког купатила је комплексан физички феномен који још увек није тачно описан. Снага електричног лука, само је приближно једнака његовој електричној снази. Топлотни флуks лука је најинтензивнији у централном делу мрље загревања где настаје непосредно издвајање топлоте услед бомбардовања електронима и јонима. У делу који налаже на катодну мрљу, материјал се загрева првенствено на рачун топлотне размене зрачењем са стубом лука и конвективне топлотне размене са гасовима у луку. Интензитет топлотног флуksа опада са удаљењем од центра мрље. У зависности од

расподеле специфичног топлотног флуksа $q[W/m^2]$, разликују се и различити модели извора топлоте. Модел коришћен у овом раду понудили су Фридман (Friedmann), Круц (Krutz) и Сегерленд (Segerland), слика 5. Модел који су они предложили има облик:

$$q(x, y) = \frac{3Q}{\pi c^2} e^{-\frac{3x^2}{c^2}} e^{-\frac{3y^2}{c^2}}$$

$Q = \eta UI$ – номинална снага извора [W]

U – напон лука [V]

I – струја заваривања [A]

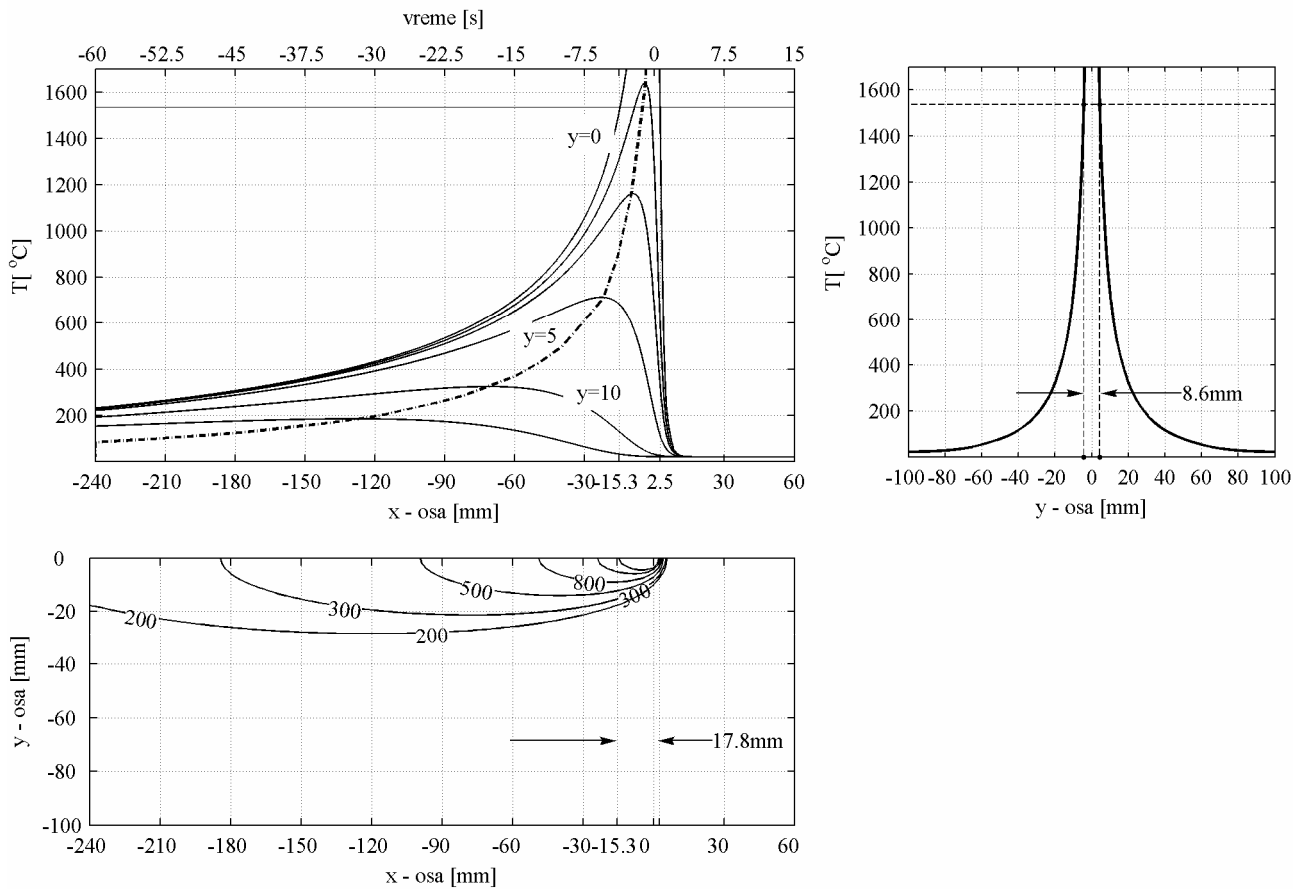
c – карактеристични радијус расподеле флуksа [m]

На слици 5. приказана је само половина поља специфичне снаге извора топлоте због симетричности истог.

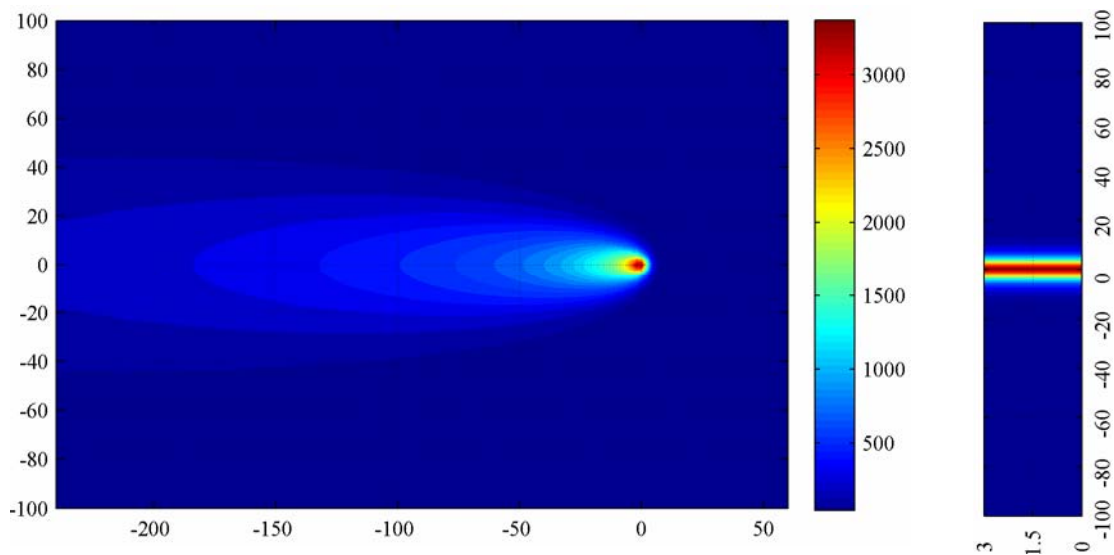
ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА СИМУЛАЦИЈЕ

На основу добијеног модела извршена је симулација процеса заваривања у програмском пакету MATLAB 7.0 за следеће параметре заваривања:

- напон заваривања $U=20V$,
- струја заваривања $I=130A$,
- брзина заваривања $v=4mm/s$,
- дебљина лима $t=3mm$



Слика 6. Температурско поље у завариваним лимовима



Слика 7. Контурни дијаграми температурског поља у завариваним лимовима

На сликама 6 и 7 приказани су резултати симулације поступка електролучног заваривања. На слици 6 могу се са дијаграма прочитати вредности ширине шава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вукићевић М., *Прилог изради тачног аналитичког модела тачкастог електроотпорног заваривања*, докторска дисертација, Машински факултет, Београд, 1994.
2. Петровић З., Ступар С., *Пројектовање рачунаром – метод коначних разлика*, Машински факултет, Београд, 1992.
3. Goldak A. J., Akhlaghi M., *Computational welding mechanics*, Springer, 2005.
4. Won Y. Y., *Applied numerical methods using MATLAB*, Wiley, 2005.

POSSIBILITIES OF SIMULATION METHODS USE FOR DETERMINATION OF WELD BEAD GEOMETRY

Summary: This paper presents model of heat transfer for an arc welding process of thin sheets. Simplification of partial differential equation was performed by transformation to the quasi stationary equation. Numerical solution of this equation was performed by using finite difference method. Solution of this equation was used for determination of weld zone width for a given set of welding parameters.



Lj. Lukić, M. Djapić, M. Kalajdžić¹

INTEGRISANO PROJEKTOVANJE PROIZVODA I TEHNOLOGIJA U USLOVIMA DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE²

Rezime

Integrirano projektovanje proizvoda i tehnologija primenom CAD/CAM sistema ima veliki značaj za savremenu proizvodnju u malim i srednjim preduzećima. U radu se razmatra metodologija integrisanog projektovanja na primeru alata za izradu delova od plastike sa prostorno složenim površinama. Prikazano je geometrijsko modelovanje maske mobilnog telefona, CAD projektovanje alata za brizganje i automatsko generisanje NC koda za izradu gornje i donje površine gnezda u pločama alata. Za integrirano projektovanje korišćen je softverski paket Catia, koji pruža dobre mogućnosti za razvoj proizvoda i tehnologija u uslovima distribuirane proizvodnje.

Ključne reči: Integrirano projektovanje, CAD/CAM sistemi, NC programi, distribuirana proizvodnja

1. UVOD

Integrirano projektovanje proizvoda i tehnologija bazira na primeni CAD/CAM sistema, pri čemu se uz istovremeni razvoj proizvoda projektuje i tehnologija njegove izrade sa projektovanjem potrebnih alata i pribora. U svim fazama projektovanja koriste se savremene internet tehnologije pri izboru reznih alata i definisanju karakterističnih elemenata režima obrade. Integrirano CAD/CAM projektovanje predstavlja jedan od najefektnijih načina razvoja proizvoda u oblasti konkurentnog – simultanog inženjerstva.

Metodologija CAD/CAM projektovanja u uslovima distribuirane proizvodnje se zasniva na sintezi konstrukcione i tehnološke dokumentacije, tako da preduzeće koje realizuje određene tehnološke operacije dobija jasnu i potpunu projektno konstrukcionu, tehnološku, kontrolnu i montažnu dokumentaciju, ali samo za onaj deo proizvodnih aktivnosti koje su dodeljene za realizaciju tom preduzeću. Projektna dokumentacija za proizvodnju se selektivno štampa samo sa onim parametrima koji su bitni za fazu izrade, koja se odnosi na obim posla u jednom preduzeću, kako bi se primopredaja proizvodne faze i kontrola izvršenih operacija izvršila korektno prema tehničkoj dokumentaciji. Ovakav metod projektovanja može se veoma efikasno primenjivati u radu malih i srednjih preduzeća u oblasti proizvodnje složenih proizvoda visokih karakteristika kvaliteta. Kompletna metodologija integrisanog projektovanja proizvoda prikazana je korišćenjem softverskog paketa Catia V5R14, na primeru maske mobilnog telefona tipa Samsung R210.

¹ Prof. dr Ljubomir Lukić, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet Kraljevo, 36000 Kraljevo, Dositejeva 19, tel. +38136 383 380, e-mail: lukic.lj@maskv.edu.yu, doc. dr Mirko Djapić, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet Kraljevo, 36000 Kraljevo, Dositejeva 19, tel. +38136 383 380, e-mail: djapic.m@maskv.edu.yu, prof. dr Milisav Kalajdžić, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet u Beogradu, 11120 Beograd, Kraljice Marije 16, tel. +38111 3370 314, e-mail: mkalajdzic@mas.bg.ac.yu.

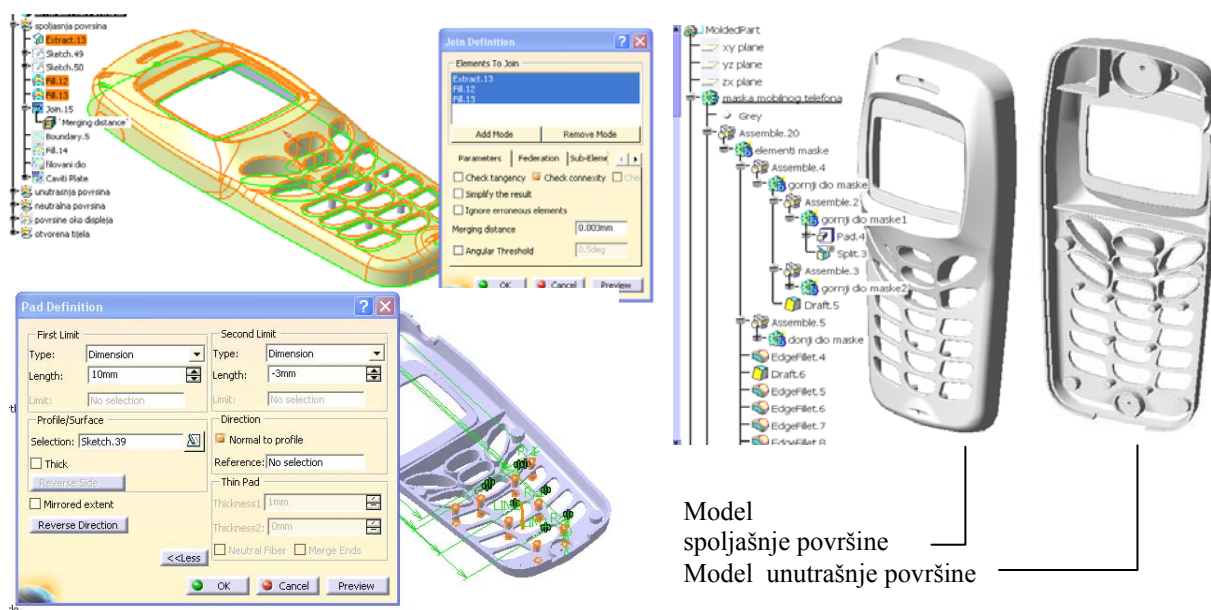
² U radu se prikazuje deo rezultata istraživanja u okviru projekta "Implementacija automatizovanog projektovanja obradnih sistema i procesa u industriji prerade metala", ev. broj TR 6319B, u čijem finansiranju učestvuje Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Vlade Republike Srbije.

Obuhvaćene su sve faze razvoja, od geometrijskog modelovanja proizvoda, projektovanja alata za livenje plastike pod pritiskom, sa posebnim težištem na izradi gornje i donje radne ploče alata u kojoj se nalaze gnezda za ulivanje plastične mase.

2. GEOMETRIJSKO MODELOVANJE

Masku telefona čini ekranski deo, deo tastature i deo servisnog svetla. Pored toga, iznad ekrana je otvor za zvučnik, a u levom uglu je otvor za diodu koja signalizira telefonski poziv ili punjenje baterije. Polovinu maske zauzima deo tastature, a sa leve bočne strane se nalazi mesto za mini konektor slušalica. Na donjoj strani, ispod tastature je mesto za konekciju punjača baterije. Zidovi maske su relativno tanki, pa se samo modeliranje zasniva na konceptu oduzimanja volumena od punog materijala, pogotovo što je geometrija unutrašnjeg dela maske sasvim različita od spoljašnjeg. Na unutrašnjoj strani se nalaze nosači za mikروفon i zvučnik, oslonci tastature, razna ukrućenja i ojačanja, kao i vezivni elementi sa metalnim umetcima. Oblici površina su prostorno složeni, pri čemu postoje blagi prelazi između njihovih elemenata, kako bi telo mobilnog telefona bilo prilagodjeno šaci korisnika.

Maska mobilnog telefona spada u kategoriju geometrijski veoma složenih delova kako zbog velikog broja elementarnih površina u pravcu svih koordinatnih osa, tako i zbog njihovih relativno malih dimenzija, visokog kvaliteta površine i težine od svega nekoliko grama. Da bi se proizveo ovakav deo, neophodna je primena modernih tehnika dizajniranja i geometrijskog modelovanja (slika 1), koje omogućuje geometrijski modeler većeg broja savremenih CAD/CAM paketa, a posebno Catia, koja ima i niz drugih modula za integrisano projektovanje proizvoda i tehnologija i interfejs za njihovo povezivanje sa drugim informacionih tehnologijama.



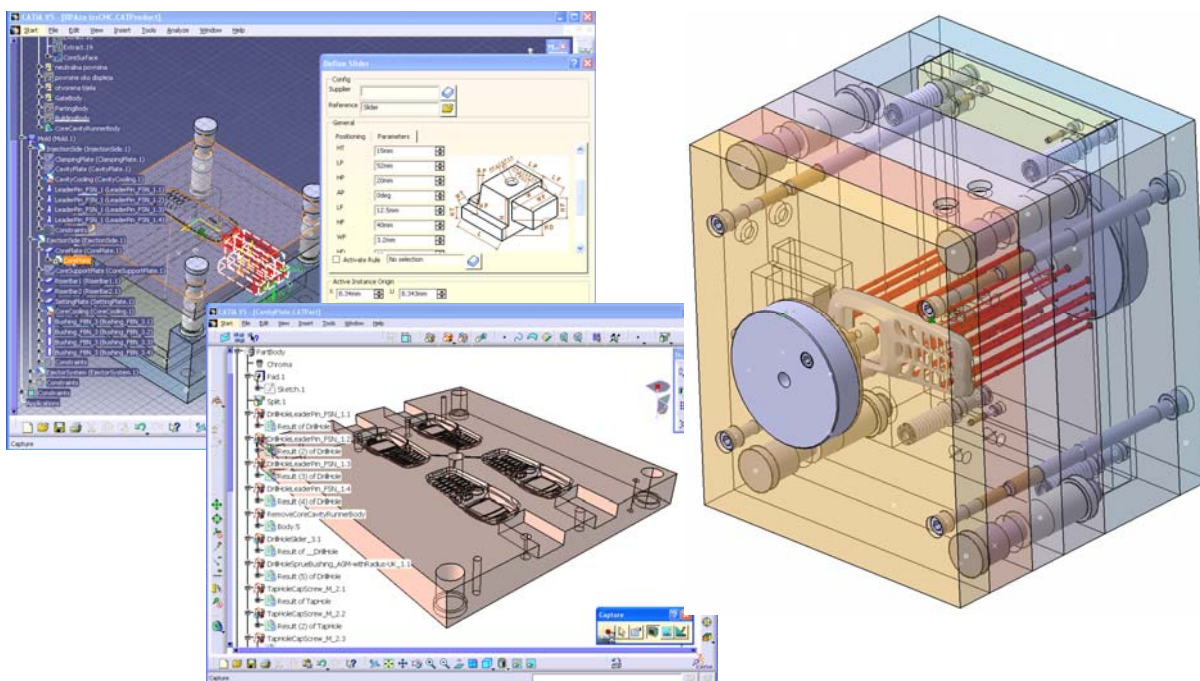
Slika 1. Geometrijsko modelovanje maske mobilnog telefona tip Samsung R210 pomoću CAD/CAM sistema Catia V5R14

Trodimenzionalni geometrijski model proizvoda je osnov za dalji postupak projektovanja alata za brizganje, tehnološkog postupka za izradu njegovih radnih elemenata i simulacije tehnološkog procesa brizganja.

3. INTEGRISANO PROJEKTOVANJE ALATA

Posle završenog geometrijskog modelovanja maske mobilnog telefona prelazi se na fazu razvoja i projektovanja alata za livenje pod pritiskom, koji predstavlja osnovni element za kvalitetnu i visokoproduktivnu izradu maske. Alat se vezuje za odgovarajuće module mašine za livenje pod pritiskom, pri čemu se jedan deo vezuje za nepokretni modul koji obuhvata i sistem za ubrizgavanje a drugi deo za pokretni modul koji predstavlja sistem za otvaranje i zatvaranje alata. Alat ima svoju ravan otvaranja, koja se nalazi izmedju radnih ploča u kojima je postavljano ulivno gnezdo adekvatno proizvodu koji se izradjuje.

Nepokretni deo alata se sastoji od osnovne ploče i radne ploče sa udubljenjem, koje su povezane vijcima. U ploče je ugrađena ulivna čahura, jezgro, stubovi za vođenje i prsten za centriranje bruzgaljke mašine. Pokretni deo alata se sastoji od osnovne ploče, radne ploče, oslone ploče i distantne ploče, pri čemu su one sve centrirane čivijama i vezane u jednu celinu vijcima. U njih su ugrađene čahure za vođenje. Kroz osnovnu ploču prolazi pritiskivač mašine koji je vezan sa izbacivačem izlivenog proizvoda iz alata. Povratni sistem vraća mehanizam za izbacivanje u početni položaj, posle izvršenog ciklusa izbacivanja proizvoda iz alata. Svi elementi alata se mogu svrstati u grupu tehnoloških i grupu konstrukcijskih delova. Pošto se svi alati za livenje pod pritiskom projektuju u obliku tipskih standardizovanih kućišta, svi elementi konstrukcijskog tipa se mogu nabaviti kao standardne komponente. Elementi alata tehnološkog tipa (radne ploče sa udubljenjima i kanalima za hladjenje alata, jezgra, izbacivači, mehanizmi alata) se projektuju posebno za svaki konkretan proizvod (slika 2) i uklapaju u standardizovano kućište.



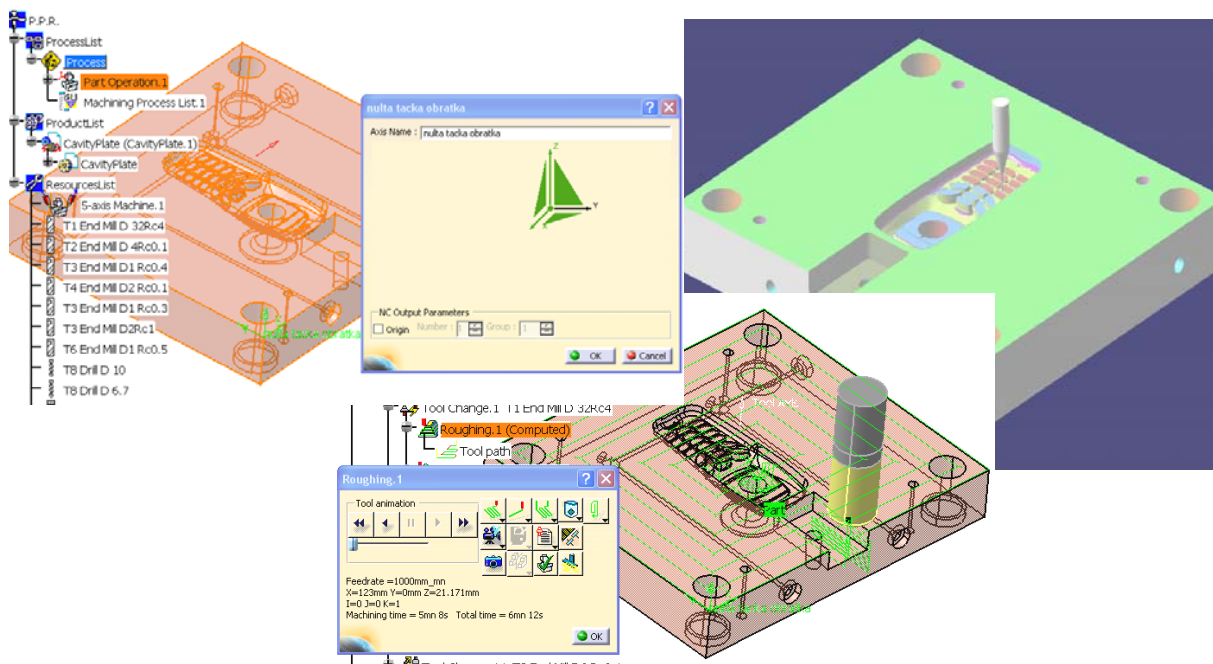
Slika 2. Projektovanje radnih elemenata alata tehnološkog karaktera pomoću CAD/CAM sistema Catia V5R14

Pored elemenata za izbacivanje odlivka iz alata, alat poseduje i mehanizme za izvlačenje bočnih jezgara u ravni upravnoj na pravac otvaranja, pošto se sa unutrašnje bočne strane nalaze elastične zakačke za vezivanje maske sa kućištem telefona. Pri otvaranju alata, a pre izbacivanja odlivka, bočna jezgra se povlače iz radnog položaja klizačem vezanim za mehanizam bočnog kretanja.

Raspored kanala za razvod rastopljene plastične mase ima veliki uticaj na proces popunjavanja gnezda alata, pa je njihov optimalan raspored jedan od najvažnijih procesnih aspekata projektovanja alata. Ukoliko ulivni kanali nisu optimalno projektovani nemože se proizvesti kvalitetan odlivak, jer dolazi do sudara masa prilikom ulivanja pod pritiskom i zarobljavanja vazdušnih mehurića. Najpovoljniji položaj za ulivni kanal je na mestu maske za displej telefona, gde se tragovi odvajanja otpreska neće primetiti, jer se u kasnijim fazama izrade taj deo plastike iseca i odbacuje.

3. PROJEKTOVANJE CNC TEHNOLOGIJE I GENERISANJE NC KODA ZA IZRADU GNEZDA RADNIH PLOČA

Projektovanje alata za izradu maske livenjem plastične mase pod pritiskom se odvija kroz uobičajenu proceduru komponovanja tipiziranih delova alata konstrukcijskog tipa. Projektovanje radnih delova tehnološkog tipa zahteva primenu metodologije CNC tehnologija kod višeosne obrade za izradu prostorno složenih površina ulivnog gnezda i jezgra koje odslikava unutrašnju površinu maske. U zavisnosti od veličine alata, mogu se izvesti radne ploče sa jednim ili više gnezda, čime proces projektovanja nije složeniji, jer se to vrši kopiranjem jednog gnezda funkcijama preslikavanja koje Catia kao univerzalni CAD/CAM sistem poseduje. Metodologija projektovanja CNC tehnologije (slika 3) se sprovodi prvo na definisanju karakteristika materijala obratka, definisanju parametara CNC mašine alatke na kojoj se vrši obrada, a zatim na proceduri izrade plana stezanja i definisanja relativnog položaja obratka u odnosu na referentni koordinatni sistem mašine alatke.



Slika 3. Projektovanje CNC tehnologije i simulacija obradnog procesa izrade radne ploče alata za livenje pod pritiskom (Catia V5R14)

Planom obrade se određuju alati, elementi režima obrade i ostali elementi obradnog procesa za svaku tehnološku operaciju prema redosledu njihovog izvođenja. Istovremeno se tehnološka operacija vezuje za segment površine obratka koji se obradjuje i definiše stepen kvaliteta obrade. Time su ispunjeni uslovi za automatsko generisanje NC koda kao i za sve druge postprocesorske funkcije, koje se odnose na generisanje CL data – liste i kompletne tehnološke dokumentacije za sve pojedinačne operacije. Pored toga se automatski dobijaju statistički izveštaji u vezi broja tehnoloških operacija, broja alata, vremenski parametri, pokazatelji ekonomičnosti i produktivnosti obrade. Projektovanje CNC tehnologije se završava simulacijom obradnog procesa.

Projektovanje CNC tehnologije mora da omogućiti izradu gnezda potrebnih karakteristika kvaliteta, procesiranjem NC programa na upravljačkom sistemu CNC mašine alatke. Zbog toga je posebno značajno pravilno izabrati tip alata, njegove dimenzije i rezu geometriju za svaku tehnološku operaciju, kao i optimalne elemente režima rezanja (dubinu zahvata, brzinu glavnog kretanja i brzine pomoćnih kretanja). Pri integrisanom projektovanju proizvoda i tehnologija neophodno je korišćenje savremenih informatičkih internet tehnologija, koje omogućuju interaktivnu komunikaciju projektanta sa proizvođačima alata. Danas većina poznatih proizvođača reznih alata u svetu, stavlja na raspolaganje sopstvene softverske pakete za podršku projektantima tehnologija pri izboru alata i određivanju režima rezanja.

5. ZAKLJUČAK

NC program za izradu ulivnog gnezda maske mobilnog telefona Samsung R210 je veoma složen i obiman – ima preko 35 hiljada programskih redova. Iako se radi o proizvodu relativno malih dimenzija (113 x 46 x 11,75 mm) i male mase od nekoliko grama, efektivna obrada samo jednog ulivnog gnezda na radnoj ploči alata na petosnom vertikalnom obradnom centru Maho Deckel DMU60 se izvodi preko 8 časova. Posebna tehnološka specifičnost izrade radne ploče alata sa ulivnim gnezdom maske mobilnog telefona se ogleda u pogledu tehnoloških zahteva:

- Veoma visok stepen prostorne složenosti i geometrijskih formi površina koje se obradjuju,
- Relativno male dimenzije elementarnih površina i segmenata kontura koje se obradjuju,
- Relativno visok kvalitet obradjenih površina,
- Relativno visok stepen tačnosti mera i geometrijskih odnosa medju elementarnim površinama.

Sve to ukazuje na praktičnu nemogućnost izrade NC programa manuelnim programiranjem ili pisanjem NC programa u nekom simboličkom programskom jezuku. Efikasno generisanje NC programa za složene proizvode je jedino moguće primenom modernog koncepta integrisanog projektovanja proizvoda i tehnologija, korišćenjem nekog od savremenih CAD/CAM sistema.

Ako se sagledaju realne proizvodne i tehnološke mogućnosti domaćih malih i srednjih metaloprerađivačkih preduzeća, koja su uglavnom osposobljena za izradu komponenata i pojedinih specijalizovanih tehnoloških operacija, kvalitetna izrada proizvoda se može realizovati samo u uslovima distribuirane proizvodnje. Malo preduzeće koje poseduje jednu ili dve manje CNC mašine alatke (npr. proizvodnje Haas ili Maho Deckel) može uspešno proizvoditi komponente alata za livenje plastike pod pritiskom i biti specijalizovan proizvođač tehnoloških delova za alate, pod uslovom da poseduje inženjersku podršku u delu integrisanog projektovanja i razvoja proizvoda i tehnologija. Današnji ambijentalni uslovi razvoja proizvoda kod nas direktno utiču i na promenu pristupa u projektovanju i razvoju proizvoda u odnosu na tradicionalni način. Metodologija CAD/CAM projektovanja treba jednim značajnim delom da bude orijentisana na korišćenju jeftinijih softverskih paketa koji su dostupni preduzetnicima i koji ne zahtevaju računarsko komunikacionu infrastrukturu visokih performansi, a da sam način modelovanja proizvoda i proizvodnih tehnologija bazira na distribuiranoj proizvodnji. Da je ovaj koncept opravdan ilustruje i prikazan primer razvoja i proizvodnje maske mobilnog telefona, koji je uspešno realizovan za jedno malo proizvodno preduzeće iz Rogatice (BIH). Ovakav pristup stvara mogućnost da domaća mala i srednja preduzeća postanu konkurentna u proizvodnji komponenata visokih karakteristika kvaliteta za svetsko tržište, a istovremeno da mašinski inženjeri plasiraju sopstveno znanje u oblasti savremenih metoda projektovanja proizvoda i tehnologija u proizvodnu praksu.

LITERATURA

- [1] Lj. Lukić, M. Kalajdžić, R. Rakanović: Razvoj i primena sistema CAD/CAM projektovanja složenih proizvoda u uslovima distribuirane proizvodnje, 31. JUPITER konferencija, 18. Simpozijum CAD/CAM, Zlatibor (2005), rad na CD medijumu.
- [2] Lj. Lukić, M. Kalajdžić, T. Pijevac: Savremene metode projektovanja proizvoda i tehnologija, Zbornik radova XI naučno-stručnog skupa Info-Teh '96, Donji Milanovac (1996), str.372-377.
- [3] Lj. Lukić, M. Kalajdžić, R. Rakanović: Razvoj i primena sistema CAD/CAM projektovanja složenih proizvoda u uslovima distribuirane proizvodnje, 31. JUPITER konferencija, 18. Simpozijum CAD/CAM, Zlatibor (2005), rad na CD medijumu.
- [4] Lj. Lukić, M. Kalajdžić: Automatizovano projektovanje proizvoda i tehnologija u uslovima distribuirane proizvodnje, Zbornik radova Simpozijuma "Infoteh" - Informacione tehnologije, Jahorina, 22.-24.mart 2006., ISBN-99938-624-2-8.
- [5] M. Djapić, Lj. Lukić: Unapredjenje konceptualnog projektovanja korišćenjem evidencionih sistema, Zbornik radova 32. JUPITER konferencije, 34.Simpozijum "Upravljanje proizvodnjom u industrije prerade metala", Zlatibor (2006), rad na CD medijumu № 401, ISBN 86-7083-557-6.
- [6] Lj. Lukić, S. Ivanović: Razvoj i CAD/CAM projektovanje alata za "form" ambalažu, Zbornik radova 31. Savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore sa međunarodnim učešćem, Kragujevac (2006), str.443-446.

Lj. Lukić, M. Djapić, M. Kalajdžić

INTEGRATED PRODUCT AND TECHNOLOGY DESIGN IN CONDITIONS OF DISTRIBUTED MANUFACTURING

Abstract

Integrated product and technologies design with CAD/CAM systems application has great importance for modern production in small and medium enterprises. This paper considers methodology of integrated design on example of tool for manufacturing of plastic parts with complex area surfaces. Here is described geometry modeling of mask for mobile telephone, CAD design of tools for sputtering and automatic generation NC programs for production upper and under surface of nest in tools plates. For integration design is used software package Catia, which gives good possibilities for production and technologies development in conditions of distributed manufacturing.

Key words: *Integrated design, CAD/CAM systems, NC programmes, distributed manufacturing*

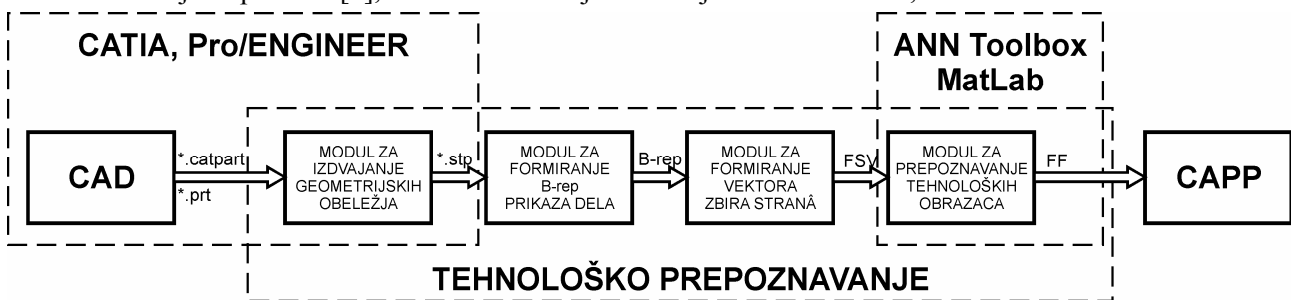
SOFTVER ZA PRETPROCESIRANJE ULAZA U VEŠTAČKU NEURONSKU MREŽU U SISTEMU ZA TEHNOLOŠKO PREPOZNAVANJE PRIZMATIČNIH DELOVA

Abstrakt: U ovom radu predstavljen je deo modularne softverske aplikacije za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi na prizmatičnim delovima. Njegov zadatak je da na osnovu geometrijske i topološke informacije o delu, uvezene iz 3D CAD modelera, izvrši pretprocesiranje ulaza u veštačku neuronsku mrežu, koja treba da izvrši prepoznavanje tehnoloških formi na tom delu. Opisani su najinteresantniji elementi teorijskih postavki na kojima je zasnovan algoritam rada softvera. Na jednostavnom primeru, dat je opis funkcionisanja softvera i predstavljene mogućnosti za njegovu nadgradnju.

Ključne reči: softver, automatsko prepoznavanje tehnoloških formi, B-rep, STEP, veštačke neuronske mreže.

1. UVOD

Sistem za APTF na prizmatičnim delovima, čiji su model i osnovne teorijske postavke na kojima je zasnovan detaljno opisani u [1], ima strukturu koja se sastoji iz četiri modula, slika 1.



Slika 1: Struktura sistema za APTF na prizmatičnim delovima.

Razvijeno softversko rešenje koje predstavlja praktičnu realizaciju ovog sistema, takođe je modularnog tipa, slika 2. Pri projektovanju softvera, pored obezbeđenja njegove vrhunske funkcionalnosti u domenu za koji je namenjen, vodilo se računa o još dva specifična zahteva:

- smanjiti obim programerskog posla, korišćenjem komercijalnih softverskih rešenja gde god je to moguće,
- obezbediti lako korišćenje softvera i mogućost prikaza svih međurezultata, kako bi se mogao primenjivati i u edukacione svrhe.

Ulaz u softver predstavlja STEP fajl, eksportovan iz CAD modela napravljenog u Pro/ENGINEER-u ili CATIA-i. Specijalni program pretražuje dobijeni .stp fajl, formira B-rep dela, a zatim taj prikaz konvertuje u tzv. vektore zbira bodova strana, koji predstavljaju ulaz u veštačku neuronsku mrežu. Neuronska mreža, koja se projektuje i obučava korišćenjem MatLab ANN Toolbox-a, treba da izvrši prepoznavanje tehnoloških formi na delu.

U svim primerima praktične primene veštačkih neuronskih mreža potrebno je rešiti dva ključna problema:

- kako izvršiti kodiranje parametara realnog inženjerskog problema numeričkim vrednostima, koje mogu poslužiti kao ulaz u VNM (pretprocesiranje mreže),
- kako izabrati optimalnu strukturu, algoritam i parametre učenja VNM (modeliranje mreže).

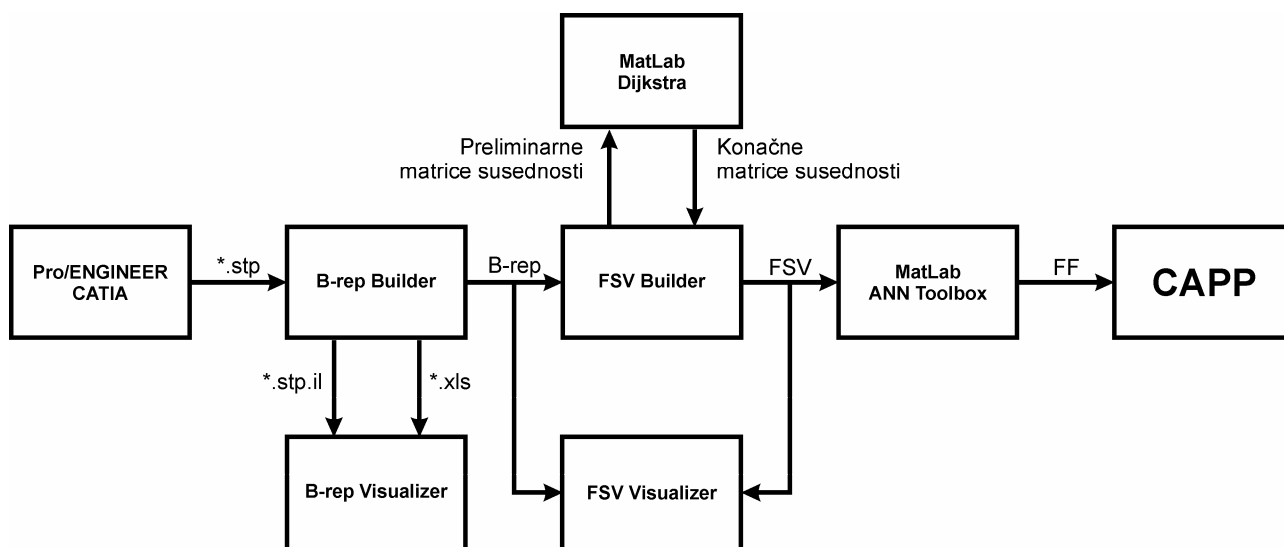
¹ Nenad Nešić, dipl.inž.maš., nnesic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 264

² Prof. dr Bojan Babić, dipl.inž.maš., bbabic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 274

³ Prof. dr Zoran Miljković, dipl.inž.maš., zmiljkovic@mas.bg.ac.yu, 011 3302 468

Mašinski fakultet u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd 35

⁴ Ivan Lazarević, dipl.inž.maš., ivan.lazarevic@ecolab.com, 011 2084 777, Ecolab, Beograd



Slika 2: Struktura softverskog rešenja za APTF na prizmatičnim delovima.

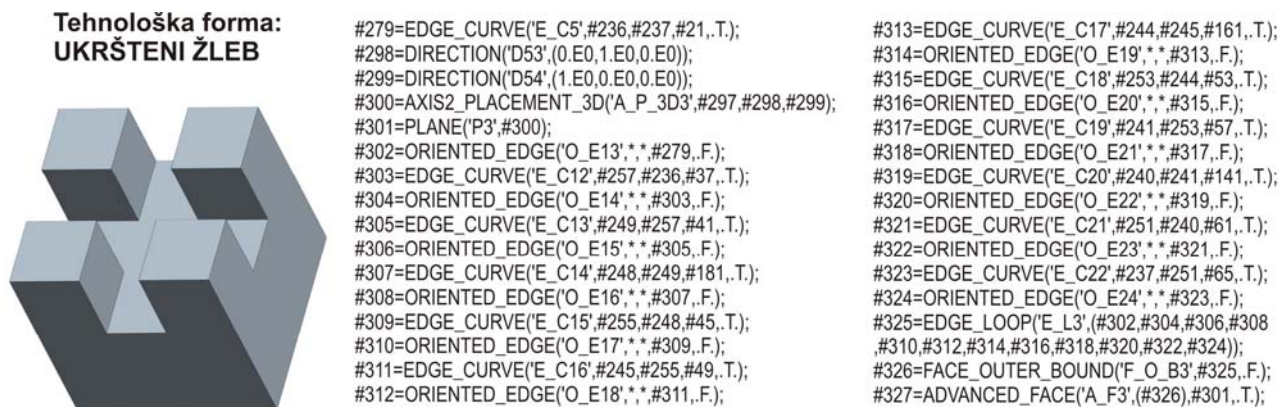
U ovom radu predstavljen je deo razvijene softverske aplikacije čiji je zadatak da na osnovu geometrijske i topološke informacije o delu, uvezene iz 3D CAD modelera, izvrši pretprocesiranje ulaza u veštačku neuronsku mrežu. On se sastoji iz dva modula (B-rep Builder/Visualizer i FSV Builder/Visualizer), kojima logistiku pruža Dijkstra Toolbox isprogramiran u MatLabu.

2. MODUL ZA FORMIRANJE B-rep I IZRAČUNAVANJE FS – B-rep Builder/Visualizer

Ovaj modul se sastoji iz dve aplikacije: B-rep Builder i B-rep Visualizer, projektovane u programskom jeziku VisualBasic 6.0. B-rep Builder ima ulogu da importuje geometrijsku i topološku informaciju iz 3D CAD modela dela, pretraži strukturu uvezenog fajla, detektuje geometrijske i topološke entitete, dodeli jedinstvena imena svakom do njih, analizira njihove međusobne odnose, formira B-rep dela i kodira topološki entitet strana (advanced face) na osnovu karakteristika njegovih temena, ivica i odnosa susednosti sa ostalim stranama dela. B-rep Visualizer ima zadatak da izvrši vizuelni prikaz dobijenih rezultata, radi praćenja procesa kodiranja strana i efektne primene u edukcione svrhe.

2.1. B-rep Builder

U ovom sistemu za APTF, kao veza sa 3D CAD modelerom, korišćen je neutralni format STEP [1,2], koji pruža detaljan opis geometrije, topologije, tolerancija dela, odnosa sa drugim delovima, raznih atributa, pripadnosti dela odgovarajućem sklopu, u obliku neutralnog ASCII fajla. Modul za izdvajanje geometrijskih obeležja u ovom sistemu APTF nije posebno razvijan, jer se u potpunosti mogu iskoristiti STEP fajlovi izvezeni iz komercijalnih 3D modelera. U ovom istraživanju testirana je primena CATIA-e i Pro/ENGINEER-a, sa podjednako uspešnim rezultatima. U daljem tekstu, za objašnjenje funkcionisanja pojedinih modula, biće korišćen primer STEP fajla izvezen iz modela kocke sa tehnološkom formom ukršteni žleb, koji je napravljen u Pro/E WF2, slika 3a. Deo tog STEP fajla, procesiran na način koji će kasnije biti opisan, predstavljen je slikom 3b. STEP fajlovi imaju ekstenziju *.stp.



Slika 3: a) Model za ilustraciju tehnološke forme „ukršteni žleb”; b) deo STEP fajla tog modela.

Geometrijski i topološki entiteti dela su, u strukturi STEP fajla, jednoznačno definisani precizno utvrđenim specifikacijama, što se može ilustrovati pomoću dva primera, slika 4.

Primer topološkog entiteta:

Strana ADVANCED_FACE (A_F) (slučaj strane koja pripada ravnoj površi)

#A_F=ADVANCED_FACE('*prostor za anotaciju*',(#F_O_B,#F_B),#S,.A.);

- #F_O_B – adresa spoljašnje granične linije F_O_B (uvek postoji samo jedna)
- #F_B – adresa unutrašnje granične linije F_B (može ih biti od nijedne do konačno mnogo)
- #P – adresa ravne površi koja sadrži stranu
- .A. – atribut koji ukazuje na to da li se smer vektora usmerenog od strane A_F ka spoljašnjem prostoru poklapa sa definicionim vektorom površi S (A=T) ili ne (A=F)

Primer (*.stp fajl forme „ukrštenog žleba”): #327=ADVANCED_FACE('A_F3',(#326),#301,.T.);

Primer geometrijskog entiteta:

Površ koja sadrži stranu (slučaj ravne površi) PLANE (P)

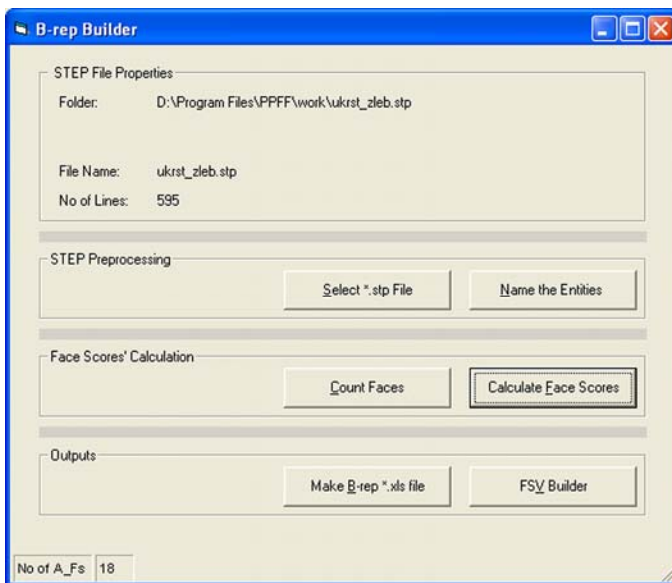
#P= PLANE('prostor za anotaciju',#A_P_3D);

- #A_P_3D – adresa definicionog koordinatnog sistema za tu površ

Primer (*.stp fajl forme „ukrštenog žleba”): #183=PLANE(" ,#182).

Slika 4: Primeri geometrijskog i topološkog STEP entiteta.

Razvijeni modul *B-rep Builder*, čiji je osnovni prozor prikazan slikom 5, nakon importovanja odgovarajućeg *.stp fajla (*Select *.stp file*), najpre vrši procesiranje tog fajla, kako bi identifikovao sve geometrijske i topološke entitete u njemu i dodelio im imena. Imena, koja se sastoje od oznake tipa entiteta (npr. A_F za Advanced_Face) i rednog broja tog entiteta u strukturi *.stp fajla, jednoznačno opisuju svaki od entiteta, što je značajno za prikaz rezultata. Unos naziva entiteta (klikom na dugme *Name the Entities*) vrši se u prostoru za anotaciju (slika 4), koji je u originalnom *.stp fajlu bio nepopunjen. Tako procesiran *.stp fajl, snima se pod istim nazivom, ali sa promenjenom ekstenzijom *.stp.il. Istovremeno, korisnik dobija informaciju o broju linija u *.stp fajlu, a pritiskom na dugme *Count Faces* dobija se i podatak o broju identifikovanih strana na delu.



Slika 5: Osnovni prozor modula *B-rep Builder*.

U sistemu za APTF, opisanom u [1], korišćeni su sledeći obrasci za izračunavanje zbira bodova strane:

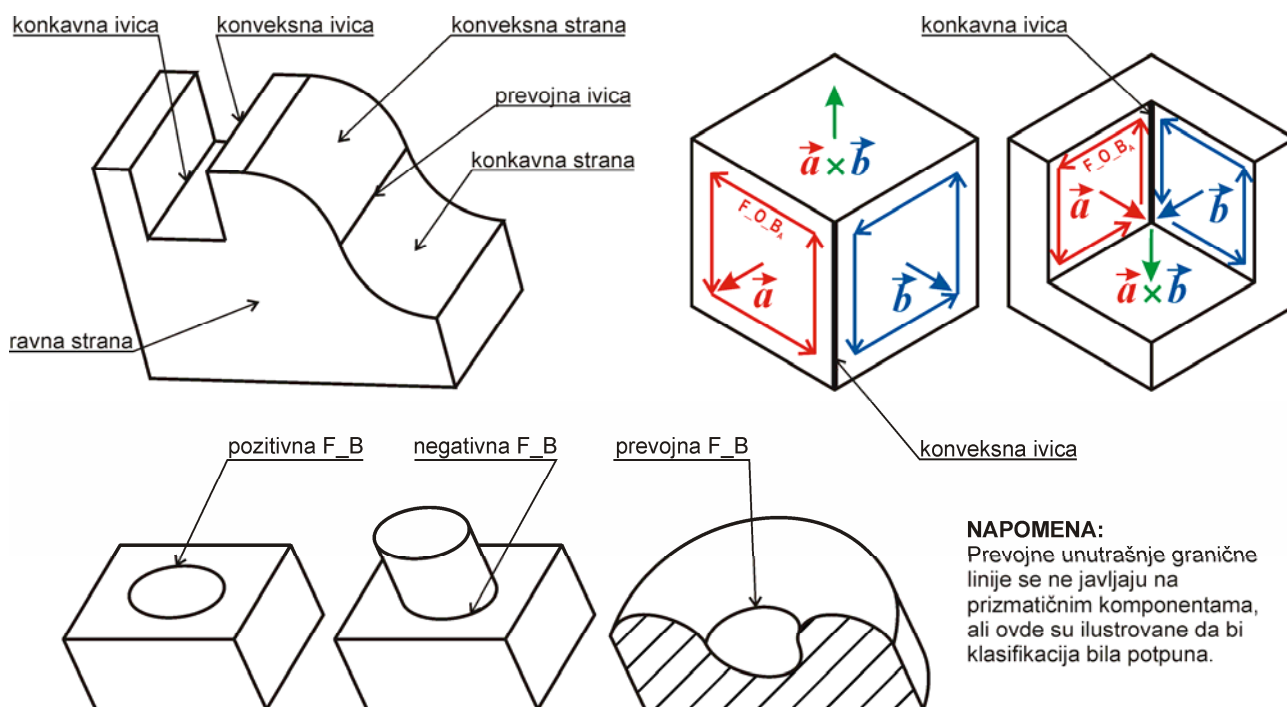
$$V = \sum_{i=1}^3 E_i \quad \text{ i } \quad F_s = \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{n} + F + \sum_{k=1}^m L_k ,$$

gde su E , V , n , F , L , j , redom: zbir bodova ivica (O_E), zbir bodova temena, broj temena na toj strani, broj bodova geometrije strane, broj bodova unutrašnjih graničnih linija (F_B) i broj F_B. U zavisnosti od geometrijskih i topoloških karakteristika elementima B-rep se dodeljuju sledeće vrednosti bodova (tabela 1):

Tabela 1: Bodovi koji se dodeljuju pojedinim elementima B-rep dela.

Bodovi za O_E (E)		Bodovi za F_B (L)		Bodovi za geometr. karakteristike A_F (F)	
„konveksna” ivica	+0.5	„pozitivna” F_B	+1.0	konveksna površ	+2.0
„konkavna” ivica	-0.5	„negativna” F_B	-1.0	konkavna površ	-2.0
„prevojna” ivica	0	„prevojna” F_B	0	ravna površ	0

Klasifikacija elemenata B-rep ilustrovana je slikom 6. Unutrašnja granična linija je pozitivna ukoliko je formiraju samo konveksne, a negativna ukoliko je formiraju samo konkavne ivice. Strana je ravna ukoliko se referencira na površ tipa PLANE. Ukoliko se strana referencira na krivolinijsku površ, npr. tipa CYLINDRICAL_SURFACE i u definiciji sadrži atribut „T”, tada je ona konveksna; ukoliko sadrži atribut „F” radi se o konkavnoj površi.



Slika 6: Klasifikacija elemenata B-rep.

Ivica koju dele dve strane može biti konveksna, konkavna ili prevojna. Konveksne su one ivice u kojima vidljive površi dveju strana zaklapaju ugao koji leži u intervalu $(180^\circ, 360^\circ)$, konveksne su one ivice u kojima vidljive površi dveju strana zaklapaju ugao koji leži u intervalu $(0^\circ, 180^\circ)$, dok kod prevojnih strana taj ugao iznosi tačno 0° ili 180° . Kod krivolinijskih strana, ugao se meri od njihovih tangentnih ravni koje sadrže razmatranu ivicu. Prevojne ivice fizički ne postoje na delu, već spajaju virtuelna temena, o čemu je bilo reči u [1]; samim tim, one se ne mogu pojavljivati na prelazu između dveju ravnih strana, već samo između dveju krivolinijskih strana, ili između jedne ravne i jedne krivolinijske strane.

Tip ivice E koju dele neke dve strane A i B zavisi od rezultata sledećeg mešovitog proizvoda vektora:

$$(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{e} = \begin{cases} +1, & \text{konveksna ivica} \\ 0, & \text{prevojna ivica} \\ -1, & \text{konkavna ivica} \end{cases}$$

gde su:

- \vec{a} – jedinični vektor normale strane A,
- \vec{b} – jedinični vektor normale strane B,
- \vec{e} – jedinični vektor orijentisane ivice E, usmeren kao i spoljašnja granična linija (F_O_B) strane A.

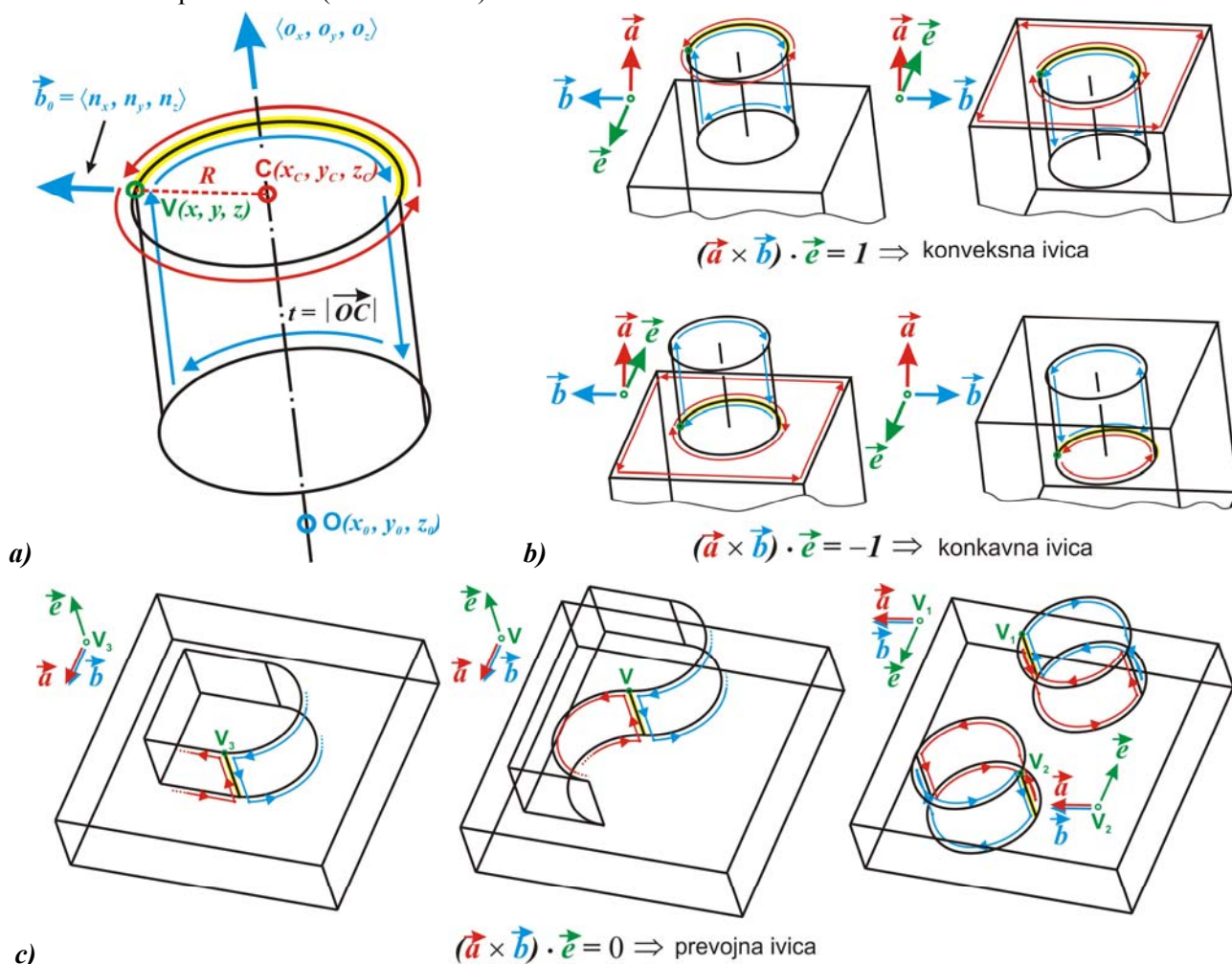
Gore pomenute veličine se dobijaju na sledeći način:

$$\vec{a} = \vec{a}_0 \cdot (-1)^{k_a}, \quad \vec{b} = \vec{b}_0 \cdot (-1)^{k_b}, \quad \vec{e} = \vec{e}_0 \cdot (-1)^{k_e}$$

gde je:

- \vec{a}_0 (\vec{b}_0) – jedinični vektor normale površi koja sadrži stranu A (B),
- $k_a = 0$ ($k_b = 0$) – ako je atribut u *.stp fajlu u definiciji entiteta A_F koji se odnosi na stranu A (B) jednak „T”,
- $k_a = 1$ ($k_b = 1$) – ako je atribut u *.stp fajlu u definiciji entiteta A_F koji se odnosi na stranu A (B) jednak „F”;
- \vec{e}_0 – jedinični vektor normale površi koja sadrži stranu A,
- k_e – broj pojavljivanja atributa „F” u *.stp fajlu u definicijama entiteta orijentisane ivice (O_E), geometrijske ivice kojom se O_E prostire (E_C) i granične linije kojoj O_E pripada (F_B ili F_O_B), a koje odgovaraju orijentisanoj ivici, na graničnoj liniji strane A, između strana A i B.

Kada se radi o ivici između ravnih strana, nije teško odrediti veličinu pomenutog mešovitog vektorskog proizvoda, jer je u svakoj tački strana A i B odgovarajući jedinični vektor normale uvek iste vrednosti. Međutim, kada se radi o ivici koja se nalazi između ravne i krivolinijske strane ili dveju ravnih strana, situacija je nešto komplikovanija, jer jedinični vektor normale nema isti pravac i smer u svakoj tački krivolinijske strane. Da bi gore opisana metodologija mogla da se sprovede, neophodno je izračunati jedinične vektore normala obe susedne strane u jednoj tački ivice, pošto ona pripada obema stranama, najbolje u jednom od temena. Kako je, radi uprošćenja, ovaj sistem ograničen samo na cilindrične krivolinijske površi, problem određivanja jediničnog vektora normale u nekom temenu ivice se, korišćenjem raspoloživih podataka iz .stp fajla i primenom vektorskih jednačina prostorne analitičke geometrije, može rešiti sledećim proračunom (videti sliku 7).



Slika 7: Određivanje konveksnosti ivica kad je bar jedna od strana krivolinijska.

Na slici 7a su naznačene sledeće veličine koje se mogu ekstrahovati iz .stp fajla:

- (x_0, y_0, z_0) – koordinatni početak definicionog koordinatnog sistema površi tipa CYLINDRICAL_SURFACE (C_S), određen specifikacionim iskazom te površi u *.stp fajlu dela.
- (x, y, z) – koordinate jednog od temena orijentisane ivice. Radi obezbeđenja jednoznačnosti usvojeno je pravilo da se uvek uzima početno teme ivice E_C koja sadrži razmatranu orijentisanu ivicu O_E, a čija je adresa određena specifikacionim iskazom te ivice u *.stp fajlu dela.
- $\langle o_x, o_y, o_z \rangle$ – jedinični vektor ose C_S, čija je adresa određena specifikacionim iskazom te površi.
- R – vrednost poluprečnika C_S, takođe određena njenim specifikacionim iskazom u *.stp fajlu.

Potrebno je odrediti jedinični vektor normale na površ B (plava F_O_B na slici 7a) u tački (x, y, z) , koji je na slici 7a označen sa $\langle n_x, n_y, n_z \rangle$. Taj vektor se može dobiti na sledeći način:

$$\langle n_x, n_y, n_z \rangle = \frac{\langle x, y, z \rangle - \langle x_c, y_c, z_c \rangle}{|\langle x, y, z \rangle - \langle x_c, y_c, z_c \rangle|} = \frac{\langle x - x_c, y - y_c, z - z_c \rangle}{R} \quad (1)$$

U jednačini (1) nepoznata je vrednost koordinata tačke C, koja se nalazi na najkraćem rastojanju temena V od ose cilindrične površi. One se mogu dobiti sledećom vektorskom jednačinom:

$$\langle x_C, y_C, z_C \rangle = \langle x_0, y_0, z_0 \rangle + t \cdot \langle o_x, o_y, o_z \rangle \quad (2)$$

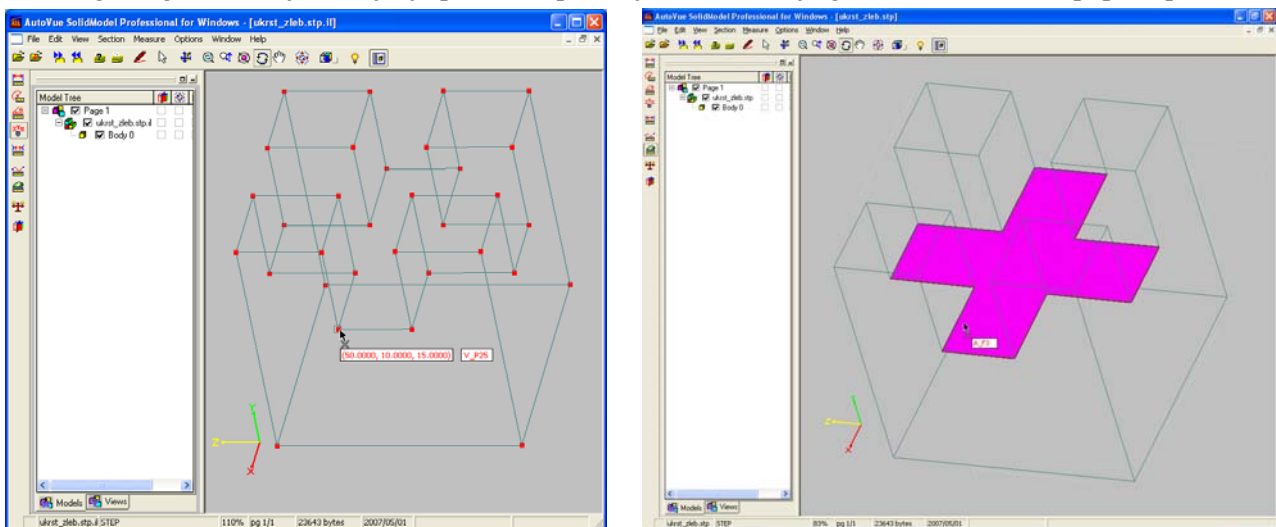
a vrednost skalara t (koji zapravo predstavlja projekciju duži OV na pravac ose cilindrične površi) se može dobiti kao sledeći skalarni proizvod vektora:

$$t = \frac{\langle x, y, z \rangle - \langle x_0, y_0, z_0 \rangle \cdot \langle o_x, o_y, o_z \rangle}{\langle o_x, o_y, o_z \rangle \cdot \langle o_x, o_y, o_z \rangle} \quad (3)$$

Unošenjem proračuna od jednačine (3) do jednačine (1) unazad u algoritam softvera dobijamo sve potrebne podatke za određivanje konveksnosti ivice. Slikom 7b data je ilustracija različitih slučajeva u kojima se javljaju konveksne i konkavne ivice, dok su slikom 7c predstavljeni primeri prevojnih ivica između dve krivolinijske strane, odnosno između jedne ravne i jedne krivolinijske strane.

2.2. B-rep Visualizer

Klikom na dugme *Make B-rep *.xls file* (slika 5) generiše se MS Excel fajl koji sadrži specifikaciju B-rep dela sa izračunatim zbirovima bodova strana. Ovaj fajl, kao i fajl sa ekstenzijom *.stp.il, mogu da se iskoriste za vizuelizaciju elemenata B-rep. Na slici 8 prikazan je jedan od mogućih načina, korišćenjem softvera *AutoVue* kompanije *Cimmetry Systems* (nama je bila dostupna samo demo-verzija, redukovanih performansi) [3]. Drugi mogući način je razvijanje posebne aplikacije uz korišćenje grafičkih biblioteka, poput *OpenGL*.



Slika 8: Vizuelizacija B-rep primenom softvera *AutoVue*.

3. MODUL ZA FORMIRANJE VEKTORA ZBIRA STRANA – *FSV Builder/Visualizer*

Pojam „vektora zbira strana” je objašnjen u [1,4], gde je data i iscrpna referenc-lista za detaljnije upoznavanje sa istorijatom i primerima njegove primene, u sistemima za automatizovano prepoznavanje tehnoloških formi sa prepoznavanjem tehnoloških obrazaca primenom veštačkih neuronskih mreža.

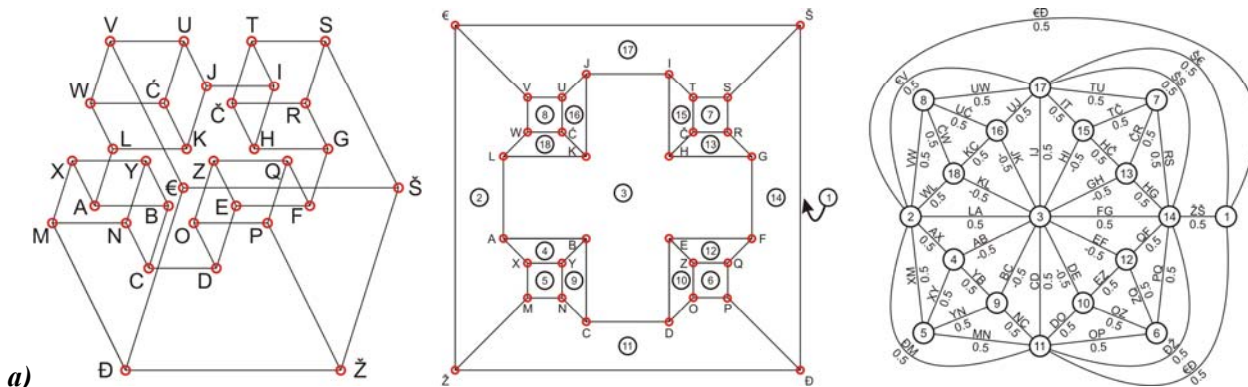
3.1. Procedura formiranja FSV

Prvi korak u formiranju FSV jeste crtanje atribuiranog grafa susednosti za razmatranu stranu, u kome strane predstavljaju čvorove, a ivice postaju grane grafa, kojima se dodaju atributi (slika 9a). Razmatrana strana za *ukršteni žleb* je strana broj 3 – tzv. *primarna strana* za ovu tehnološku formu. Pod primarnom stranom podrazumevamo onu stranu koja najbolje karakteriše neku tehnološku formu. Kod otvora, kružnih i prizmatičnih, to je neka od bočnih strana na koju se dodaju dodaci za obradu; kod ispupčenja (protruzija) to je vršna površ, kod udubljenja (intruzija) to je dno.

Ovakav graf se dalje prevodi u matrični oblik, slika 9b, čime dobijamo tzv. *atribuiranu matricu susednosti* (AMS), gde kolone i vrste reprezentuju pojedine strane, a polja *rang susednosti* između njih.

Poslednji korak je formiranje devetodimenzionog vektora zbira bodova strana (*FSV – Face Score Vector*) $FSV = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9)$, prema sledećim pravilima:

- peti element FSV (a_5) je zbir bodova strane koja se razmatra,
- zbrovi bodova susednih strana (prvi rang susednosti) formiraju $a_4, a_6, a_3, a_7, a_2, a_8, a_1, a_9$, u opadajućem nizu sve dok ima susednih strana,
- nepopunjena mesta se, prema istom pravilu $a_4, a_6, a_3, a_7, a_2, a_8, a_1, a_9$, popunjavaju zbirovima bodova strana drugog ranga susednosti, pa trećeg, itd., takođe u opadajućem nizu sve dok ima preostalih strana,
- ukoliko telo ima manje od devet strana, preostala mesta se popunjavaju vrednošću 1.5.



	A F1	A F2	A F3	A F4	A F5	A F6	A F7	A F8	A F9	A F10	A F11	A F12	A F13	A F14	A F15	A F16	A F17	A F18
A F1	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2
A F2	1	0	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2
A F3	2	1	0	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A F4	2	1	1	0	2	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
A F5	2	1	2	2	0	2	3	2	1	1	1	2	3	2	3	3	2	3
A F6	2	2	2	3	2	0	2	3	3	2	1	1	1	1	2	3	2	3
A F7	2	2	2	3	3	2	0	2	3	3	2	3	2	1	1	1	1	2
A F8	2	1	2	1	2	3	2	0	2	3	2	3	3	2	3	2	1	1
A F9	2	1	1	2	1	3	3	2	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2
A F10	2	2	1	2	1	2	3	3	1	0	1	2	2	2	2	2	2	2
A F11	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	0	1	2	1	2	2	2	2
A F12	2	2	1	2	2	1	3	3	2	2	1	0	1	2	2	2	2	2
A F13	2	2	1	2	3	1	2	3	2	2	2	1	0	1	2	2	2	2
A F14	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	1	0	1	2	1	2
A F15	2	2	1	2	3	2	1	3	2	2	2	2	2	1	0	1	2	2
A F16	2	2	1	2	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2	1	0	1	2
A F17	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	0	1
A F18	2	2	1	1	3	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0

Slika 9: Procedura formiranja FSV za primarnu stranu tehnološke forme ukršteni žleb:
a) formiranje atribuiranog grafa susednosti, **b)** atribuirana matrica susednosti.

3.2. Određivanje ranga susednosti primenom Dajkstra algoritma

Svi podaci neophodni za sprovođenje ove procedure dobijaju se iz B-rep dela, formirane pomoću modula *B-rep Builder*, osim jednog, koji se odnosi na *rang susednosti*. Ovde je potrebno dati sledeće objašnjenje: dve strane imaju relaciju susednosti prvog ranga, ukoliko imaju zajedničku ivicu. Dve strane imaju relaciju susednosti drugog ranga, ukoliko postoji bar jedna strana sa kojom obe imaju susednost prvog ranga, a međusobno nemaju relaciju susednosti prvog ranga. Dve strane imaju relaciju susednosti trećeg ranga, ukoliko postoji bar jedna strana sa kojom obe imaju susednost drugog ranga, a međusobno nemaju relaciju susednosti ni prvog ni drugog ranga. Ova se definicija dalje može indukovati za bilo koji rang relacije susednosti. Problem određivanja ranga relacije susednosti analogan je problemu određivanja najkraćeg puta između dva čvorova u povezanom grafu, za čije rešenje je u softveru korišćena modifikacija poznatog „Dajkstra (*Edsger Dijkstra*) algoritma” iz teorije grafova [5].

Neka je dat težinski usmereni graf G i početni čvor s iz G . U našem slučaju, početni čvor s reprezentuje stranu čiji FSV trenutno određujemo. Ako skup svih čvorova grafa obeležimo sa V , skup ivica sa E , tada je svaka ivica iz E , predstavljena parom čvorova (u,v) koje ona povezuje iz V . Takođe, neka svaka ivica dobije određenu vrednost (težinu) w . Težina svake ivice se može predstaviti kao rastojanje između dva čvorova koje ona povezuje i u našem slučaju ona uvek iznosi 1. Dužina puta između dva čvorova je suma težina ivica na tom putu. Za dati par čvorova s i t iz V , Dajkstrin algoritam nalazi vrednost najkraćeg puta.

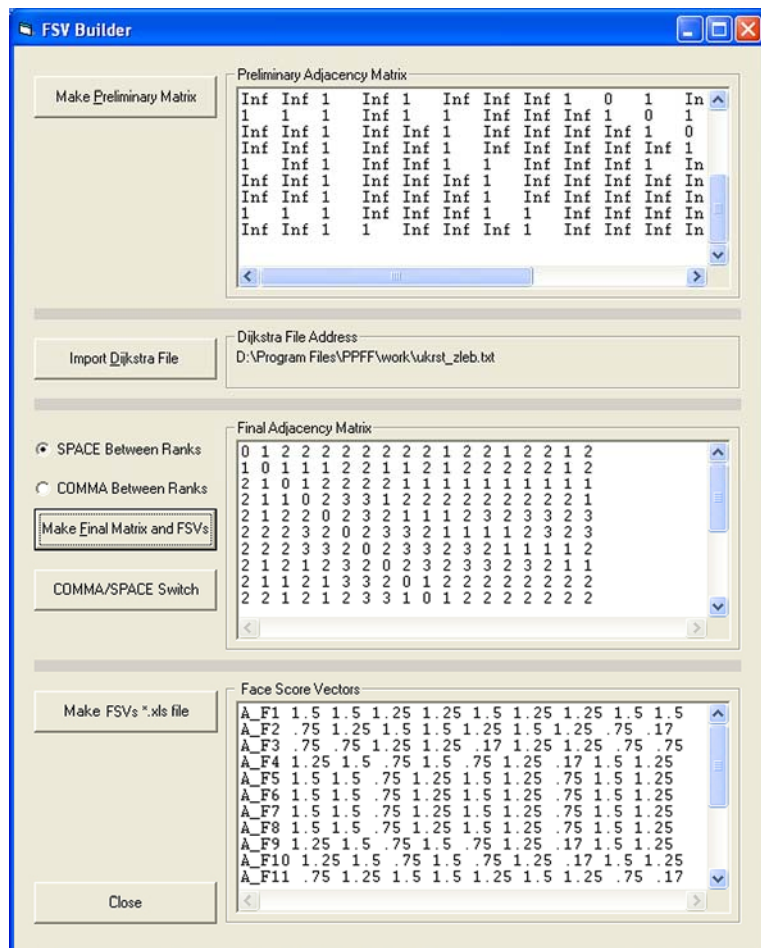
Dajkstrin algoritam se zasniva na pamćenju vrednosti $d[v]$ trenutnog najkraćeg puta od s za svaki čvor v . Za početni čvor ta vrednost najpre iznosi 0, tj. $d[s]=0$, a za ostale čvorove se uzima vrednost beskonačno (Inf). Pri prestanku rada algoritma, $d[v]$ dobija vrednost najkraćeg puta iz s u v , ili vrednost beskonačno, ukoliko takav put ne postoji.

Ukoliko postoji ivica iz u ka v , tada trenutno najkraći put iz s u u ($d[u]$) može dobiti vrednost sume $d[v]$ i težine ivice (u, v) . Dakle, njegova dužina će iznositi $d[u]+w(u, v)$, ukoliko je ova vrednost manja od $d[v]$. Proces se nastavlja se dok vrednost $d[v]$ ne određuje najkraći put iz s u v , za svaki čvor v .

Tokom izvršavanja algoritma izdvajaju se dva skupa čvorova S i Q . U skupu S su oni čvorovi za koje je poznata vrednost $d[v]$, a u skupu Q svi ostali. Na početku je skup S prazan, a u svakoj iteraciji jedan čvor se premešta iz Q u S . To je onaj čvor koji ima najmanju vrednost $d[u]$. Na kraju se oslobađaju sve ivice (u,v) gore opisanim postupkom. U skupu S je sadržana lista čvorova koji se nalaze na najkraćem putu iz s u t . Ukoliko taj put ne postoji, skup S je prazan.

3.3. FSV Builder

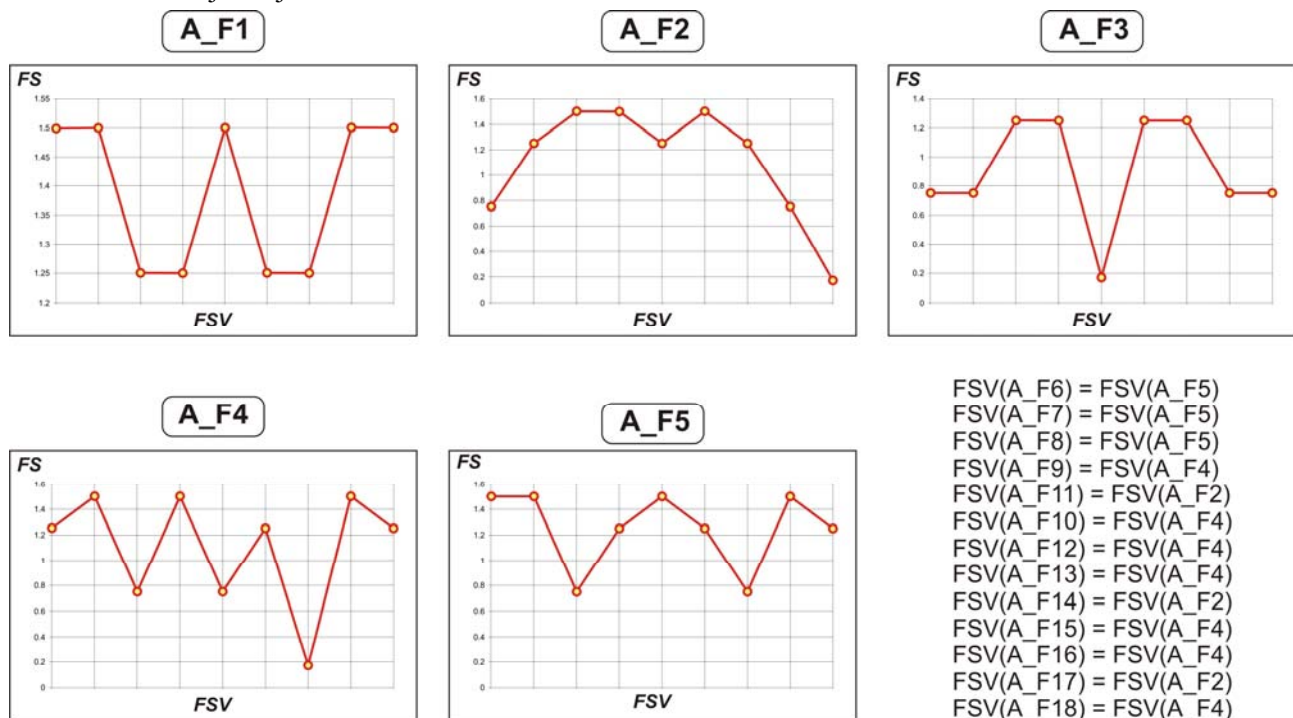
Klikom na dugme *FSV Builder* u modulu *B-rep Builder* (slika 5) pokreće se istoimena aplikacija za formiranje vektora zbira bodova strana, čiji je osnovni prozor prikazan slikom 10. Klikom na dugme *Make Preliminary Matrix*, u prozoru se dobija preliminarna matrica susednosti, u kojoj su svi rangovi susednosti prvog reda između strana predstavljeni jedinicama (ovaj se podatak lako dobija iz B-rep dela, analizom sa kojim stranama razmatrana strana deli neku ivicu E_C), rangovi susednosti svake strane sa samom sobom predstavljeni nulama (dijagonala matrice), a ostali rangovi susednosti iskazom Inf. Ova se matrica unosi u program napisan u MatLab-u, koji uz pomoć drugog *.m fajla koji sprovodi Dajkstra algoritam formira *.txt fajl koji u sebi nosi informaciju o konačnoj matrici susednosti. Taj se fajl importuje u *FSV Builder* klikom na dugme *Import Dijkstra File*. Napokon, klikom na dugme *Make Final Matrix and FSVs* dobijaju se finalna matrica susednosti, u jednom prozoru i specifikacija svih strana na delu sa odgovarajućim vektorima zbira strana, u drugom prozoru softvera.



Slika 10: Osnovni prozor modula *FSV Builder*.

3.4. FSV Visualizer

Dobijene vrednosti vektora zbira strana se mogu, klikom na dugme *Make FSVs *.xls file*, eksportovati u *MS Excel* fajl, koji ima namenu da omogući grafički prikaz *FSV* (slika 11). Radi uštede prostora prikazani su samo oni *FSV* koji imaju različite vrednosti.

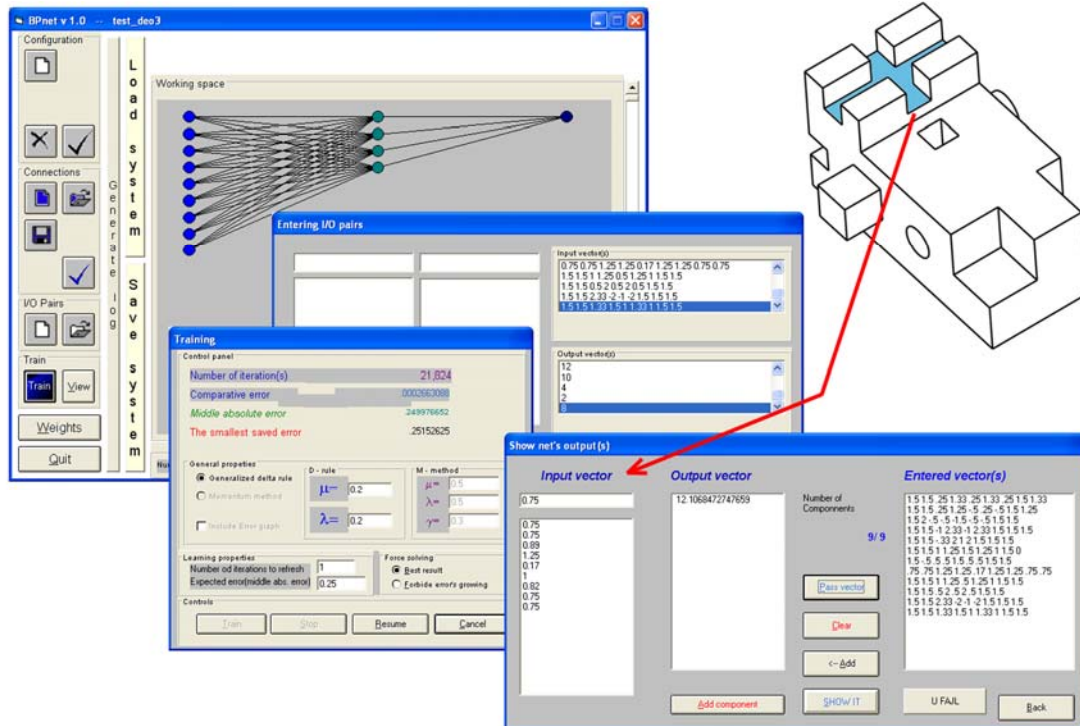


Slika 11: Grafički prikaz *FSV* svih strana za kocku sa tehnološkom formom „ukršteni žleb”.

4. TEST-PRIMER I ZAKLJUČAK

Modul za prepoznavanje tehnoloških obrazaca primenjen u ovom sistem za APTF, koristi ANN Toolbox paketa MatLab i trenutno je fokus istraživanja na određivanju optimalne strukture veštačke neuronske mreže i odabiru odgovarajućeg algoritma obučavanja. Modeliran je veliki broj delova sa varijacijama osnovnih tehnoloških formi za obučavanje veštačke neuronske mreže, kao i nekoliko test-delova za verifikaciju dobijenih rezultata. Eksperimenti se sprovode i korišćenjem drugih softvera za ANN. Slikom 12 je ilustrovan proces prepoznavanja tehnološke forme „ukršteni žleb” (kodiran izlaznom vrednošću 12), na jednom test-delu, primenom softvera BP-net [6].

Softver predstavljen u ovom radu ne omogućava prepoznavanje sekundarnih (oborene ivice, zaobljenja) i preklapajućih tehnoloških formi, ali daje izlaze koji obezbeđuju povezivanje sa ostalim podsistemima CAPP. To ostavlja prostor za dalja istraživanja, u cilju razvoja potpuno automatizovanog CAPP sistema za obradu na dvoiploosnim obradnim centrima.



Slika 12: Prepoznavanje „ukrštenog žleba” na test-delu, primenom BP neuronske mreže.

REFERENCE

- [1] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., *Model sistema za automatsko prepoznavanje tehnoloških formi na prizmatičnim delovima*, Zbornik 32. JUPITER konferencije, Zlatibor, 2006.
- [2] ISO 10303, parts 1, 11, 21, 42, 224, 324, ISO, Geneva, 1994-2000.
- [3] AutoVue software, Cimmetry Systems Inc., www.cimmetry.com.
- [4] Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., *Primena veštačkih neuronskih mreža u sistemima za APTF*, Zbornik radova sa 30. Savetovanja proizvodnog mašinstva, str. 85-94, Vrnjačka Banja, 2005
- [5] Dijkstra Algorithm, www.wikipedia.org.
- [6] Miljković, Z., *Sistemi veštačkih neuronskih mreža u proizvodnim tehnologijama*, monografija, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2003.

Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z., Lazarević, I.

SOFTWARE FOR ARTIFICIAL NEURAL NETWORK INPUTS' PREPROCESSING IN A SYSTEM FOR AUTOMATED FEATURE RECOGNITION ON PRISMATIC PARTS

Abstrakt: This paper presents two modules of developed software solution for automated feature recognition on prismatic parts. Their aim is to preprocess inputs for an ANN based form feature pattern recognition, using geometrical and topological information imported from 3D CAD model of the part. The most interesting elements of software algorithm theoretical basis are presented and the function of the software is described.

Keywords: Software, Automated Feature Recognition, B-rep, STEP, Artificial Neural Networks.

P. Miloš, N. Davidović¹

MINIMIZACIJA NAPONA POGONSKOG PUNJENJA RAKETNOG MOTORA TIPA ZVEZDA

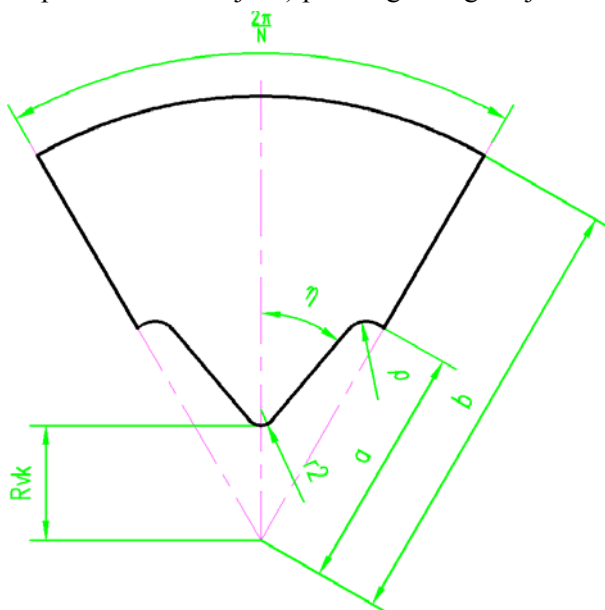
Rezime

Pored uvek prisutnih zahteva za postizanjem što boljih performansi raketnih motora, gde se pre svega misli na ostvareni specifični i totalni impuls, oblik dijagrama potiska tokom rada, kao i maseni odnos konstrukcije prema bloku, od izuzetne je važnosti i njegov pouzdan rad, vek upotrebe, temperaturski domen upotrebe i zahtevani uslovi rukovanja i transporta. Da bi se to postiglo potrebno je smanjiti napone u pogonskom punjenju, ali pri tome ne kvariti unutrašnje-balistička svojstva i ne usložnjavati značajno tehnološki proces proizvodnje pogonskog punjenja. U ovom radu je prezentovana metodologija optimizacije bloka tipa zvezda u smislu minimizacije napona uz zadržavanje traženih unutrašnje-balističkih parametara.

Ključne reči: projektovanje pogonskih punjenja, proračun pogonskih punjenja, čvrsti raketni motori

1. UVOD

Najčešće primenjivani geometrijski oblik pogonskog punjenja čvrstih raketnih motora je zvezda (u čak preko 40% slučajeva) pre svega zbog svojih unutrašnje-balističkih svojstava i to:



Slika 1. Promenljive veličine zvezde

- Fleksibilnost pri projektovanju sa raspoloživih sedam nezavisno promenljivih veličina lako je postići željeni oblik krive rada motora bez obzira da li je progresivan, neutralan ili regresivan (slika 1.).
- Vrlo dobra početna površina sagorevanja
- Odlična zaštita zidova komore sagorevanja od dejstava vrelih produkata sagorevanja
- Vrlo dobar stepen punjenja (i do 0.9)
- Vrlo dobar relativni svod pri neutralnom sagorevanju (obično 0.3÷0.6)
- Relativno jednostavna geometrija centralnog trna

Osim nekih unutrašnje-balističkih mana (pre svega pojava slivernog sagorevanja od 5 do čak 15%) ovaj tip pogonskog punjenja ima i izraženu pojavu koncentracije napona u zaobljenjima krakova zvezde koja su standardno kružnog oblika. Usled postojanja koncentracije napona ova mesta su

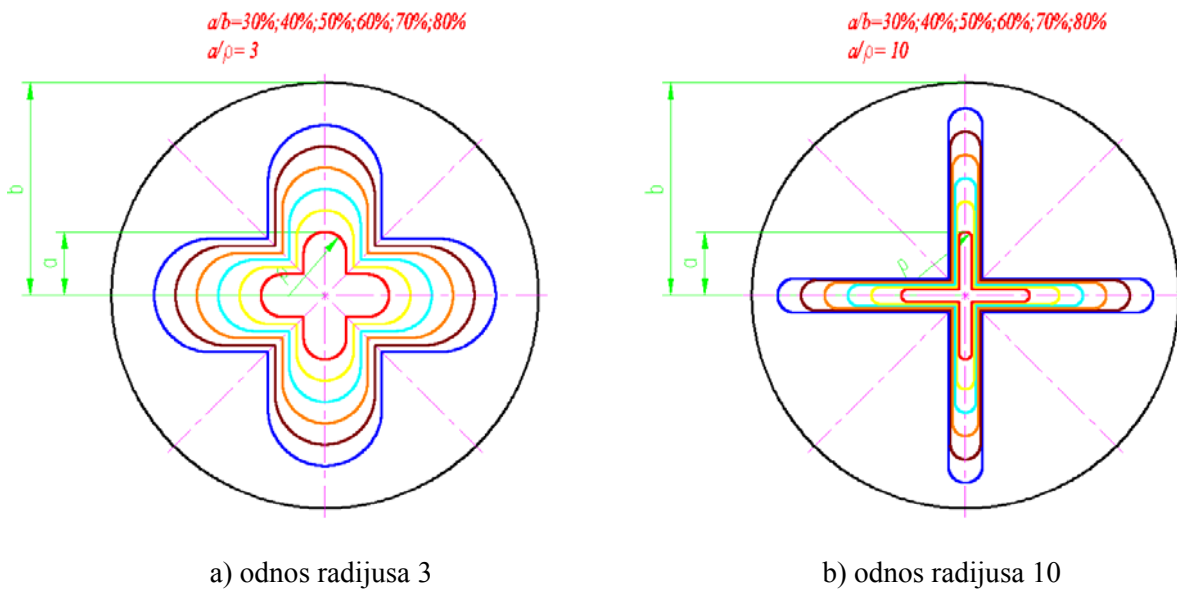
kritična sa gledišta čvrstoće i pri realnim opterećenjima može doći do pucanja pogonskog punjenja na tim mestima. Tada dolazi do naglog i značajnog povećanja površine sagorevanja i usled toga povećanja radnog pritiska što najčešće rezultira dezintegracijom raketnog motora. Po pravilu kritični trenutak je sama faza pripaljivanja i izlaska na radni režim motora i to što je temperatura raketnog goriva niža to je stepen sigurnosti manji usled pada mehaničkih osobina pogonske materije i povećanja zazora između pogonskog punjenja i komore sagorevanja. Stoga je od izuzetne važnosti smanjenje napona u pogonskom punjenju radi povećanja njegovog pouzdanog rada kao i temperaturskog domena upotrebe i veka upotrebe (mehaničke osobine pogonske materije opadaju tokom vremena).

¹ istr. saradnik dr Predrag Miloš, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, 8064380 beker@eunet.yu
istr. saradnik dr Nikola Davidović, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, 8064380 edepto@eunet.yu

2. PROJEKTOVANJE

Osnovna ideja je da se minimizacija napona ostvari optimizacijom zaobljenja kraka zvezde. Umesto kružnog zaobljenja uvešćemo eliptično zaobljenje. Parametar EPS će predstavljati odnos male ose elipse prema velikoj osi elipse ($EPS=m/v$). Za vrednost parametra $EPS=1$ dobiće se polu-kružno zaobljenje. Kako se u slučaju polu-kružnog zaobljenja javlja jedna tačka koncentracije napona (na vrhu zaobljenja), a u slučaju kada $EPS \rightarrow 0$ javiće se dve tačke koncentracije napona. Za neku srednju vrednost parametra EPS će se izvršiti tranzicija iz slučaja sa jednom tačkom koncentracije napona u slučaj sa dve tačke koncentracije napona i tada pri toj tranziciji napon će biti ravnomerno raspoređen po zaobljenju. To će ujedno značiti i da se za tu vrednost parametra EPS dobija konfiguracija sa minimalnim naponom.

Da bi se pokazao ovaj uticaj eliptičnog zaobljenja na minimizaciju napona izabrana je konfiguracija četvorokrake zvezde. Na vrednost parametra EPS pri kome su naponi minimalni utiču pre svega relativna debljina svoda pogonskog punjenja ($W_{rel}=1-a/b$) i odnos radijusa oko vrhova zaobljenja prema radijusu kružnog zaobljenja ($K=a/\rho$). U slučaju eliptičnog zaobljenja velika ose elipse ima vrednost radijusa polu-kružnog zaobljenja ($v=\rho$).

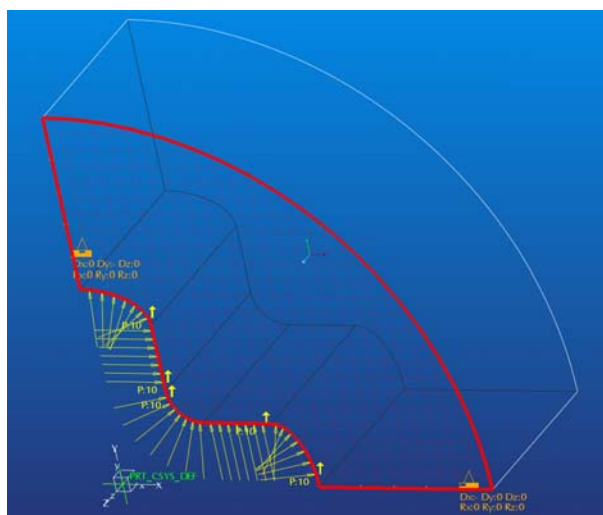


Slika 2. Usvojeni geometrijski modeli za proračun

U realno izvedenim motorima ti odnosi se kreću za W_{rel} od $\approx 20\%$ - 70% , dok za a/ρ od ≈ 3 - 10 .

U ovom radu će biti predstavljeni rezultati za oba krajnja slučaja vrednosti odnosa radijusa i to pri svim realnim vrednostima relativnih debljina svodova pogonskog punjenja. Za analizu svakog slučaja i pronalaženja optimalne vrednosti parametra EPS koristiće se programski paketi Pro/ENGINEER i Pro/MECHANICA.

Geometrijski model je iscrtan u Pro/ENGINEER-u i uvedeni su predhodno pomenuti parametri EPS, W_{rel} i K. Preko relacija sa ovim parametrima su povezane ostale dimenzije poprečnog preseka (a , ρ i m) tako da samo jedan model reprezentuje sve proračunske slučajeve tj. nije potrebno ponovno crtanje već samo promena nekog od parametara. Zbog svoje simetričnosti samog modela dovoljna je samo jedna njegova četvrtina čime se postiže skraćenje potrebnog računarskog vremena usled manjeg broja elemenata, a nema nikakvog uticaja na tačnost rezultata. Nakon toga je geometrijski model učitao u Pro/MECHANICA-u ostajući i dalje u vezi sa Pro/ENGINEER-om. Na ovaj način je omogućeno korišćenje već definisanih parametara kao i automatsko usklađenje geometrijskog i simulacionog modela. Model je dalje uprošćen značajno time što je u Pro/MECHANICA-i idealizovan dvodimenzionalnim modelom koji podrazumeva dilatacije u ravni, a za tu ravan je definisana površina uokvirena na slici 3. Ovo realno predstavlja stvarni slučaj jer su dilatacije duž ose pogonskog punjenja zanemarljive usled po pravilu velike vitkosti pogonskog punjenja (odnos dužine prema spoljnom prečniku). Za usvojene vrednosti relativnih debljina svodova u ovom slučaju vitkost punjenja treba da je veća od 6 pa da se sa pravom može smatrati da je pogonsko punjenje beskonačne dužine. Na ovaj način je dobijen izuzetno jednostavan model sa jako malo 2D elemenata (od 9 do 17 u zavisnosti pre svega od vrednosti relativnog svoda) zbog čega je proračunsko vreme izuzetno kratko, a koji u isto vreme verno oslikava problem. Da bi model bio validan uvedeni su uslovi oslanjanja kao i opterećenje. U ovom slučaju opterećenje je pritisak po unutrašnjosti centralnog kanala pogonskog punjenja.

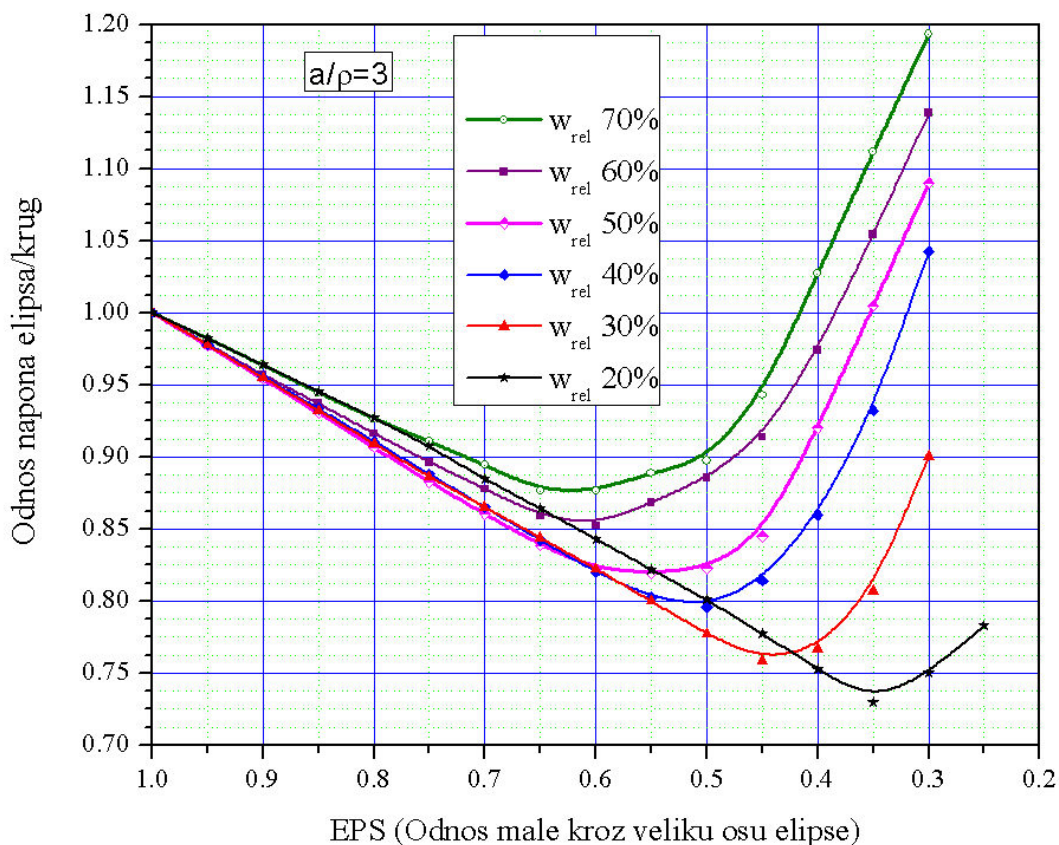


Slika 3. Simulacioni model u Pro/MECHANICA programskom paketu

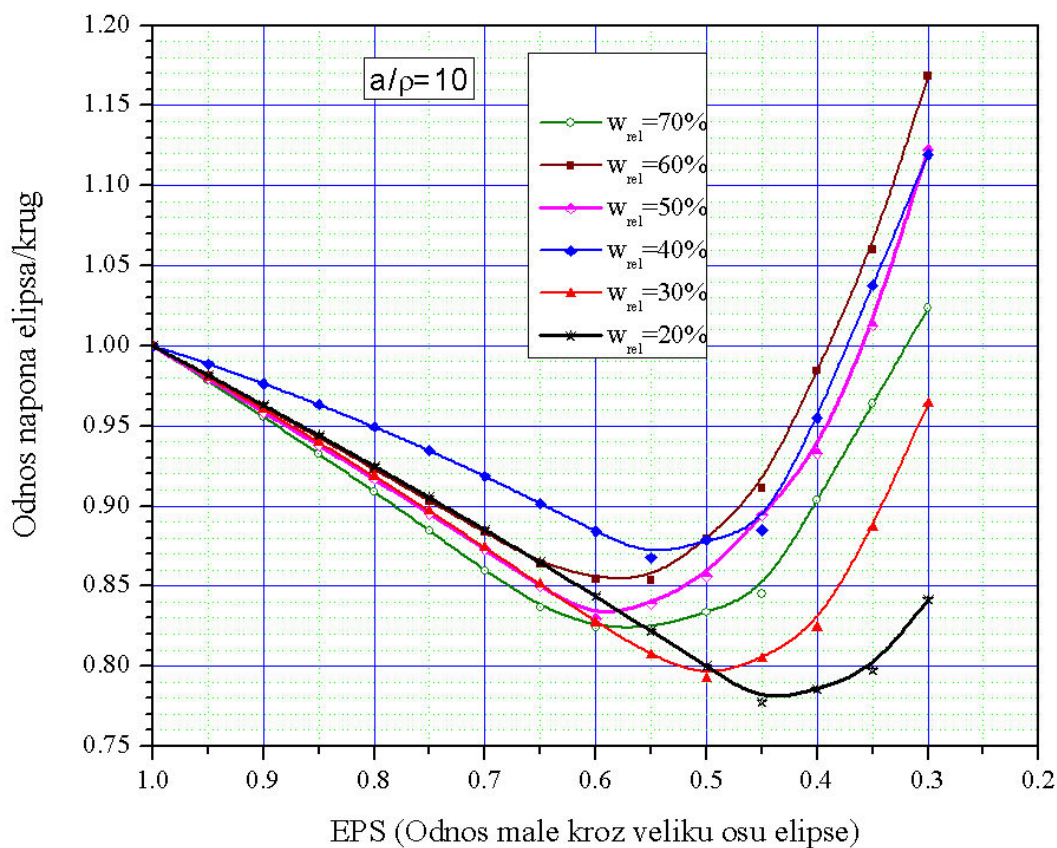
Sada je moguće vršiti analizu za bilo koji geometrijski slučaj i menjanjem parametra EPS tražiti za koju njegovu vrednost će se javiti minimalni naponi i tako odrediti idealnu elipsu za taj relativni svod pogonskog punjenja i odnos radijusa oko vrhova zaobljenja prema radijusu kružnog zaobljenja. Ovo može zahtevati značajan broj nezavisnih analiza koje se moraju definisati svaka za sebe. Zbog toga je iskorišćena mogućnost definisanja studije u kojoj se za određenu vrednost W_{rel} i K automatski menja parametar EPS od svoje minimalne do maksimalne vrednosti sa željenim brojem intervala i kao rezultat se odmah dobijaju naponi za sve vrednosti parametra EPS.

3. REZULTATI

Iz dijagrama odnos napona elipsa/krug u funkciji parametra EPS lako se može odrediti, za svaku relativnu debljinu svoda, gde su naponi minimalni i koliko su procentualno manji od slučaja polu-kružnog zaobljenja.



Slika 4. Odnos napona eliptičnog prema polu-kružnom zaobljenju za $K=3$



Slika 5. Odnos napona eliptičnog prema polu-kružnom zaobljenju za $K=10$

Sa prethodnih slika je uočljiva tendencija da se vrednost optimalnog parametra EPS pri kome su naponi minimalni povećava sa povećanjem relativne debljine svoda za određenu vrednost parametra K .

Za odnos odnosa radijusa oko vrhova zaobljenja prema radijusu kružnog zaobljenja 3 može se reći da kako se smanjuje relativna debljina svoda tako minimalni naponi se takođe smanjuju. Ovo nije slučaj za $K=10$ gde se ne može izvesti neka zakonitost.

Smanjenje napona u odnosu na standardno kružno zaobljenje iznosi od 12% do 27% (u zavisnosti pre svega od relativne debljine svoda) što je značajan rezultat pogotovu uzimajući u obzir da se do njega došlo uz minimalne geometrijske izmene i da se sigurno ne kvare prethodne unutrašnje-balističke karakteristike.

Treba napomenuti da se prezentovani model slagao sa rezultatima nekih autora koji su analizirali sličan problem fotoelastičnom metodom, kao i sa rezultatima ispitivanja jednog realnog modela koji je poboljššan na ovaj način.

4. ZAKLJUČAK

Prednost savremenih CAD softverskih paketa u analizama optimizacije strukturnih elemenata je u ogromnoj uštedi vremena i novca potrebnim za projektovanje. U današnje vreme i kućni računari veoma brzo rešavaju i složene probleme što ih čini sa odgovarajućim softverskim paketima nezamenljivom alatkom svakog projektanta. Kao što je prethodno rečeno nije moguće izvući generalnu zakonitost između promene minimalnih napona i relativne debljine svoda, to znači da je neophodno proveriti svaki slučaj ponaosob. Iz tog razloga je još veća prednost ovakvog jednog parametrizovanog modela koji jednostavnom promenom parametara automatski menja i simulacioni model i veoma brzo izračunava tražene vrednosti.

5. LITERATURA

- [1] Anderson, B., Freeman, E., Strickland, L. and Waller, A.: *Using Structure with Pro/ENGINEER®*, Parametric Technology Corporation, 1998.
- [2] PTC Global Services: *Fundamentals of Pro/MECHANICA Structure/Thermal*, Release 2000i², T081-310-2, Parametric Technology Corporation, 2000.
- [3] Fitzgerald, J.E.: *Handbook for the Engineering Structural Analysis of Solid Propellants*, University of Utah Lake City, Utah, 1971.

SOLID ROCKET MOTOR STAR SHAPE PROPELLANT GRAIN STRESS MINIMIZATION

Summary

In order to improve reliability, service-life prediction, operating temperature range of solid rocket motor it is very important to minimize stresses and strains that occurs in the propellant grain especially in the most critical moment of rocket motor ignition. In this paper is presented CAD methodology for optimization of star shape propellant grains with very simple geometry modification.

Keywords: *grain design, grain structural calculation, solid rocket motors.*



CAD/CAA МОДЕЛОВАЊЕ МОНТАЖНЕ СТРУКТУРЕ ГЛОДАЧКИХ ГЛАВА¹

Немања Илић, др Аранђел Бабић, Александра Петровић²

РЕЗИМЕ

У монтажном-производном циклусу производ започиње животни век одвијањем функција предвиђених спецификацијом захтева пројектовања. По завршетку монтажног процеса сагледава се аспект квалитета производа према унапред успостављеним ограничењима. У пројектовању за монтажу CAD/CAA глодачких глава анализирају се нивои монтажних примитива на локалном и глобалном нивоу при чему се посебна пажња поклања истраживању могућности аутоматизације позиционирања сложених CAD/CAM примитива. У раду су дата пројектована решења за ниво монтажне структуре глодачких система.

Кључне речи: монтажна структура, глодачки систем, CAD/CAA

1. УВОД

Традиционално, пројектовање монтаже се заснива на проучавању процеса растављања под претпоставком да “ако можете раставити део, можете га и саставити”. У реалном окружењу ствар може бити мало другачија од инверзног процеса спајања. Такође, за дати производ, број изводљивих монтажних структура расте експоненцијално у складу са бројем компоненти. Избор оптималног плана растављања не мора представљати најбољи за монтажу. Монтажа може бити посматрана као основа за доношење великог броја одлука, догађаја, и односа при пројектовању производа и процеса монтаже. Постоје два пројектантска стила (два приступа) за пројектовање монтажних структура: [1][2]

1. Први приступ „bottom-up“, се односи на компоновање делова у целину. У овом приступу све компоненте се моделују посебно, а затим се умећу у монтажну окружење, и постављају у одговарајући положај по хијерархијској структури формирајући тако монтажну структуру, приступ је креативно оријентисан.
2. Приступ „top-down“ захтева познавање целокупног система, и врши се његово декомпоновање на саставне елементе преко хијерархијске структуре. Рад се започиње у монтажном окружењу, где се компоненте моделују једна по једна у истом монтажном окружењу. Прво се моделује базни део и затим се геометрија већ готовог дела користи при моделовању следеће компоненте, приступ је декомпозиционо оријентисан.

2. МОНТАЖНИ ПРОЦЕСИ

Процес монтаже се може посматрати на два начина, као:

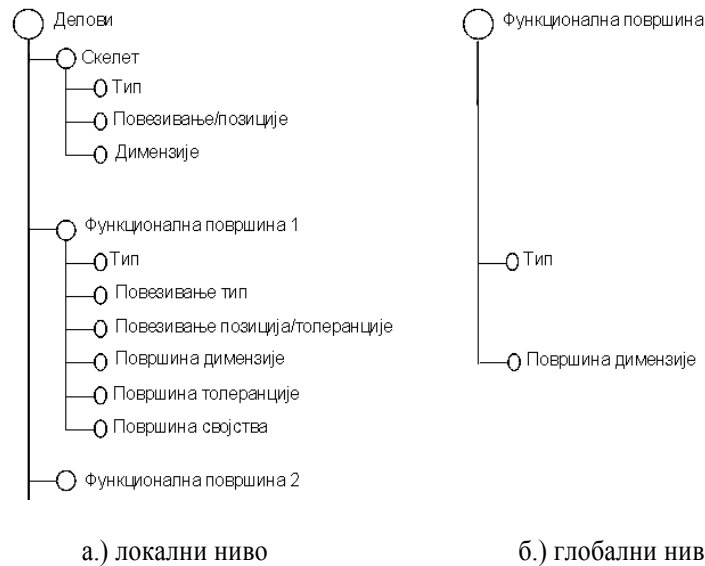
1. Монтажа на локалном (односи се на део који учествује у процесу монтаже), и
2. Монтажа на глобалном нивоу (односи се на структуру производа).

2.1 Монтажа на локалном нивоу обухвата све кораке или акције монтаже, укључујући описе површина на деловима, које се називају површине спајања. Такође, обухвата и сва кретања и путање које су укључене у било који део процеса монтаже. Аспекти монтаже на локалном нивоу, који се користе у монтажну-оријентисаној бази података, укључују:

¹ Рад се реализује у окиру пројекта MNTR TP-6345A: «Развој специјалних глодачких глава за обраду путних и железничких инфраструктурних објеката» који финансирају Министарство науке и животне средине Републике Србије и CORUN, а.д. Ужице.

² Немања Илић, дипл. инж. маш. e-mail: ilic.n@maskv.edu.yu, проф. др Аранђел Бабић, дипл. инж. маш. e-mail: babic.a@maskv.edu.yu, Александра Петровић, дипл. инж. маш. e-mail: petrovic.a@maskv.edu.yu, Машински Факултет Краљево, 36000 Краљево, улица Доситејева 19, тел/факс. +381 36 383-269

- геометрију делова и њихове површине спајања,
- промену облика или положаја примитива у односу на номиналан,
- времена и трошкове за извођење монтаже помоћу различитих метода,
- факторе који утичу на погодност или успех монтаже, или оштећења дела,
- потребне алате и приступ њима,
- везе,
- правила или избор пројектовања за монтажу, укључујући типове класификације примитива спајања и методе,
- правила или избор приказивања дела, оријентацију, и прилаз делова

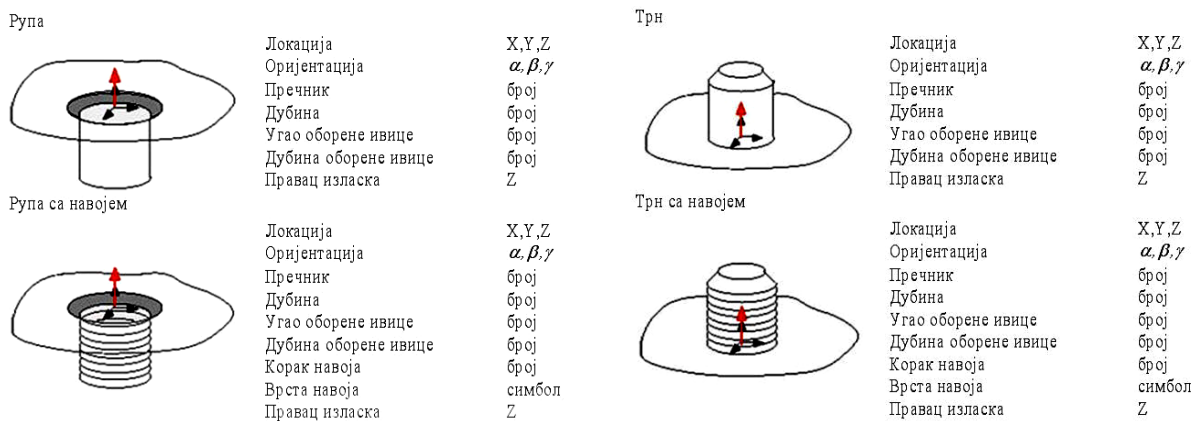


слика 1. Модел производа на локалном нивоу са описима површина

На слици 1. приказан је опис површина, са карактеристикама на локалном нивоу (слика 1.а), и са информацијама битним за опис производа на глобалном нивоу, тј. за пројектовање монтажне структуре (слика 1.б). [3]

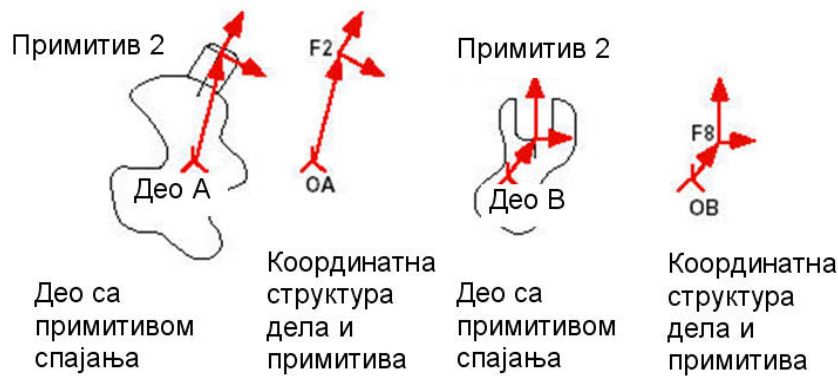
Геометрија делова и њихове површине спајања [5]

Базни елементи за моделовање монтажних структура су примитиви спајања. Примитиви спајања су локални елементи на деловима преко којих се спајају са другим деловима. Примери примитива за спајање са описом површина су приказани на слици 2. Сваки примитив садржи координатни систем, осу која представља осу симетрије примитива. Оса је означена са Z и дефинише правац локалног растављања или излазног кретања.



Слика 2. Приказ уобичајених примитива спајања

На слици 3. приказани су типични примитиви спајања са произвољним површинама. Сваки примитив спајања има локални координатни систем (F2 на делу А и F8 на делу В) који лоцира примитив у односу на координатни систем дела (ОА за део А и ОВ за део В).



Слика 3. Делови са произвољном геометријом и примитивима спајања

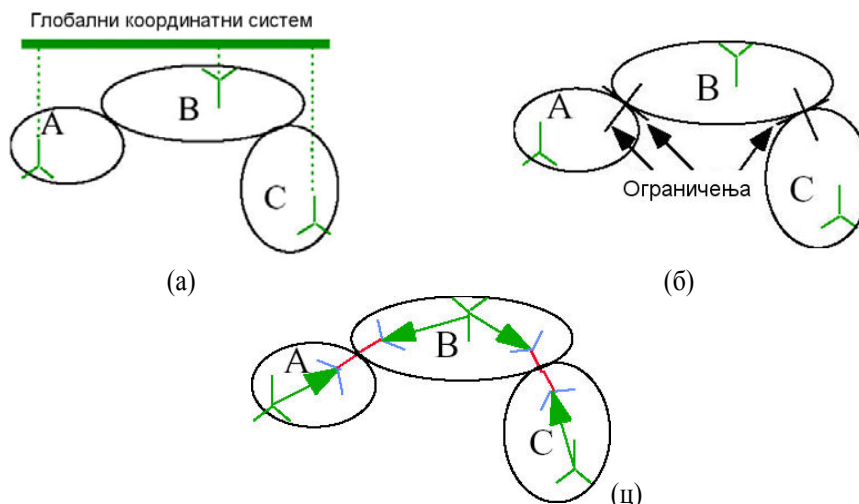
2.2 Монтажа на глобалном нивоу, односи се процес монтаже који укључује више од једног дела. Она укључује област геометријске фамилије, као што су солид модели више делова, приказујући више делова у њиховој међусобној позицији, саставници делова или листи материјала, везе, алате за монтажу, толеранције, и путање монтаже. Модел података који се бави овим питањима треба бити структуриран тако да садржи различите информације од оних које тренутно садрже конвенционални геометријски модели. То не може само бити скуп индивидуалних геометријских делова или нека листа делова. Модел података минимално садржи:

- који делови се спајају, и преко којих примитива,
- који монтажни примитиви су пројектовани као носиоци димензионих ограничења,
- који делови припадају којим подсклоповима и под којим условима,
- идентификација примитива погодних за базне тачке, или који су раније означени као базне или мерне тачке,
- који делови су укључени у којим варијантама производа,
- ко су испоручиоци и добављачи делова или подсклопова.

Општи модел глобалног повезивања монтажних компонената [5]

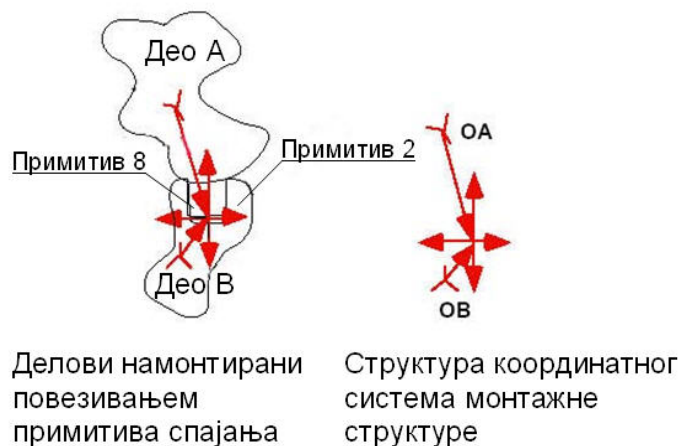
Монтажне структуре на глобалном нивоу се могу приказати на један од следећих начина:

1. Уметањем делова у глобални координатни систем уважавајући одговарајући положај и правац (слика 4а)
2. Задавањем ограничења на површинама делова или њиховим осама у току пројектовања процеса монтаже, од стране пројектанта (слика 4б),
3. Применом примитива спајања (слика 4ц).



Слика 4. Начини формирања модела монтажне структуре

Монтажна структура (слика 4ц.), приказана је детаљније на слици 5. Овде се проширује и користи се идеја монтажног примитива спајања, као што је приказано на слици 3. Изграђена монтажна структура настаје спајањем монтажних примитива, непосредно формирајући базу података. На слици 5., су приказана два дела са слике 3., спојена монтажним примитивима. Такође, схематски је приказана и координатна структура.



Слика 5. Принцип спајања монтажним примитивима

Информација о координатној монтажној структури приказаној на слици 5, садржи међусобни положај делова, и може се израчунати у односу на позицију базног или било ког дела монтажне структуре.

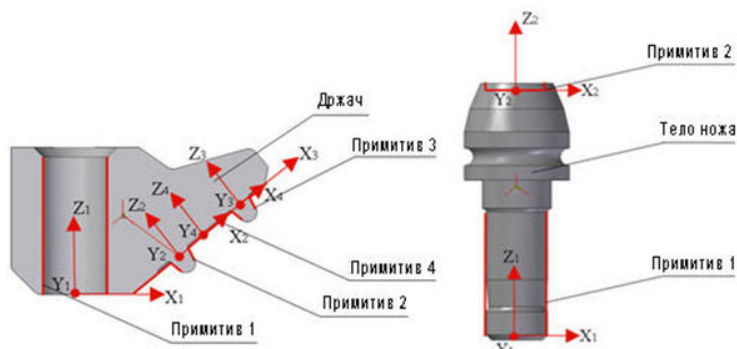
3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ МОНТАЖНЕ СТРУКТУРЕ ГЛОДАЧКИХ ГЛАВА [4][5]

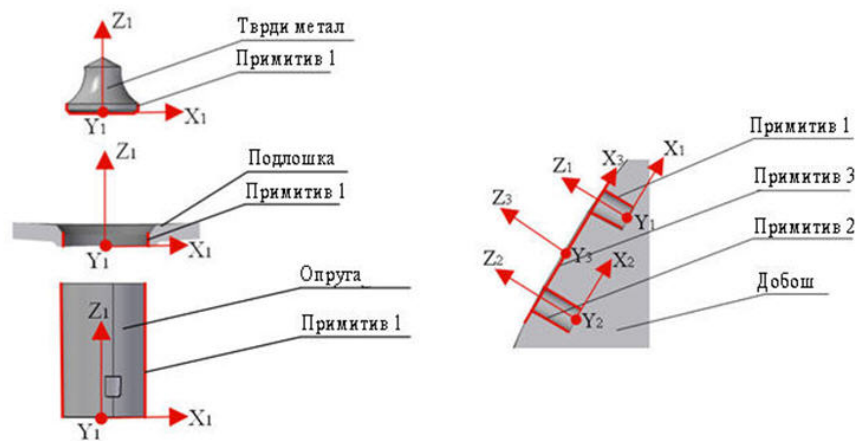
Глодачке главе представљају системе за обраду путних и железничких инфраструктурних објеката. Систем глодачких глава је прикључни уређај за багер. Састоји се од три независне целине:

1. хидромотора (који добија енергију од уређаја на који је постављен),
2. кућишта са зупчаницама (представља механички преносник који има улогу носеће структуре и преносника обртног момента и снаге са хидромотора на глодачке главе), и
3. глодачких глава (састоје се од два добоша на које су постављени ножеви у одговарајућем положају).

Специфичност пројектовања глодачких глава се састоји у сагледавању функционалних захтева и њиховој примени. У зависности од профила и квалитета обрађене површина, пројектују се глодачке главе различитих пречника, снага и броја ножева. Просторним положајем ножева на добошу глодачке главе дефинише се основна геометрија резања. При пројектовању склопова глодачких глава максимално се врши уважавање типизираних и унифицираних компонената и подсклопова.

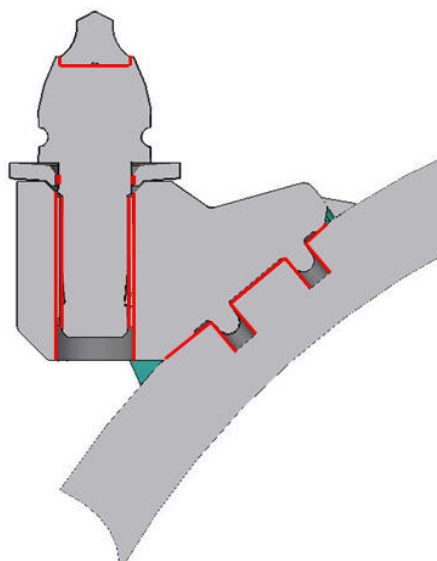
На следећој слици 6. приказани су делови-компоненте монтажне структуре глодачких глава са дефинисаним површинама за повезивање са другим деловима. Ово представља монтажну структуру глодачких глава на локалном нивоу. Поред примитива спајања приказани су и координатни системима, где оса Z представља правац експандирања делова. Као примитиви спајања коришћене су равне и цилиндричне површине.





Слика 6. Делови глодачког добоша са приказаним примитивима спајања и локалним координатним системима

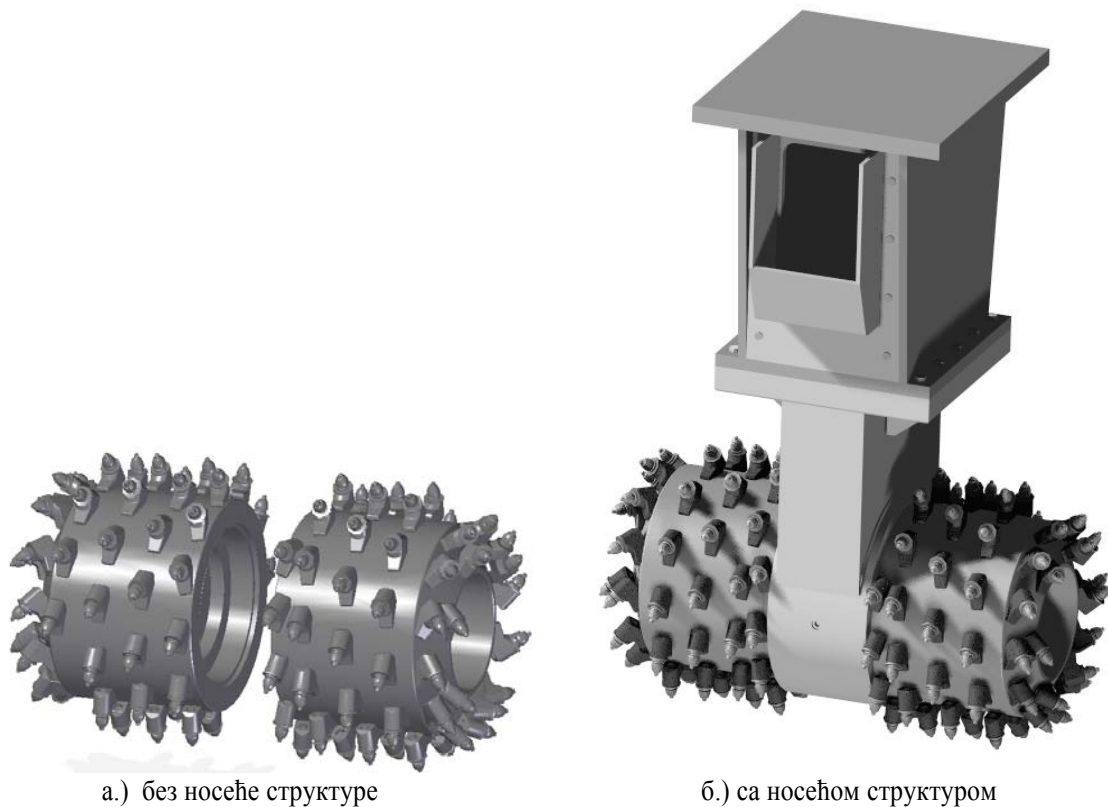
На глобалном нивоу, пројектовање монтажне структуре глодачких глава је извршено коришћењем приступа „Bottom-up“, где је повезивањем компонената добијена монтажна структура као највиши ниво хијерархијске структуре. Делови су спојени преко примитива спајања, успостављањем одговарајућих веза између површина. На слици 7. приказан је детаљ монтажне структуре глодачке главе на глобалном нивоу, док је подсистем глодачких глава приказан на слици 8а. без пројектоване носеће структуре и 8б. са приказаном носећом структуром.



Слика 7. Детаљ монтажне структуре глодачке главе на глобалном нивоу

4. ЗАКЉУЧАК

Развијени приступ пројектовања за монтажу CAD/CAA омогућава варијантно пројектовање фамилије глодачких глава при чему се у зависности од функционалних захтева пројектују системи различитих величина, нивоа снага и за различите квалитете обрађене површине. Карактеристике битне за фамилију су пречник глодачких глава, ширина глодачких глава, број ножева, снага, момент и број обртаја погонског хидромотора. При промени сваке од ових карактеристика квалитативно се мења целокупан систем, и истовремено измене се одигравају у информационом току података на различитим нивоима. На овај начин управљања фамилијом производа потребно је увидети да се промене јављају у рационалним тачкама, а не да су диктиране слободним избором пројектанта или неком привременом околношћу. Уводи се контрола информациониох нивоа, да се фамилија не би дегенерисала у хаотични скуп делова па нико не би знао зашто су направљене стотине варијанти производа.



Слика 8. Монтажна структура глодачких глава

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабић, А., Технологија монтаже, Уџбеник, 130 страна, Машински факултет Краљево Универзитета у Крагујевцу, Краљево, 2005. године.
- [2] Бабић, А., Пројектовање технолошких процеса, Уџбеник, 331 страна, Машински факултет Краљево Универзитета у Крагујевцу, Краљево, 2005. године.
- [3] Бабић, А., СА моделирање у пројектовању теретних вагона, 137 страна, Задужбина Андрејевић, Београд, 1997. године.
- [4] Бабић, А., Илић, Н. „Савремен концепт пројектовања глодачких глава у рударству и изради профила тунела“, 31 Саветовање Производног Машинства, Крагујевац 2006, објављен у зборнику радова и на CD -у.
- [5] Daniel E. Whitney.: The potential for assembly modeling in product development and manufacturing, MIT, 1996.

ABSTRACT

In assembly-production cycle a product starts its life cycle by creating functions anticipated with specifications of functional requirements. After ending of the assembly process a quality aspect of a product is viewing in accordance with established restrictions. In design for assembly CAD/CAA of roadheader's , mating fetures must be analyzed on the local and the global level, whereby special care must be given to the possibilities of automatization of the complex CAD/CAM features. In this paper have been given designed solutions for the assembly structure of milling sistems.

Key words: *Assembly structure, milling system, CAD/CAA*

Simonović A., Živković R., Stanojević M., Komarov D.¹

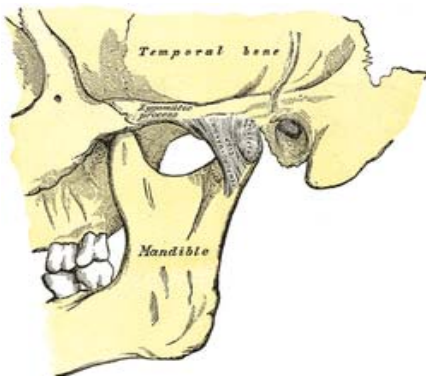
GEOMETRIJSKO MODELIRANJE I IZRADA 3D MODELA DONJE VILICE

Rezime

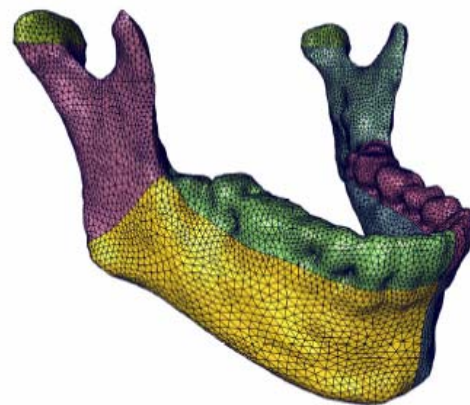
U radu je opisan postupak modeliranja ljudske kosti mandibule na osnovu podataka dobijenih magnetnom rezonancom za potrebe analize naponsko-deformacionog stanja artikulacionog diska. Zbog složene geometrije vilice, modeliranje je izvršeno u više koraka primenom različitih softverskih paketa. Modeliranje je izvršeno u segmentima kako bi se postigla potrebna tačnost uz softversku obradu i eliminisanje anomalija snimaka.

UVOD

Napone i deformacije na hrskavičavim i koštanim strukturama prilikom dejstva opterećenja je eksperimentalno teško odrediti. Spoj donje vilične i slepoočne kosti predstavlja jedan od najopterećenijih elemenata ljudskog tela. Ponašanje viličnih spojeva pod dejstvom opterećenja još uvek nije u dovoljnoj meri ispitano.



Slika 1. Spoj vilične i slepoočne kosti elemenata



Slika 2. Mreža napravljena metodom konačnih

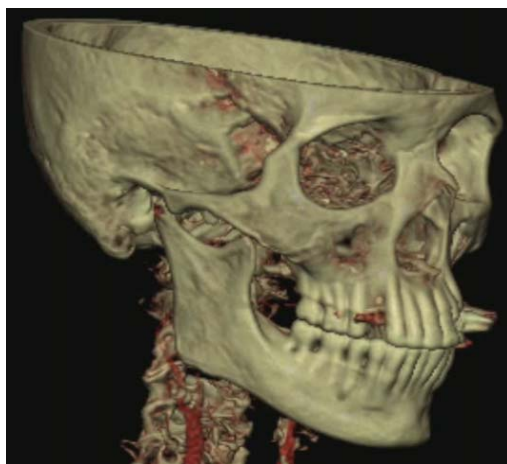
Simulacije naponsko-deformacionog stanja viličnog spoja metodom konačnih elemenata u poređenju sa malobrojnim eksperimentalnim podacima daju zadovoljavajuće rezultate. U radu je prikazan postupak izrade 3D modela vilice koji je osnova za analizu spoja vilične i slepoočne kosti. Za strukturalnu analizu, tj. proračun napona i deformacija metodom konačnih elemenata, potrebno je nakon modeliranja napraviti proračunsku mrežu.

¹ mr Aleksandar Simonović dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: asimonovic@mas.bg.ac.yu
mr sci dr Rade Živković, Stomatološki fakultet Beograd, email: rade_z@eunet.yu
Marija Stanojević dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: mzstanojevic@mas.bg.ac.yu
Dragan Komarov dipl. inž., Mašinski fakultet Beograd, email: dkomarov@mas.bg.ac.yu

Zbog složene geometrije vilice, modeliranje je izvršeno u više koraka pomoću različitih softvera. Korišćenjem preseka po visini, sa slika vilice koje su dobijene digitalizacijom podataka sa magnetne rezonance, potrebno je izraditi 3D model. Modeliranje i obrada poprečnih preseka izvršeni su u AutoCad-u. Dobijene 2D krive su uvežene u programski paket CATIA v5 radi izrade 3D modela i mreže vilice za strukturalnu analizu.

MODELIRANJE

Softver magnetno-rezonantnog skenera ima mogućnost direktnog generisanja 3D modela skeniranog dela tela, kao i prikazivanje poprečnih preseka po zadatim horizontalnim ili vertikalnim ravnima. Na slici 3 prikazan je 3D model generisan na ovaj način, koji nije moguće upotrebiti za naponsko-deformacionu analizu jer softver ne podržava nijedan standardan format kojim bi se podaci uvezli u neki od FEM programskih paketa. Na slici se mogu primetiti anomalije snimka nastale usled reflektovanja talasa o neorganski materijal.



Slika 3. 3D model generisan softverom skenera

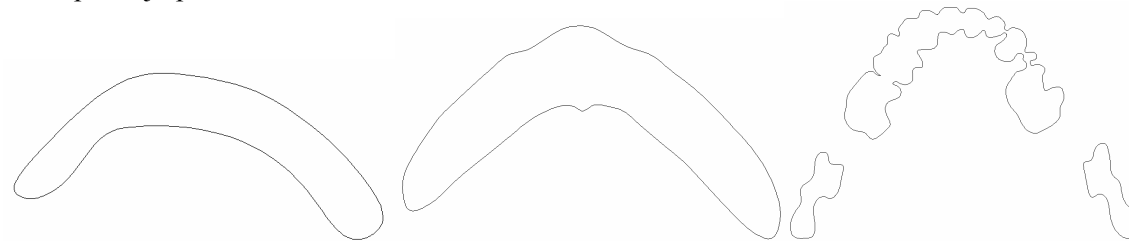
Alternativni način generisanja 3D modela je korišćenje slika poprečnih preseka u horizontalnim ravnima postavljenim po visini vilice. Za kompletnu i tačnu izradu 3D modela u CATIA-i, neophodno je generisati odgovarajući broj poprečnih preseka vilice.

Prema vizuelnim podacima, dobijenim postupkom magnetne rezonance, aproksimiraju se poprečni preseci donje vilice zatvorenim „splajn“ krivama koristeći module za obradu i digitalizaciju slika softverskog paketa MatLab. Na slici 4. su prikazana tri proizvoljno izabrana preseka, koji predstavljaju osnove za formiranje modela.



Slika 4. Prikaz poprečnih preseka vilice dobijenih postupkom magnetne rezonance

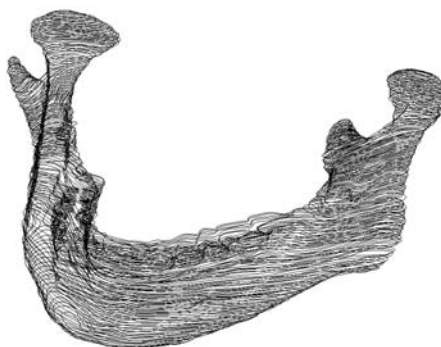
Na podlozi dobijenih kontura u softverskom paketu AutoCAD ukupno 124 poprečnih preseka je obradjeno i tom prilikom su uklonjene anomalije geometrije generisane prvobitnim snimkom. Kontura svakog preseka u AutoCAD-u je predstavljena zatvorenim „splajn“ krivom koju je kasnije moguće koristiti za interpolaciju površina 3D modela.



Slika 5. Aproximirani preseci vilice u AutoCad-u

Primenom softverskog paketa CATIAv5, odnosno njegovog modula Surface and Wireframe Design, krive iz AutoCAD-a su preuzete u dxf formatu i postavljene na odgovarajuće mesto u prostoru.

Na slici 6 prikazan je izometrijski model preseka postavljenih na jednakim visinskim rastojanjima, što predstavlja konturu po kojoj će biti izrađen 3D model vilice.



Slika 6. Poprečni preseki mandibule u CATIAv5 (izometrijski pogled)

Na slici 7 se može uočiti nedostatak nekih preseka. Zbog postojanja anomalija snimka, određen broj preseka je značajno odstupao od geometrije modela. Odstupanje geometrije navedenih preseka je bilo toliko izraženo da je bilo neophodno eliminisati ih. Naime, prilikom snimanja magnetnom rezonancom materijali koji nisu organskog porekla ometaju slobodno prostiranje talasa i dovode do njihove refleksije što za posledicu ima pojavu odblesaka na digitalizovanim modelima.



Slika 7. Parametrisovani preseci uveženi u CATIA-u (pogled spreda)

Površni definisane preseccima su generisane alatom Multi-section Surface a spajanje površina je rađeno po segmentima. Površine su grupisane u 24 segmenta od kojih se generiše zapreminski model.



Slika 8. Segment površi dobijene Multi-section Surface alatom



Slika 9. Zapreminski model vilice u CATIA-i

ZAKLJUČAK

Kompleksnost oblika vilične kosti zahteva pažljiv pristup razmatranju efikasnosti i fleksibilnosti modela uzimajući u obzir namene i cilj modelovanja. U cilju efikasnog dobijanja, konačnim elementima diskretizovanog, modela mandibule potrebno je prethodno formirati zapreminski model. Složena geometrija ove ljudske kosti je aproksimirana sa 124 poprečna preseka od kojih su generisane površine grupisane u 24 segmenta. Zapreminski model je formiran pomoću segmenata i služi kao osnova za dalju aproksimaciju konačnim elementima, odnosno analizu naponsko deformacionog stanja. Izvesni stepen automatizacije ovog procesa znatno ubrzava sam proces modelovanja uz dalju mogućnost povećanja stepena automatizacije.

LITERATURA

1. CATIA V5 User's Documentation, Dassault Systemes, 2003.
2. Zachowa S., Lamecker H., Elsholtz B., Stiller M. - Reconstruction of mandibular dysplasia using a statistical 3D shape model, Elsevier Science, 2005.
3. E. Tanaka, R del Pozo, M. Tanaka, D. Asai, M. Hirose, T. Iwabe, K. Tanne, Three dimensional finite element analzsis off human temporomandibular joint with and without disc displacement during jaw opening, Medical Engineering & Physics 26, 2004, 503-511
4. 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

GEOMETRIC MODELING AND 3D GENERATION OF HUMAN JAW

Abstract

Human mandibule model design based on TMS data for purpose of structural analysis of temporomandibular joint is described. Due to complex geometry, model design consists of several steps in different software packages. Model segmentation is used to achieve necessary precision, but to avoid unnecessary gain on model complexity and to eliminate data anomalies.



Lukić, D.; Todić, V.; Milošević, M.*

PRILAZ RAZVOJU INTEGRISANOG CAPP SISTEMA ZA IZRADU ALATA ZA BRIZGANJE PLASTIKE**

Rezime

Zahtevi savremenog tržišta usmereni su na brzu izmenu programa proizvodnje, kratke rokove isporuke, podizanje kvaliteta i smanjenje cene proizvoda. U takvim uslovima osim primene visoko automatizovanih fleksibilnih tehnoloških sistema neophodna je i primena postupaka automatizovanog projektovanja u svim segmentima proizvodnog procesa, posebno u području projektovanja proizvoda i tehnoloških procesa njihove izrade.

Automatizacija postupaka projektovanja u svim segmentima proizvodnog procesa uspešno se rešava primenom razvijenih programskih sistema. U radu je prikazan prilaz razvoju sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plastike, odnosno integrisanog CAPP sistema.

Ključne reči: Projektovanje tehnoloških procesa, CAPP sistemi, Baza podataka, Baza znanja

1.0 Uvod

Sistemi projektovanja tehnoloških procesa, a samim tim i CAPP sistemi, mogu da se shvate kao "most" između projektovanja proizvoda i procesa njihove proizvodnje. Automatizacija projektovanja proizvoda uspešno se rešava primenom razvijenih CAD/CAE programskih sistema. Primenom savremenih CAM programskih sistema i uvođenjem NC obradnih sistema različite namene u proizvodnju, uspešno se vrši automatizacija procesa proizvodnje. Problem nastaje u fazi projektovanja tehnoloških procesa, koji, sa jedne strane treba da zadovolje zahteve projekatnata proizvoda, a sa druge strane, da uvažava tehnološke mogućnosti konkretne proizvodnje.

Velika potražnja za proizvodima od plastike na tržištu, uticala je i na porast broja alata za njihovu proizvodnju, čiji troškovi izrade čine veliki udeo u ukupnoj ceni izrade proizvoda od plastike. Zbog toga je efikasnost proizvodnje proizvoda od plastike u velikoj meri uslovljena racionalnom i efikasnom izradom odgovarajućih alata. Brizganje plastike, pored ekstrudiranja i duvanja predstavlja najzastupljeniji postupak izrade proizvoda od plastike, koji zahteva upotrebu veoma skupe proizvodne opreme i odgovarajućih alata [1, 3].

U tom cilju razvijen je sistem za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plasatike, odnosno integrisani CAPP sistem. Razvojem ovog sistema želi se unaprediti tehnička priprema proizvodnje i podići konkurentnost proizvodnog sistema za proizvodnju alata za brizganje plastike.

Zbog složenosti i velikog broja zadataka u okviru aktivnosti projektovanja tehnoloških procesa, uglavnom se razvijaju specijalizovana programska rešenja, odnosno specijalizovani CAPP sistemi. Oni se primenjuju u tačno definisanom proizvodnom ambijentu, za automatizaciju projektovanja tehnoloških procesa izrade odgovarajućih klasa delova iz konkretnog proizvodnog programa.

Trend razvoja savremenih programskih sistema za projektovanje tehnoloških procesa izrade proizvoda, baziran je na integraciji CAD, CAPP i CAM sistema, odnosno razvoju integrisanih CAPP sistema. Ovaj prilaz će se primeniti u razvoju sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plastike, što je prikazano u ovom radu.

* Prof. dr Velimir Todić, IPM, Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6 21000 N.Sad, e-mail: todvel@uns.ns.ac.yu

mr Dejan Lukić, IPM, Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6 21000 N.Sad, e-mail: lukicd@uns.ns.ac.yu

mr Mijodrag Milošević, IPM, Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6 21000 N.Sad, e-mail: mido@uns.ns.ac.yu

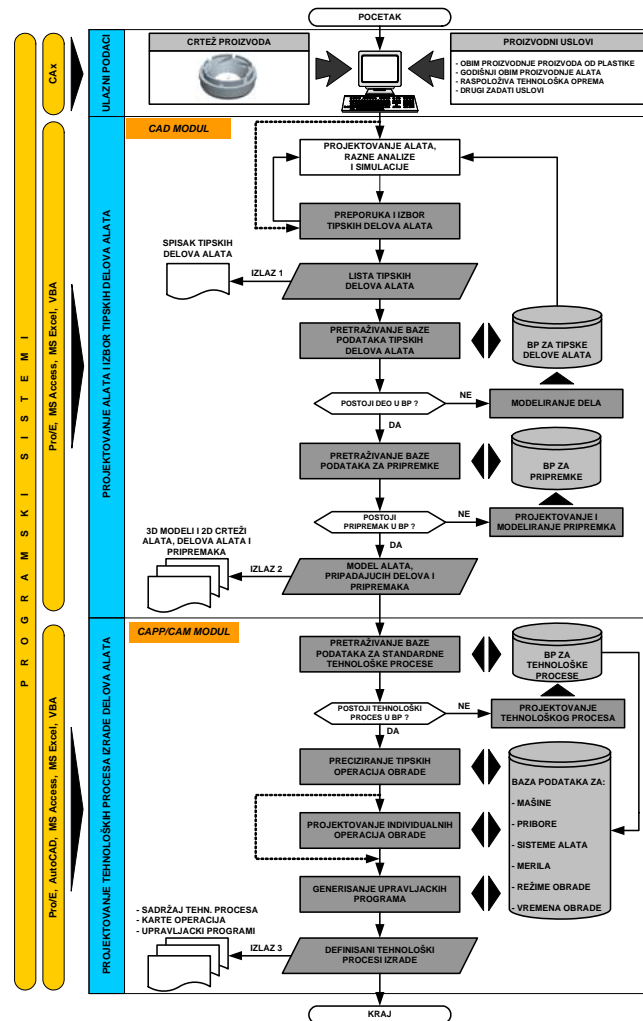
** Napomena: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu "Razvoj i izrada proizvoda na principima reverzibilnog inženjerstva". Projekat je od značaja za razvoj nauke i tehnološkog razvoja AP Vojvodine.

U razvoju ovog sistema značajnu ulogu imaju odgovarajuće baze podataka i baze znanja, kao elementi od čijeg kvaliteta u velikoj meri zavisi efikasnost funkcionisanja programskog rešenja ovog sistema.

2.0 Model programskog rešenja sistema

Osnovna algoritamska struktura razvijenog sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plastike, sastoji se iz tri celine (Slika 1) [3, 4]:

- *Ulazni podaci*
- *Projektovanje alata za brizganje plastike i izbor tipskih delova alata (CAD modul)*
- *Projektovanje tehnoloških procesa izrade delova alata (CAPP/CAM modul)*



Slika 1. Osnovna algoritamska struktura sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plastike [3, 4]

Na osnovu ulaznih geometrijskih i tehnoloških podataka o proizvodu, uslova proizvodnje i drugih zadatih uslova vrši se izbor tipskih delova alata, koji služe za projektovanje odgovarajućeg alata. Nakon izbora konkretnog dela alata vrši se izbor odgovajuće vrste i materijala priprema.

3D model i 2D crtež dela i priprema, kao i postavljeni proizvodni uslovi čine ulazne podatke u modul za projektovanje tehnoloških procesa izrade delova alata. U okviru ovog modula vrši se automatizacija projektovanja tehnološkog procesa za izabrani deo alata uključujući i generisanje upravljačkih programa. Kao izlaz iz ovog modula dobija se definisani sadržaj tehnološkog procesa u obliku karte sadržaja tehnološkog procesa, definisane operacije obrade u vidu preciziranih karti operacija, kao i odgovarajući upravljački programi za operacije koje se realizuju na NC obradnim sistemima.

Za razvoj programskog rešenja ovog sistema primenjeni su različiti programski sistemi opšte namene, koji se koriste u pojedinim fazama. Ovi programski sistemi se mogu podeliti na nekoliko grupa, prema tabeli 1.

Uloga programskog sistema	Programski sistem
Sistem za projektovanje, odnosno modeliranje alata, delova alata i priprema	Pro/ENGINEER
Sistem za generisanje upravljačkih programa za obradu na NC obradnim sistemima	Pro/ENGINEER
Sistem za razvoj i upravljanje relacionim bazama podataka	MS Access
Sistem za razvoj baze znanja i integraciju sistema	VBA

Tabela 1. Primenjeni programski sistemi za razvoj programskog rešenja sistema

3.0 Razvoj integrisane baze podataka programskog rešenja

Razvoj sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa zahteva upotrebu velikog broja podataka koje je potrebno organizovati i memorisati na odgovarajući način u okviru integrisane baze podataka na nivou celog sistema.

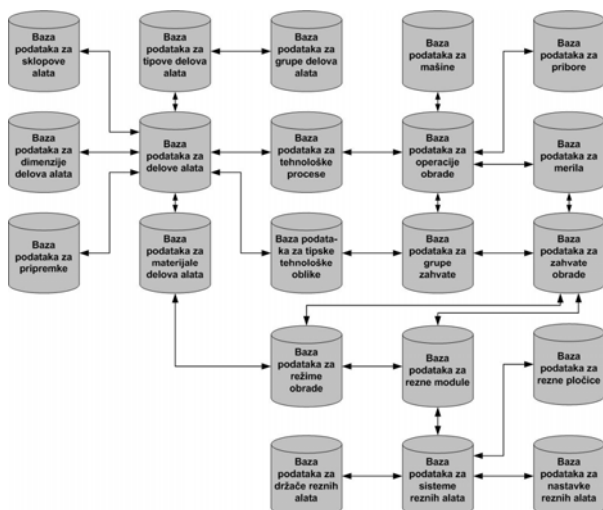
Organizovanje i upravljanje podacima se zasniva na relacionom modelu podataka, odnosno primeni relacione baze podataka. Struktura integrisane baze podataka u okviru sistema data je na slici 2, gde su prikazani pojedini elementi koji čine integrisanu bazu podataka sa njihovim međusobnim vezama. Razvoj integrisane baze podataka, koja se koristi u programskom rešenju sistema, realizovan je u tri faze:

- *Konceptualno projektovanje baze podataka,*
- *Logičko projektovanje baze podataka, i*
- *Fizičko projektovanje baze podataka*

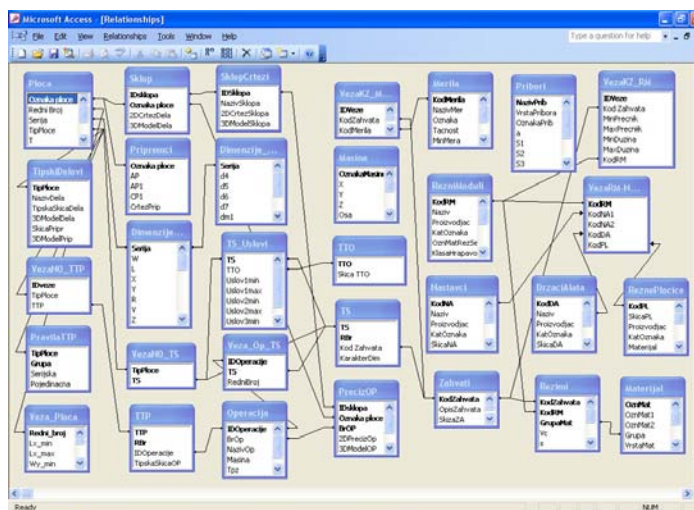
Pod konceptualnim projektovanjem se podrazumeva opis problematike na semantičkom nivou, definisanje svih entiteta i njihovih relacija i na kraju izrada E-R modela baze podataka.

Logičko projektovanje baze podataka podrazumeva detaljan opis podataka i izradu relacionog modela. Relacioni model prikaza baze podataka sastoji se od skupa tabela i relacija. Na slici 3 prikazan je relacioni model baze podataka programskog rešenja sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade pločastih delova alata za brizganje plastike, koji je projektovan u MS Access-u, sa prikazom ostvarenih veza.

Fizičko projektovanje baze podataka u osnovi obuhvata: fizički opis strukture za smeštaj podataka, definisanje tabela, tipova podataka, dužina, indeksa, kao i unos podataka u definisane tabele baze podataka.



Slika 2. Struktura integrisane baze podataka sistema [4]



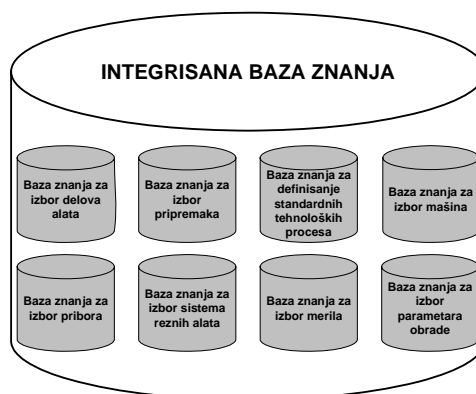
Slika 3. Prikaz relacionog model baze podataka razvijenog sistema u MS Access-u [4]

4.0 Razvoj integrisane baze znanja programskog rešenja

U okviru razvijene baze znanja koja se koristi u ovom sistemu, znanje se predstavlja korišćenjem tehnike produkcionih sistema. Odlučivanje i zaključivanje se vrši na osnovu ulaznih podataka zadatih od strane korisnika i podataka koji su memorisani u bazi podataka sistema. Ovi podaci se uglavnom odnose na

geometrijske i tehnološke podatke. Ulazni podaci, koje unosi korisnik, definišu se pomoću namenskog grafičkog korisničkog okruženja.

Baza znanja je integrisana na nivou celog sistema, u okviru koje se mogu izdvojiti određene klase ili delovi baze znanja, gde se vrše određena odlučivanja (Slika 4).



Slika 4. Klase integrisane baze znanja u sistemu

Kod produkcionih sistema centralni entitet predstavlja integrisana baza podataka, kojom se upravlja preko dobro definisanih operacija globalne upravljačke strategije, odnosno upravljačkog sistema. Dakle, osnovni elementi produkcionih sistema su integrisana baza podataka, skup produkcionih pravila i upravljački sistem.

Integrisana baza znanja u okviru ovog sistema je razvijena kombinovanjem strukture podataka koji su memorisani u bazi podataka i procedura razvijenih u VBA okruženju.

5.0 Razvoj baze podataka i baze znanja za projektovanje tehnoloških procesa izrade delova alata

Najveći deo integrisane baze podataka i baze znanja u okviru posmatranog programskog rešenja čine elementi baze podataka i baze znanja za projektovanje tehnoloških procesa.

Projektovanje tehnoloških procesa u razvijenom programskom rešenju se vrši za svaki deo alata pojedinačno, zbog čega se prethodno vrši izbor konkretnog dela alata i definisanje odgovarajućeg priprema.

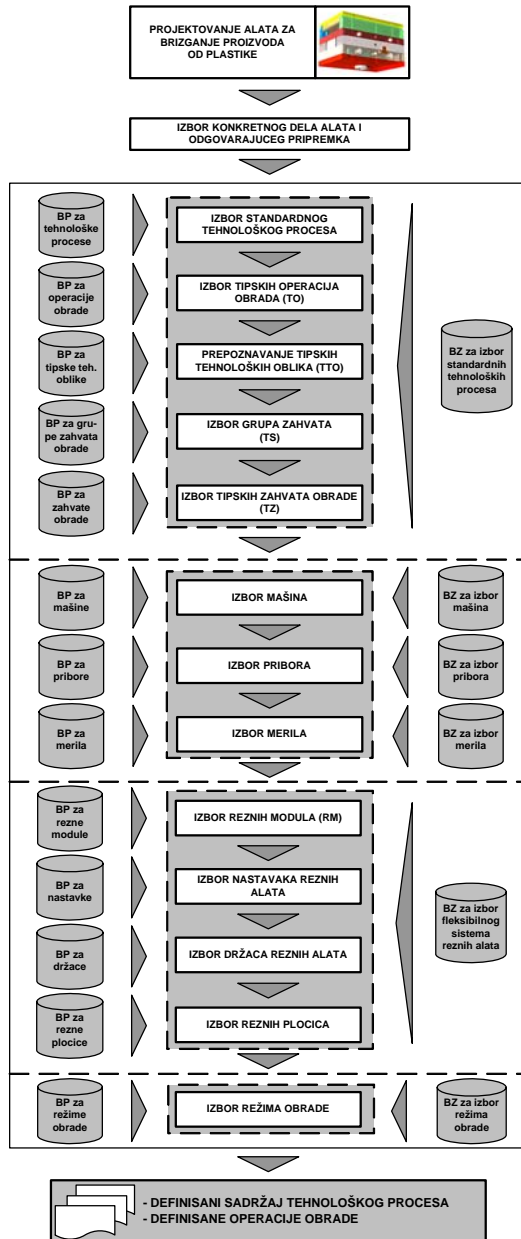
Razvijena baza podataka i baza znanja omogućuju da se za svaki deo alata i odgovarajući pripremak dobija sadržaj standardnog tehnološkog procesa i precizirane operacije obrade. Na slici 5 prikazan je algoritamski tok definisanja tehnoloških procesa, koji se odvija u sledećim etapama:

- *Izbor standardnog tehnološkog procesa izrade,*
- *Izbor mašina, pribora i merila,*
- *Izbor sistema reznih alata,*
- *Izbor režima obrade.*

Standardni, odnosno tipski tehnološki procesi se definišu za određene tipske delova alata. U konkretnom slučaju posmatraju se pločasti tipski delovi pravougaonog oblika i odgovarajući tehnološki procesi njihove izrade u određenim proizvodnim uslovima.

Treba napomenuti da su u pripreмноj etapi, koja je prethodila razvoju ovog sistema usvojeni standardni tehnološki procesi izrade pojedinih delova alata za slučaj pojedinačne i serijske proizvodnje, na osnovu čega su definisane odgovarajuće baze podataka i baze znanja.

Programsko rešenje omogućuje automatizovano dobijanje sadržaja tehnološkog procesa izrade za prethodno izabrani deo alata, kao i interaktivno preciziranje operacija obrade i generisanje upravljačkih programa za operacije obrade koje se realizuju na NC obradnim sistemima, što je prikazano na slici 6, za nepokretnu kokilu alata za brizganje konkretnog proizvoda od plastike.



Slika 5. Algoritamski tok za definisanje tehnološkog procesa izrade primenom razvijene baze podataka i baze znanja [4]

Br. Op.	Naziv operacije	Naziv mašine	Tpr.
10	Autogeno isecanje	Aparat za autogeno isecanje	10
20	Poboljšanje	Pec za poboljšanje	30
30	Kontrola TO	Kontrolni sto	5
40	Doterivanje	Radni sto	10
50	Glodanje	NC Glodalica	15
60	Ravno brušenje	Brusilica za ravno brušenje sa NC upravljanjem	15
70	Kontrola	Kontrolni sto	5
80	Dušenje	NC bušilice-glodalice	30
90	Izrada gravure nepokretne kokile	NC glodalica	30
95	Izrada kanala za temperiranje i dr.	NC bušilica-glodalica	20
100	Kaljenje, otpuštanje i brušenje	Pec, kadi	30
110	Dorada kokile elektroerozivnom obradom	Erozimat	20
120	Doterivanje	Radni sto	10
130	Odmašivanje	Kada za odmašivanje	5
150	Završna kontrola	Kontrolni sto	5

Slika 6a. Izvod iz programskog rešenja za izbor konkretnog dela alata i definisanje sadržaja tehnološkog procesa njegove obrade [4]



Slika 6b. Izvod iz programskog rešenja za definisanje konkretne operacije obrade i generisanje upravljačkog programa [4]

6.0 Zaključak

Kao rezultat opšte prisutnih težnji prilagodavanja savremenim zahtevima tržišta, postavljaju se novi i sve složeniji zahtevi pred proizvodne sisteme, što se u velikoj meri ogleda u potrebi za visokim stepenom automatizacije svih aktivnosti, počevši od razvoja i projektovanja proizvoda pa sve do njihove proizvodnje.

Primenom raspoloživih programskih sistema opšte namene, odnosno CAD/CAM/CAE sistema, sistema za razvoj baza podataka i sistema za razvoj aplikacija, omogućen je razvoj programskih rešenja namenjenih automatizaciji procesa projektovanja i proizvodnje proizvoda.

Razvijeno programsko rešenje omogućuje automatizaciju značajnog broja aktivnosti u procesu projektovanja alata za brizganje plastike i njihovih tehnoloških procesa, što značajno doprinosi unapređenju tehničke pripreme proizvodnje, posebno segmenta koji se odnosi na tehnološku pripremu proizvodnje.

7.0 Literatura

- [1] Brown, R.L.E.: *Design and Manufacturing of Plastics Parts*, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- [2] Teti, R., Kumara, S.R.T.: *Intelligent Computing Methods for Manufacturing Systems*, Annals of CIRP, Vol.46/2, 1997.
- [3] Lukić, D., Todić, V., Milošević M.: *Automatizacija projektovanja tehnoloških procesa izrade tipskih delova alata za brizganje plastike*, 31. Savetovanje proizvodnog mašinstvo Srbije i Crne Gore 2006, Zbornik radova, str. 493-498., Kragujevac, 2006.
- [4] Lukić, D.: *Razvoj sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa izrade alata za brizganje plastike*, Magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.

APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF THE INTEGRATED CAPP SYSTEM FOR PLASTICS INJECTION MOLD MANUFACTURING

Abstract

Demands of modern market are oriented towards quick production programme change, shortening of delivery intervals, quality raising and lowering of the product price. In such conditions, besides the appliance of highly automated flexible technological systems, it is necessary to apply methods for automation design in all segments of production process, especially in area of product design and process planning of their production.

Automation of the design processes in every segments of production process, can be successfully applied by involving the "high-end" ("state-of-the-art") software systems. In this paper shown the approach of the development system for automated process planning for plastic injection molds manufacturing, respectively development integrated CAPP system.

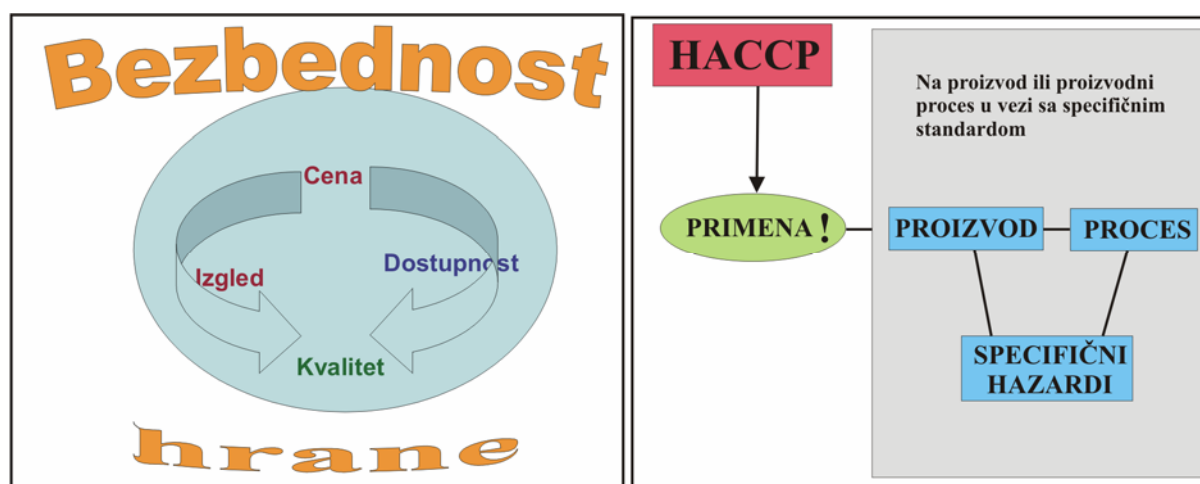
Key words: Process planning, CAPP systems, Data Base, Knowledge Base

R. Slavković¹, I. Milićević²**RAZVOJ I CAD/CAM PROJEKTOVANJE ALATA ZA TERMOOBLIKOVANJE
AMBALAŽE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI***Rezime*

Danas je "termoforming" ambalaža vrlo rasprostranjen način savremenog pakovanja industrijskih proizvoda, a posebno proizvoda u prehrambenoj industriji. Ambalaža prehrambenih proizvoda treba da zadovolji HACCP standarde, odnosno GMP (dobru proizvođačku praksu) kao i GHP (dobru higijensku praksu) norme. U radu je data metodologija CAD/CAM projektovanja "termoforming" alata koji se koriste pri izradi ambalaže u prehrambenoj industriji. Navedena metodologija projektovanja data je na primeru proizvodne prakse, od geometrijskog modeliranja do generisanja NC koda i simulacije putanje alata.

1.UVOD

Toplo oblikovanje plastomera "termoforming" je tehnološki postupak tokom kojeg se dolazi do željene transformacije polimernog priprema (ploča, folija i sl.) u gotov proizvod, korišćenjem odgovarajućih alata (kalupa) za oblikovanje u toplom stanju. "Termoforming" kao metoda dobijanja gotovih polimernih delova ima široku primenu u prehrambenoj i hemijskoj industriji, u oblasti elektronike, računarske opreme, radio, TV, i telefonskih aparata, industriji nameštaja, automobilske industriji i dr. Savremeni način pakovanja industrijskih prehrambenih proizvoda zahteva apsolutnu zaštitu proizvoda na relaciji proizvođač- korisnik, savremen dizajn ambalaže, nisku cenu i malu težinu. Sa druge strane, što se tiče obezbeđenja ekološki zdrave hrane, ambalaža kao i hrana takođe mora zadovoljavati odgovarajuće norme tj, GMP (dobru proizvođačku praksu) i GHP (dobru higijensku praksu) u okviru svetskog HACCP standarda u proizvodnji zdrave hrane (sl.1), [1].



Slika 1: Sistem obezbeđenja kvaliteta hrane obzirom na proizvodnju i pakovanje

¹ Prof. dr Radomir V. Slavković, dipl. maš. ing, Tehnički fakultet, Čačak, e-mail: rstanka@eunet.yu

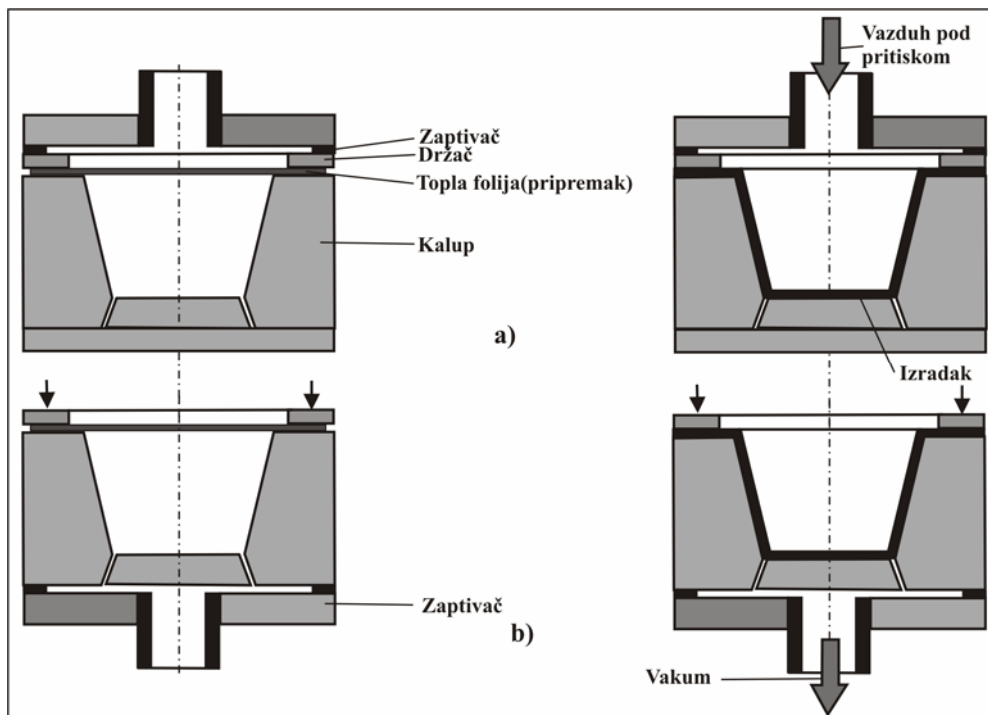
² Mr Ivan Milićević, dipl. maš. ing, Tehnički fakultet, Čačak, e-mail: ivan_milicevic@beotel.yu

2. PRINCIP TERMOOBLIKOVANJA

2.1 Metode termooblikovanja

Danas, praktičnu primenu pri izradi “termoforming” ambalaže u prehrambenoj industriji uglavnom imaju tri metode (sl. 2):

- “termoforming” metoda sa uduvavanjem vazduha pod pritiskom u kalupnu šupljinu preko folije;
- “termoforming” metoda sa vakumiranjem šupljine kalupa za oblikovanje, i
- “termoforming” metoda zasnovana na kombinaciji prethodne dve metode.



*Slika 2.1: Metode “termoformiranja” plastične ambalaže u prehrambenoj industriji
a) uduvavanje vazduha pod pritiskom; b) vakumiranje kalupne šupljine*

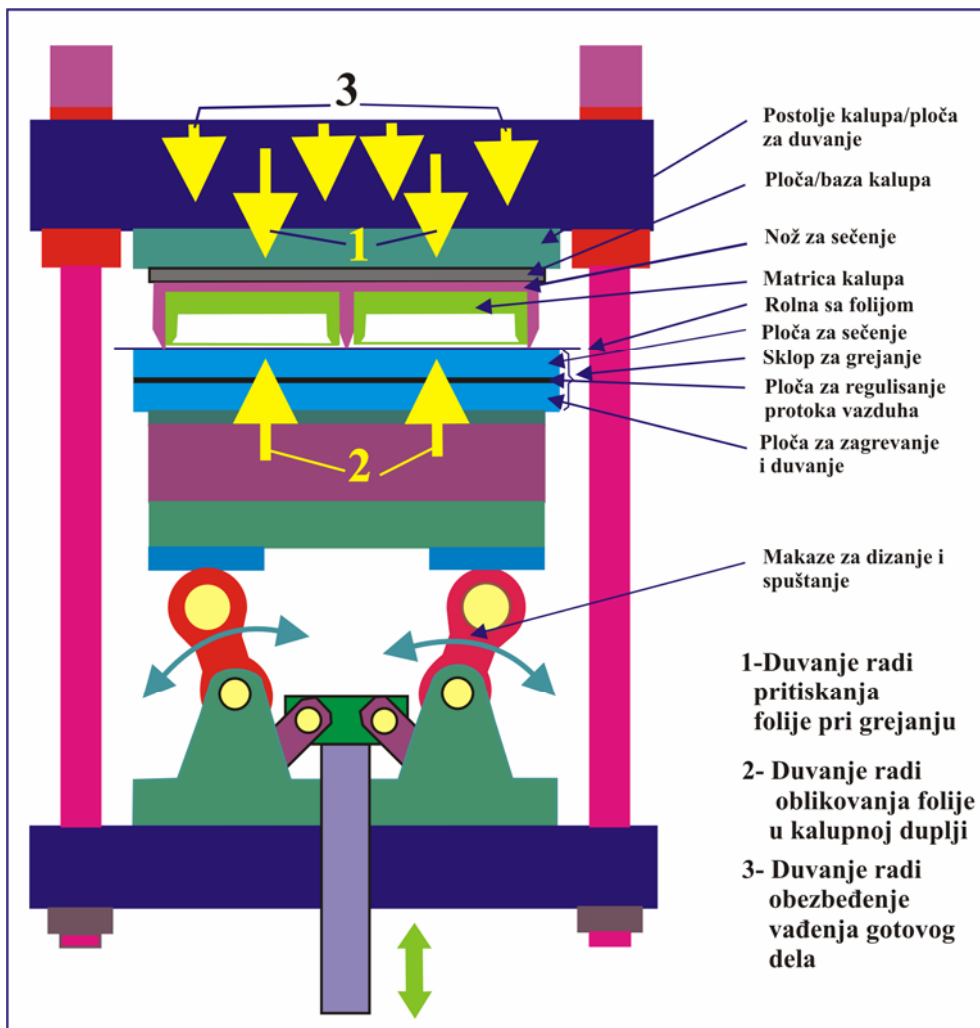
U okviru ovog rada detaljnije je objašnjena metoda “termoformiranja” uduvavanjem vazduha pod pritiskom preko folije u kalupnu šupljinu.

2.2 Kratak prikaz termooblikovanja uduvavanjem vazduha pod pritiskom

Proces “termoforming” odvija se u sedam faza na primeru iz proizvodne prakse, a prema shemi na sl. 2.2, [2]:

- dovođenje folije u radni prostor za “termoforming” (koračno odmotavanje sa rolne),
- podizanje donjeg stola (makazasti lift), dok se ne ostvari blago stezanje folije nožem za odsecanje i pločom za odsecanje,
- uduvavanje vazduha pod pritiskom sa gornje strane (duvanje 1) radi obezbeđenja potpunog naleganja folije na ploču za zagrevanje i zagrevanje folije do određene temperature,
- prekid duvanja vazduha pod pritiskom sa gornje strane i start duvanja vazduha sa donje strane radi izvlačenja folije i dobijanja oblika kalupne šupljine (duvanje 2). U kontaktu oblikovanog dela sa površinom kalupa folija se hladi i očvršćava,
- prekid uduvavanja komprimovanog vazduha sa donje strane uz dodatno podizanje donjeg stola radi nasecanja spoljne konture gotovog dela,
- uduvavanje komprimovanog vazduha sa gornje strane (duvanje 3) radi odvajanja gotovog dela od površine kalupa, uz postepeno spuštanje donjeg stola. U ovoj fazi sa gornje strane u alatu mogu se aktivirati i dodatni izbijači gotovog dela (predviđaju se pri analizi tehnološkičnosti izrade dela),

- koračno kretanje folije radi dovođenja nove folije u radnu poziciju, a gotov deo se otkida (nasečena kontura) pri namotavanju otpadne folije na rolnu.



Slika 2.2: Shema "termoforming" izrade ambalaže na primeru proizvodne prakse, [2]

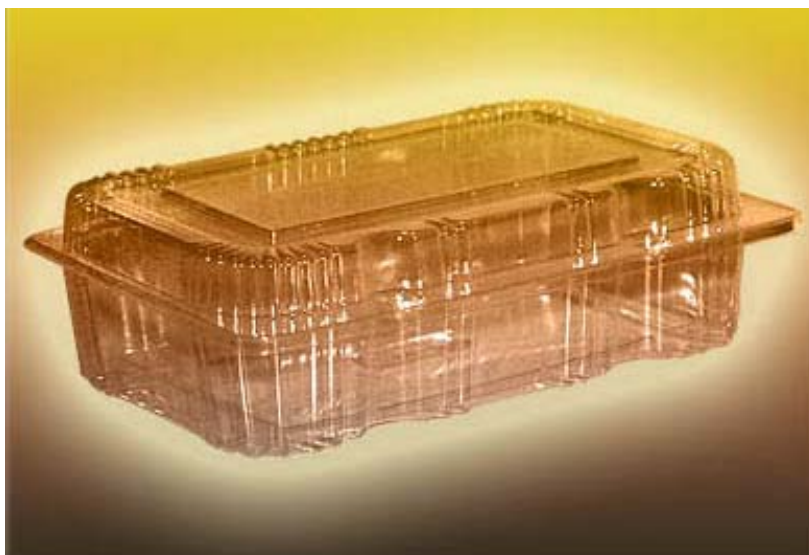
Pri analizi tehnološkičnosti izrade gotovog dela ("termoforming" deo), posebnu pažnju treba obratiti na sledeće:

- Kanali za uduvanje vazduha pri odvajanju gotovog dela od unutrašnje površine kalupa treba da obezbede paralelno vađenje oblikovanog dela i ujedno da odzrače džepove sa "zarobljenim" vazduhom;
- Razmotriti da li su potrebni dodatni izbijači za odvajanje gotovog dela od kalupne šupljine i gde ih postaviti u slučaju potrebe;
- Veličina zapreminskog skupljanja materijala gotovog dela ima uticaj na njegove konačne dimenzije, pa je dimenzije gotovog dela potrebno uvećati za skupljanje i dr.

3. CAD/CAM PROJEKTOVANJE "TERMOFORMING" ALATA

Današnji CAD/CAM softverski sistemi daju mogućnost parametarskog kreiranja 3D solid modela, što je posebno značajno za CAD/CAM projektovanje površina alata u tehnologiji izrade gotovih proizvoda tehnologijama kod kojih kalupna šupljina oblikuje spoljnu konfiguraciju izratka. Takođe, u ovakom načinu izrade gotovih delova, metoda parametarskog modeliranja omogućuje vrlo efikasno i brzo kreiranje familije kalupnih šupljina koje se mogu koristiti u istim matricama za sečenje, kako bi se dobila potrebna raznovrsnost gotovih proizvoda uz što racionalnije iskorišćenje potrebnih alata za proizvodnju.

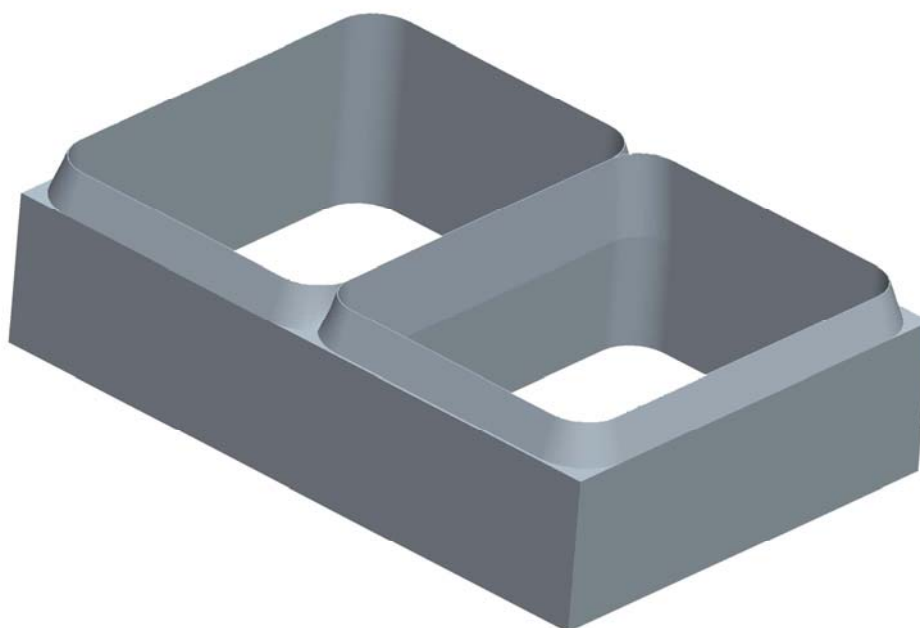
Na sl.3.1 dat je primer izgleda ambalažne kutije kao izratka iz kalupne šupljine proizvedene primenom CAD/CAM tehnologije.



Sl.3.1: Gotov proizvod

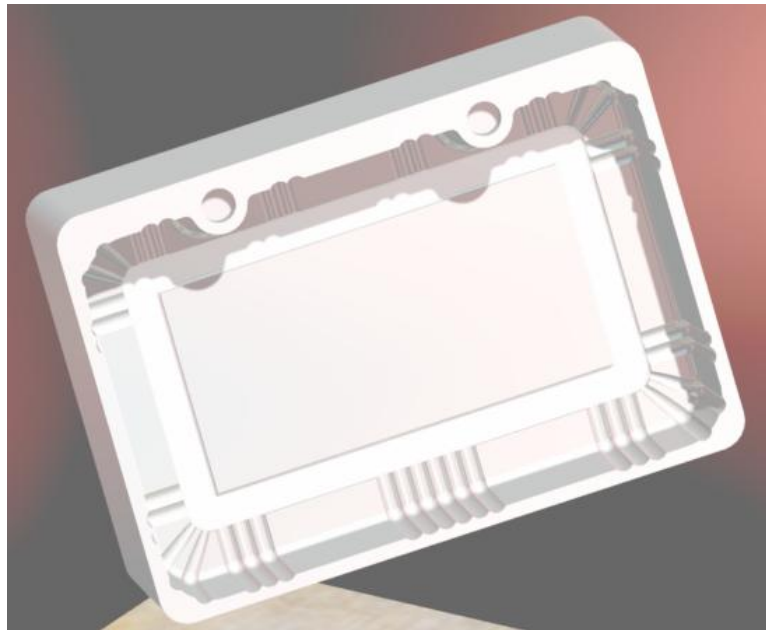
Za proizvodnju prikazane ambalažne kutije metodom “termoforming” potrebne su tri osnovne pozicije alata:

- Ploča (baza) kalupa;
- Matrice (noževi) za sečenje (*sl. 3.2*), odnosno nasecanje spoljne konture gotovog dela. U ovom slučaju visina noža treba da obezbedi nasecanje spoljne konture, a srednji nož treba da obezbedi blagu deformaciju srednje linije kako bi se gotov deo mogao namenski presaviti po sredini (zatvorena ambalaža);



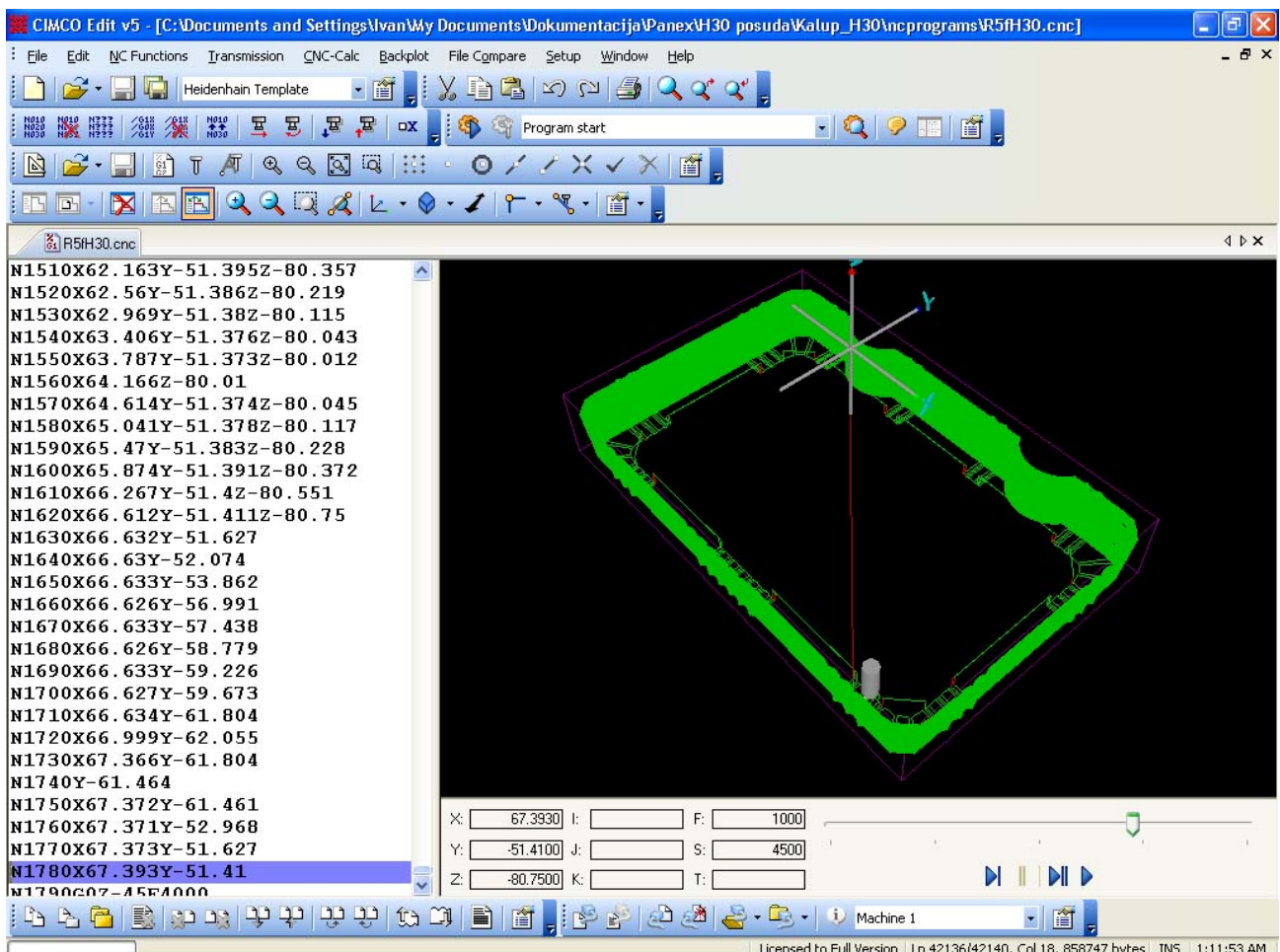
Sl. 3.2: Matrice za sečenje spoljne konture gotovog dela

- Kalupna duplja, odnosno kalup za oblikovanje proizvoda (*sl. 3.3*). Za proizvod prikazan na *sl. 3.1*, potrebne su dve kalupne duplje – za oblikovanje donjeg i gornjeg dela ambalažne kutije. Problemi koji su se nekada javljali prilikom izrade ovakvih elemenata sa složenom geometrijom danas su u potpunosti prevaziđeni primenom CAD/CAM tehnologije. Na slici 3.3 prikazan je 3D model jednog dela kalupa generisan u programskom paketu ProEngineer. Takav model omogućava da se na jednostavan način, promenom određenih parametara, dobije, na primer, željena zapremina izratka, a da se pri tome ne menjaju oni parametri koji su bitni za proizvodni proces (veličine određene dimenzijama matrice za sečenje, uglovi koji obezbeđuju dobro slaganje gotovih proizvoda, itd.). Kratko rečeno, sve promene u procesu projektovanja proizvoda primenom parametarskog modeliranja mogu se izvesti brzo i lako.



Sl. 3.3: Donji deo kalupa za oblikovanje proizvoda

Današnji CAD/CAM softverski sistemi imaju mogućnost automatskog generisanja NC koda koji se koristi na mašinama sa CNC upravljanjem iz 3D modela, kao i simulaciju putanje alata i vizuelizaciju rezanja materijala kao konačnu proveru ispravnosti projektovanog tehnološkog postupka. Na sl. 3.4 data je simulacija putanje alata za izradu kalupne posude prikazane na sl. 3.3 sa segmentom NC koda generisanog softverskim paketom Power Mill.



Sl. 3.3: Simulacija putanje alata

4. ZAKLJUČAK

Izrada velikog broja različitih “termoforming” alata sa raznolikim radnim površinama usklađenim sa oblikom gotovog proizvoda koji se pakuje, danas je nezamisliva bez primene CAD/CAM metoda projektovanja. Primena CAD/CAM metoda projektovanja obezbeđuje visoku efikasnost i pouzdanost u razvoju navedenih tehnoloških komponenti, a istovremeno garantuje visok kvalitet i dizajn, a samim tim i konkurentnost na tržištu.

5. LITERATURA

- [1] Food And Drug Administration, HSS, PART 110, Current Good Manufacturing Practice in Manufacturing, Packing or Holding Human Food, REGULATION, USA, 21 CFR Ch.I(4-1-03 Edition)
- [2] Čatić, I., Vukorepa, N., Šercer, M., Toplo oblikovanje plastomera, teorijske osnove, osnovni postupci, oprema, materijali za kalupe, Savetovanje ”Toplo oblikovanje plastomera” Zagreb (1982)

DEVELOPMENT AND CAD/CAM DESIGN OF TOOLS FOR THERMOMOULDING PACKS

Summary

Today is “thermomoulding” packs the most rife way of modern packing factories products, particular productions in the food factory. The pack food products must satisfy Hazard Analysis and Control of Critical Points (HACCP), Good Manufacturing Practice (GMP) and Good Hygienic Practice (GHM). In the paper is given methodology of CAD/CAM design of tools for “thermomoulding” on one example from production practice, from geometrical modeling to NC code creating and simulation tool path.

S. Radonjić ¹⁾, A. Mitrović ²⁾

KORIŠĆENJE CRTEŽA URAĐENIH U AUTOCAD-u ZA IZRADU DELOVA NA MAŠINI WATER JET

Rezime: U radu je, kroz primer, obrađena priprema crteža izrađenog u AutoCAD-u 2004 za korišćenje i upotrebu u programu WRYKRYs za izradu delova na mašini PTV Water jet (2D). Ova mašina koristi se u preduzeću „SLOVAS” u Čačku (slika 1).

1. UVOD

Water jet mašina je CNC mašina za sečenje najrazličitijih vrsta materijala u širokom opsegu debljina. Sečenje se ostvaruje sa vodom pod pritiskom od 4180 bar-a, pri čemu se kao abrazivno sredstvo dodaje kvarcni pesak različite granulaze. Treba naglasiti da mašina seče u dve dimenzije dok pojedini modeli imaju i mogućnost sečenja pod uglom tj. obaranja ivica, kao i mogućnost sečenja cevi kružnog i kvadratnog oblika.

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.



Slika 1. PTV Water jet

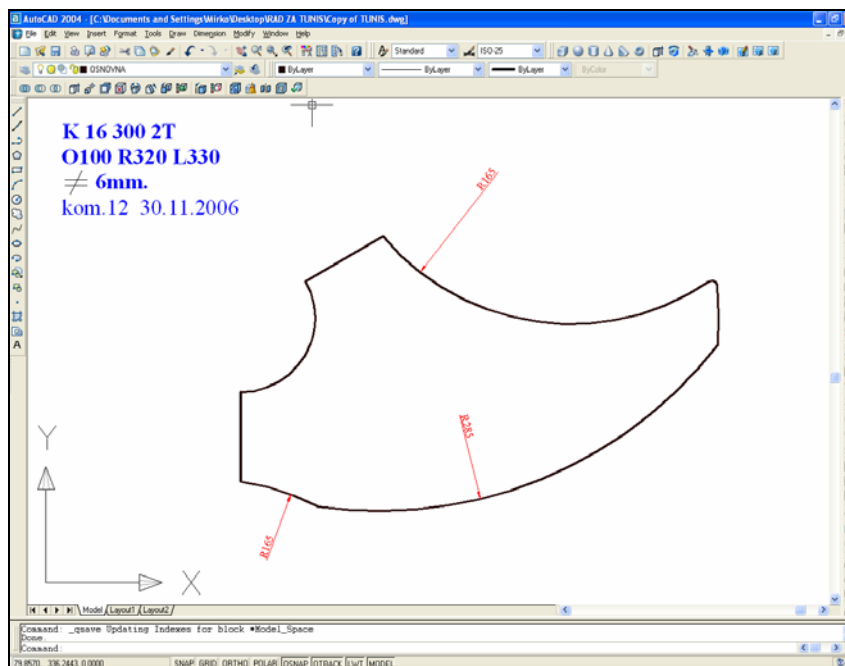
¹⁾Prof. dr Snežana Radonjić, Tehnički fakultet, Čačak, Srbija, snezar@tfc.kg.ac.yu

²⁾ Anđelija Mitrović, dipl.maš.ing i prof.teh.i inf., saradnik, Tehnički fakultet, Čačak, Srbija, andjelija@duga-net.com

2. PRIPREMA CRTEŽA U AUTOCAD-U ZA IZRADU DELOVA NA WATER JET-U

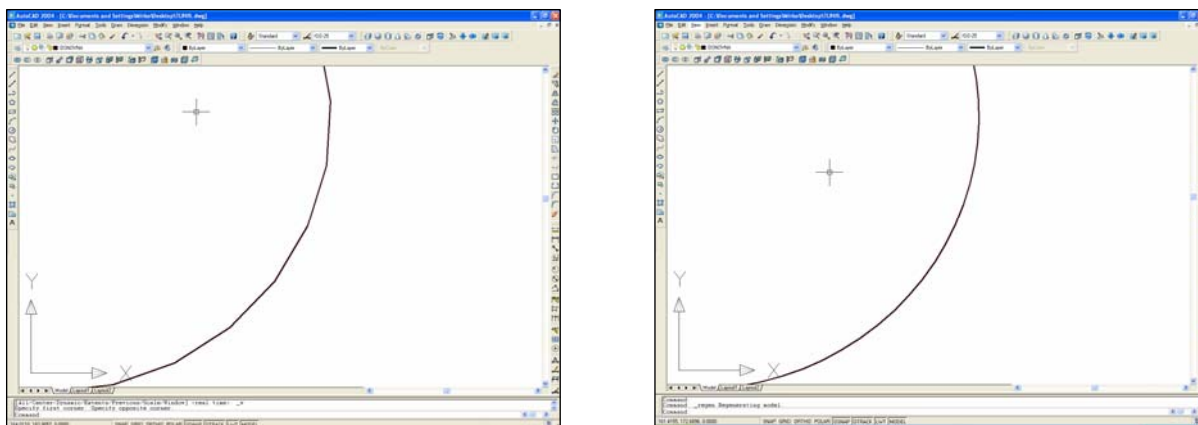
U radu sa Water jet-om najčešći oblik crteža koji se dobija je crtež izrađen u AutoCAD-u. Na slici 2. prikazan je crtež noža izrađenog u AutoCAD-u, koji treba da se pripremi kako bi bio upotrebljiv za rad na Water jet-u.

Pre početka izrade crteža u AutoCAD-u treba izvršiti osnovne pripreme i podešavanja u samom programu. Preciznost crtanja treba da bude u hiljaditim delovima milimetra, jer to je tačnost koju mašina može da ostvari prilikom pozicioniranja alata (potrebno je skrenuti pažnju da to nije i njena tačnost izrade komada koja se kreće do 0,2 mm u zavisnosti od debljine materijala i zadatog kvaliteta rezanja). Ako ovo podešavanje nije izvršeno linije neće biti spojene pa će se u WRYKRYs-u pojaviti prekid konture.



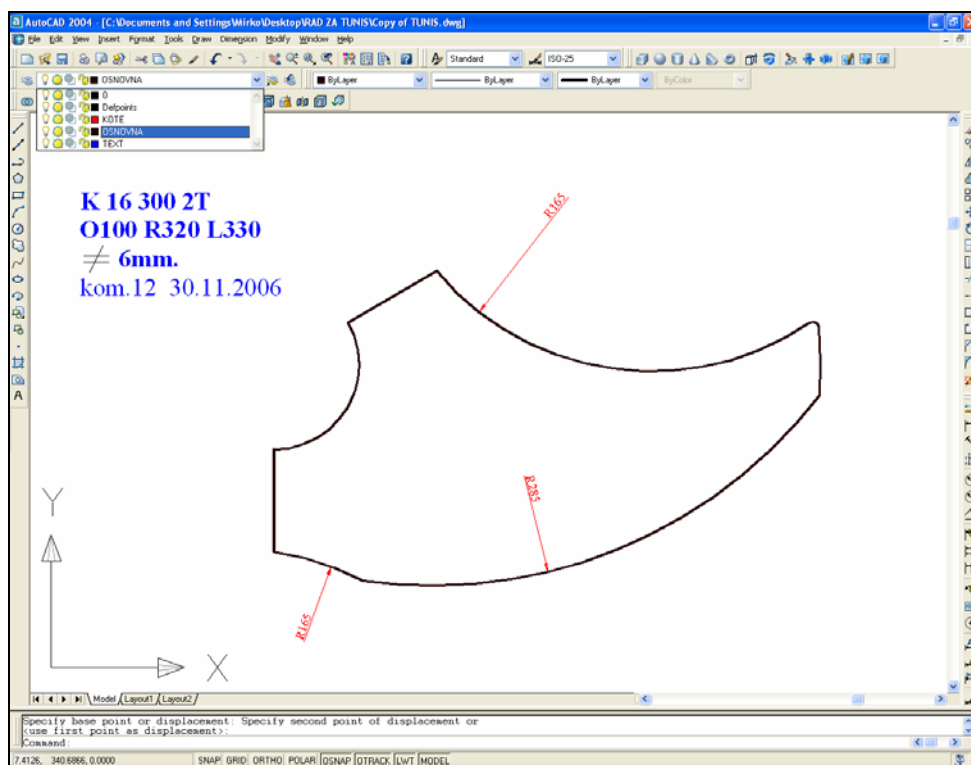
Slika 2. Primer crteža izrađenog u AutoCAD-u

Ako su na crtežu u AutoCAD-u nacrtani krugovi ili radijusi, oni moraju biti sastavljeni iz više tačaka. Ukoliko taj uslov nije ispunjen WRYKRYs će kružnicu ili radijus videti kao skup izlomljenih linija. Ovaj problem se može ispraviti i korišćenjem komandi **regen** i **redraw**. Komanda **regen** nalaže AutoCAD-u da ponovo izgradi određeni virtuelni prikaz koristeći osnovne informacije baze podataka crteža, a komanda **redraw** nalaže AutoCAD-u da ponovo učita podatke virtuelnog prikaza i da u oblasti crteža prikaže sve informacije koje su tamo dostupne. Na slici 3. može se videti uporedni prikaz izgleda crteža pre i posle korišćenja komandi **regen** i **redraw**.



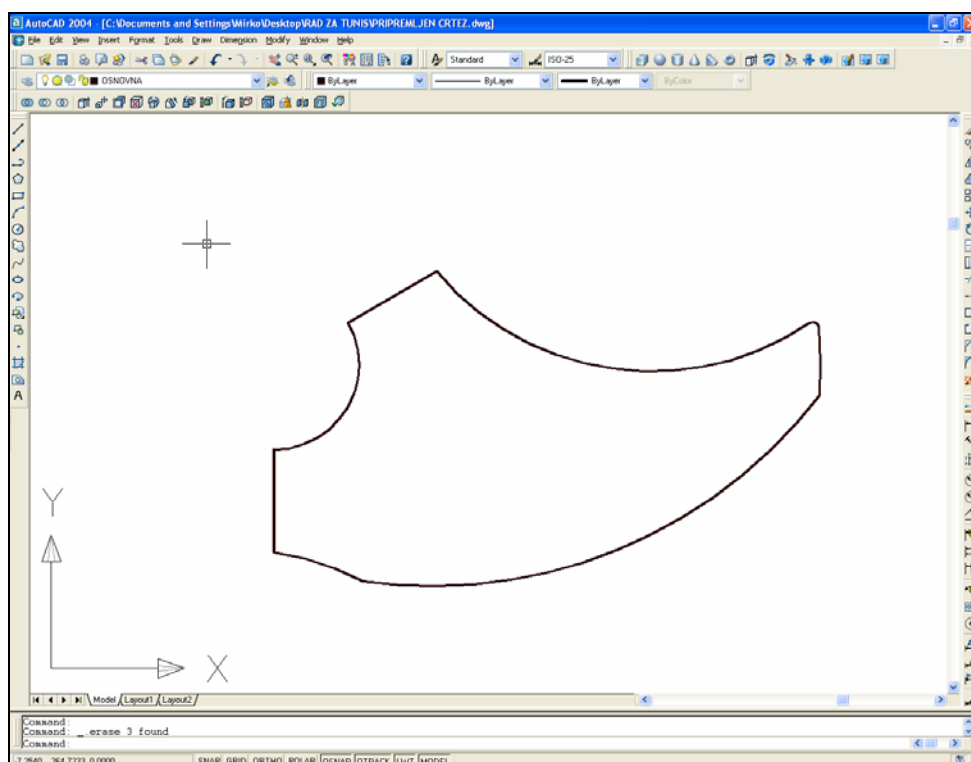
Slika 3. Uporedni prikaz izgleda crteža: (a) pre korišćenja komandi **regen** i **redraw**, (b) posle upotrebe ovih komandi

Prilikom pripreme crteža potrebno je proveriti layer-e u kojim je urađen crtež (slika 4). Crtanje u osnovnim layer-ima, odnosno u **nultom** i **defpoints** layer-u nije dobro iz razloga što sve linije iscrtane u ovim layer-ima biće potpuno nevidljive za WRYKRYs.



Slika 4. Provera korišćenih layer-a na crtežu

Kada se izvrše sva neophodna podešavanja može se početi sa crtanjem dela u AutoCAD-u. Taj crtež mora biti nacrtan na meru koja se želi dobiti u procesu sečenja tj. sa svim neophodnim dodacima za obradu (ako ih ima) i bez kotnih linija i bilo kakvog teksta (slika 5), jer još jednom treba naglasiti da se crta deo koji treba dobiti u procesu sečenja a ne tehnički crtež.

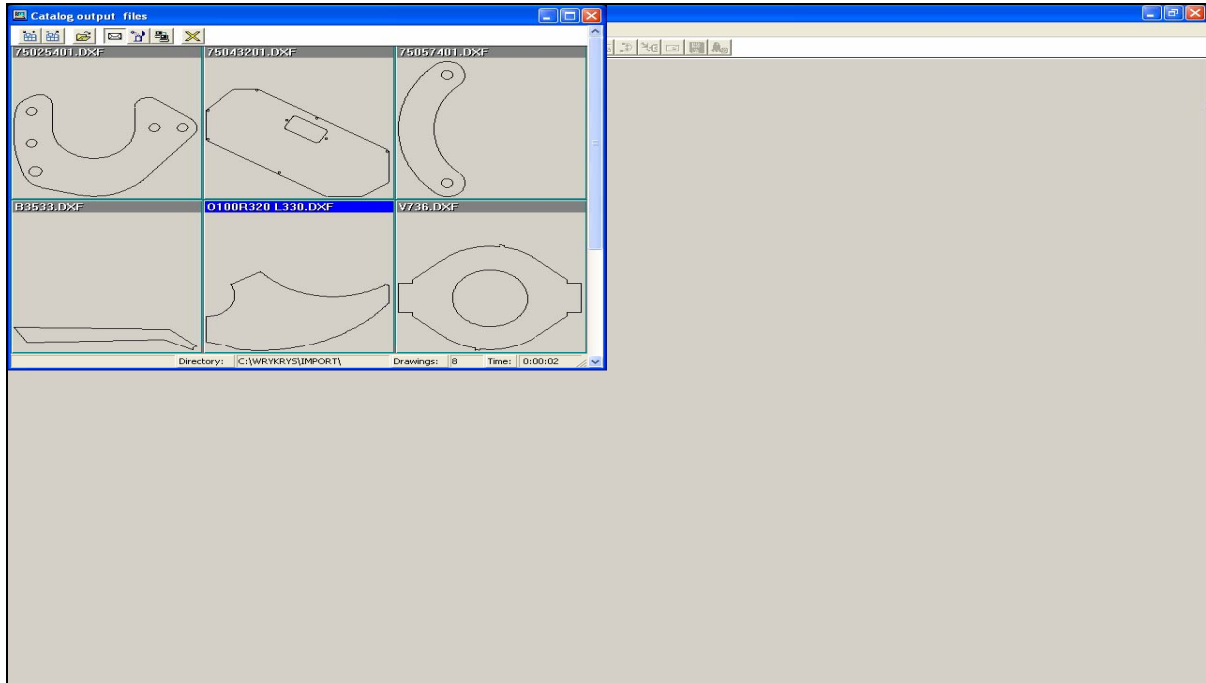


Slika 5. Pripremljen crtež u AutoCAD-u za izradu na Water jet-u

3. UBACIVANE CRTEŽA IZRAĐENOG U AUTOCAD-U U PROGRAM WRYKRYSS

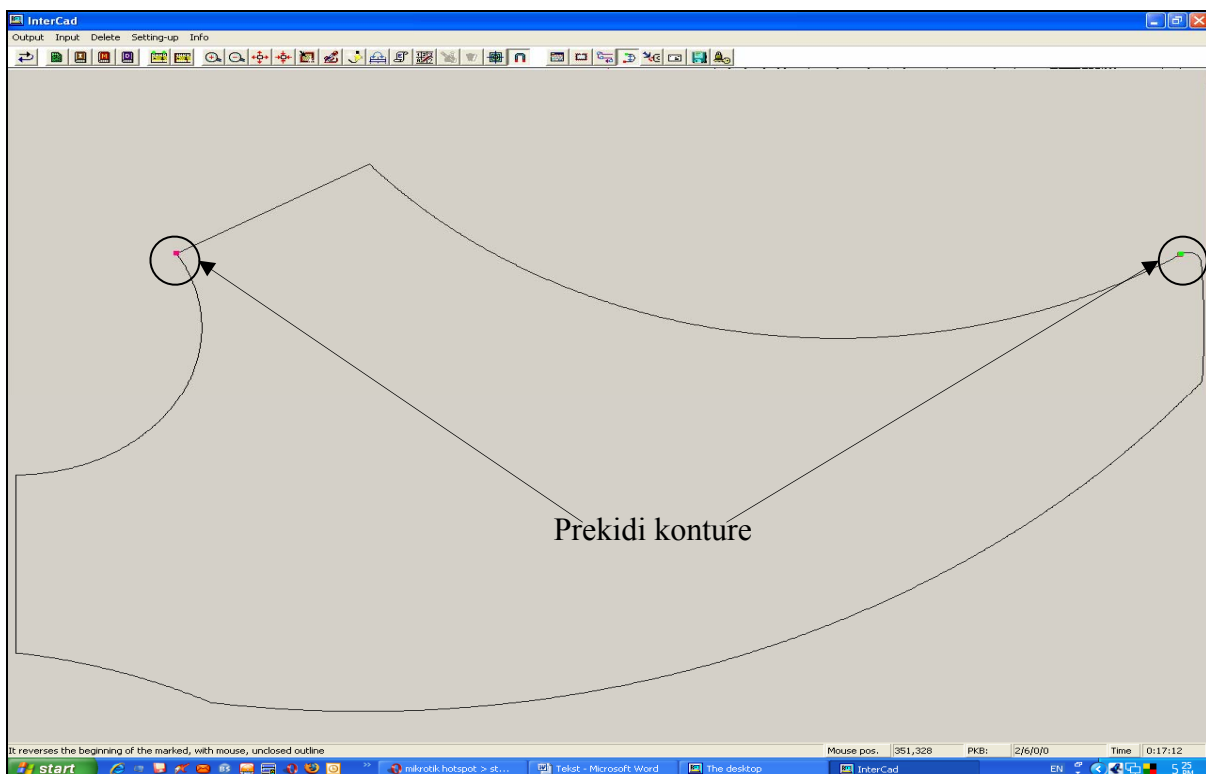
Prvi korak u radu je snimanje gotovog crteža u DXF format jer je to jedini način da WRYKRYSS prepozna ovaj crtež. Snimanje se vrši u odgovarajući folder c:\wrykrys\import, posle čega je moguće crtež importovati u WRYKRYSS.

Za rad sa crtežima WRYKRYSS ima svoj podprogram koji se zove InterCad koji ujedno omogućava i import fajlova snimljenih u DXF formatu (slika 6).



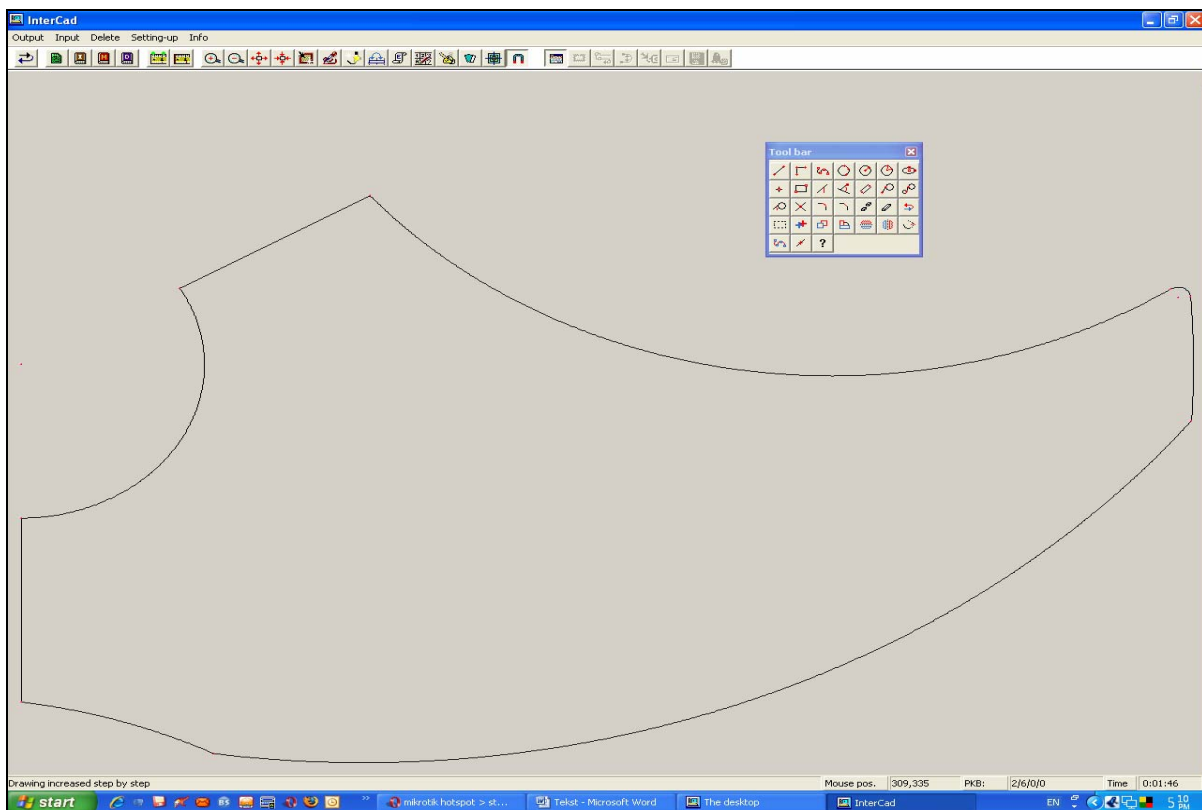
Slika 6. Import fajlova snimljenih u DXF formatu

Kada se izvrši import neophodno je proveriti da li kontura ima bilo kakvih nepravilnosti ili prekida kao što je u prethodnom delu teksta napomenuto. Svaki prekid u konturi crteža manifestuje se pojavom crvenih i zelenih tačaka koje ustvari predstavljaju tačke ulaza i izlaza alata u procesu sečenja (slika 7).



Slika 7. Pojava crvene i zelene tačke zbog prekida konture

Ukoliko je pravilno urađena priprema crteža u AutoCAD-u za izradu komada na Water jet-u, neće se pojaviti prekidi u konturi što se može videti na slici 8.



Slika 8. Izgled crteža u WRYKRYIS-u

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu, kroz primer, prikazano je korišćenje programa AutoCAD-a na mašini Water jet (2D). Mašina Water jet koristi program WRYKRYIS koji importuje crtež iz AutoCAD-a. Da bi crtež iz AutoCAD-a bio upotrebljiv, potrebno je izvršiti pripremu crteža, što je u ovom radu objašnjeno. Ne pripremljen crtež dovodi do velikih problema u proizvodnji.

LITERATURA

- [1] Radonjić. S., Kompjuterska grafika – primena AutoCAD –a 2000 , Tehnički fakultet, Čačak (2004).
- [2] Veliškova I., User manual for the program system of Wrykrys, Plzen (2003).

THE USAGE OF DRAWING DONE IN AUTOCAD FOR THE PRODUCTION OF THE PARTS ON MACHINE WATER JET

Abstract: In this work through example we explained the way AutoCAD drawing should be prepared for use in WRYKRYIS program for PTV Water jet (2D). This machine is used in the company „SLOVAS“ in Čačak.



N.Davidović, P.Miloš¹

PROFILISANJE LOPATICE ROTORA TRANSONIČNOG AKSIJALNOG KOMPRESORA TURBOMLAZNOG MOTORA

Rezime

Prikazano je profilisanje lopatice rotora transoničnog aksijalnog kompresora turbomlaznog motora. Osnovna karakteristika ovakve lopatice su tri režima strujanja po visini lopatice: koreni deo ima podzvučno strujanje, srednji presek prelazno, i pri vrhu-nadzvučno strujanje. Ovi režimi su nastali kao posledica želje da se postigne visok stepen sabijanja po stupnju povećanjem broja obrtaja. Kada se tome doda veliko skretanje duž međulopatičnog kanala, kao rezultat nastaje izrazito vitoperena lopatica koja je izložena velikim centrifugalnim silama. U radu je prikazana metodologija projektovanja i proračuna, kao i način profilisanja ovakve lopatice. Predloženi postupak je potvrđen u praksi.

Ključne reči: *lopatica, rotor, transonični kompresor, turbomlazni motor, CAD.*

1. UVOD

Specifičan rad aksijalnog kompresora je prema Ojlerovom izrazu proizvod obimne brzine i promene obimne komponente apsolutne brzine. Naime,

$$\frac{W}{m_v} = U \cdot \Delta C_u$$

gde je W rad kompresora (W), m_v -maseni protok vazduha (kg/s), U-obimna brzina (m/s) i ΔC_u -promena obimne komponente apsolutne brzine vazdušne struje (m/s).

Želja za smanjenjem gabarita, tj. povećanjem specifičnog rada kompresora dovela je brojeve obrtaja rotora na granice izdržljivosti postojećih materijala i geometriju lopatice učinila vrlo složenom. Lopatice rotora ovakvih kompresora moraju da se prilagode kontradiktornim zahtevima tehnologije proizvodnje, čvrstoće, performansi i konačno, raspoloživim sredstvima. Brzina opstrujavanja lopatice rotora kompresora se sastoji iz komponente koju predstavlja protok vazduha i prenosne komponente, koju predstavlja obimna brzina. Kako se obimna brzina menja duž visine lopatice, to lopaticu transoničnih kompresora karakterišu tri režima opstrujavanja po visini: podzvučni u korenu, prelazni na srednjem delu i nadzvučni pri vrhu lopatice. U radu je predstavljena metodologija projektovanja ovakve lopatice, a posebna pažnja je poklonjena profilisanju.

2. METODOLOGIJA PROJEKTOVANJA

Za proračun lopatice rotora je zamišljen logički redosled koji poštuje redosled hijerarhijske zavisnosti. Na slici 1 je prikazana šema proračuna. Na vrhu hijerarhije se nalaze tehnički zahtevi. Prema njima se izvodi gasodinamički proračun. Ova dva koraka su višeg reda u odnosu na sledeće. To znači da su oni poslednji koji se menjaju u iterativnom postupku projektovanja lopatice. Na osnovu gasodinamičkog proračuna se vrši profilisanje lopatice.

Tehnologija proizvodnje se određuje nakon profilisanja lopatice zbog toga što od karakteristike njihove geometrije zavisi i mogućnost i cena obrade određenom tehnologijom i određenim materijalom.

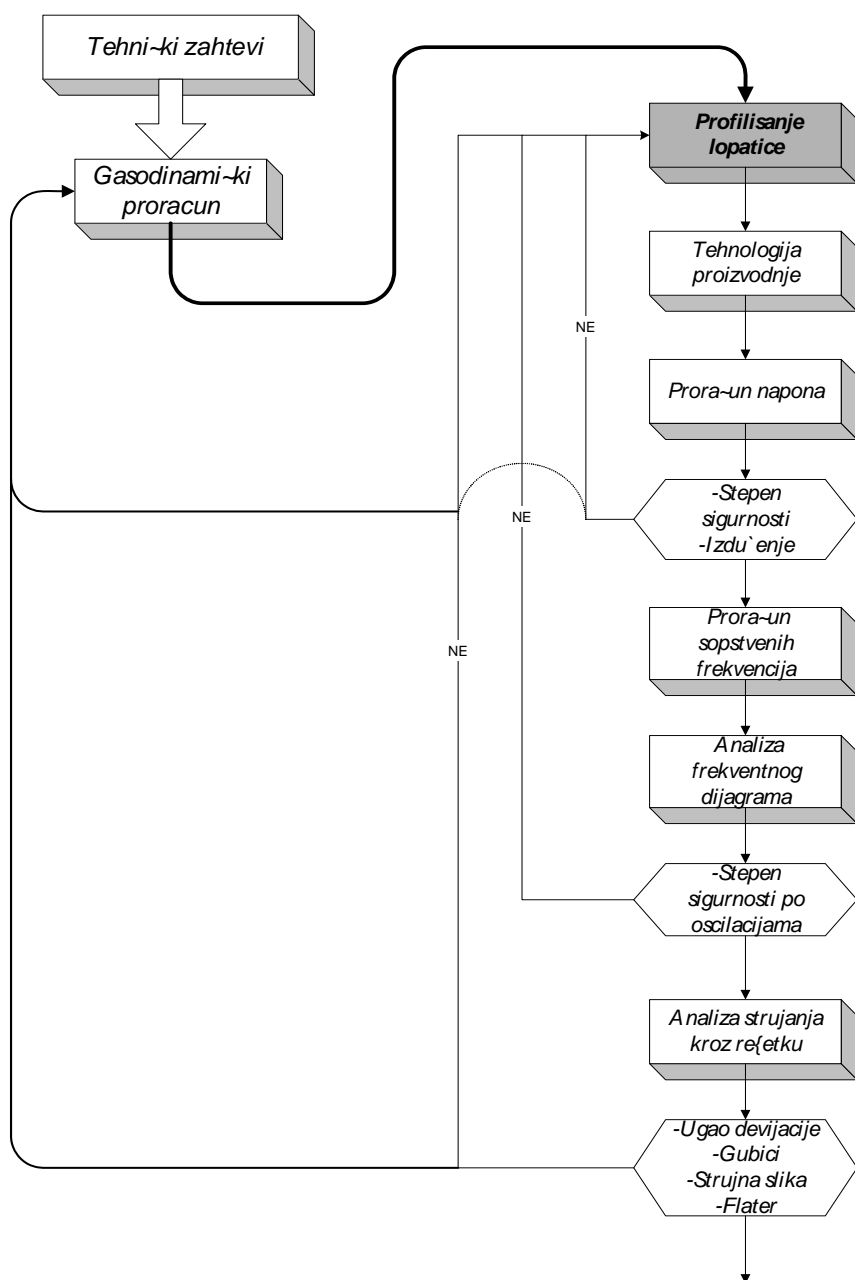
Nakon preračunavanja aerodinamičkih sila (preko brzina i pritisaka koji su poznati iz gasodinamičkog proračuna) određuje se naponsko-dilataciono stanje lopatice. Ukoliko nije zadovoljen projektni stepen

¹istr.saradnik dr Nikola Davidović, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, 8064380 edepro@eunet.yu
istr.saradnik dr Predrag Miloš, dipl. maš. inž., Mašinski Fakultet Beograd, 8064380 beker@eunet.yu

sigurnosti ili je izduženje nedopustivo dolazi do promene geometrije lopatice promenom raspodele mase duž radijusa (tj. ponovno profilisanje lopatice). Ako se iscrpe mogućnosti na ovaj način mogu se razmatrati alternativni materijali ili promene tipa aeroprofila, inače se mora korigovati gasodinamički proračun.

Sledeći korak predstavlja proračun sopstvenih frekvencija lopatice, zatim sledi njena frekventna analiza. U slučaju da nisu zadovoljena frekventna razdvajanja (ili frekventni stepeni sigurnosti) pristupa se ili promeni frekvencije pobudne sile (broja lopatica statora) ukoliko je to moguće ili promeni zakona promene mase lopatice, što pak znači ili ponovni gasodinamički proračun ili ponovni proračun naponsko-dilatacionog stanja lopatice.

Analiza strujanja kroz rešetku predstavlja kontrolu realnog međulopatičnog kanala (u gasodinamičkom proračunu je zastupljena 1D –lopatica). Ako strujna slika, gubici ili uglovi skretanja ukazuju na značajne promene u odnosu na gasodinamički proračun potrebno je ili ponovo profilisati lopaticu i ponoviti prethodne korake ili ponoviti gasodinamički proračun uzimajući u obzir veličine dobijene analizom strujanja (ugao devijacije, gubici) pa zatim ponoviti prethodne korake dok odstupanja rezultata analize strujanja ne budu dovoljno mala. U ovom koraku se proverava i mogućnost pojave flatera na minimalnim protocima (tj. najvećim napadnim uglovima). Kada lopatice zadovolje postavljene kriterijume sledi proračun diskova rotora.



Slika 1: Šema metodologije projektovanja

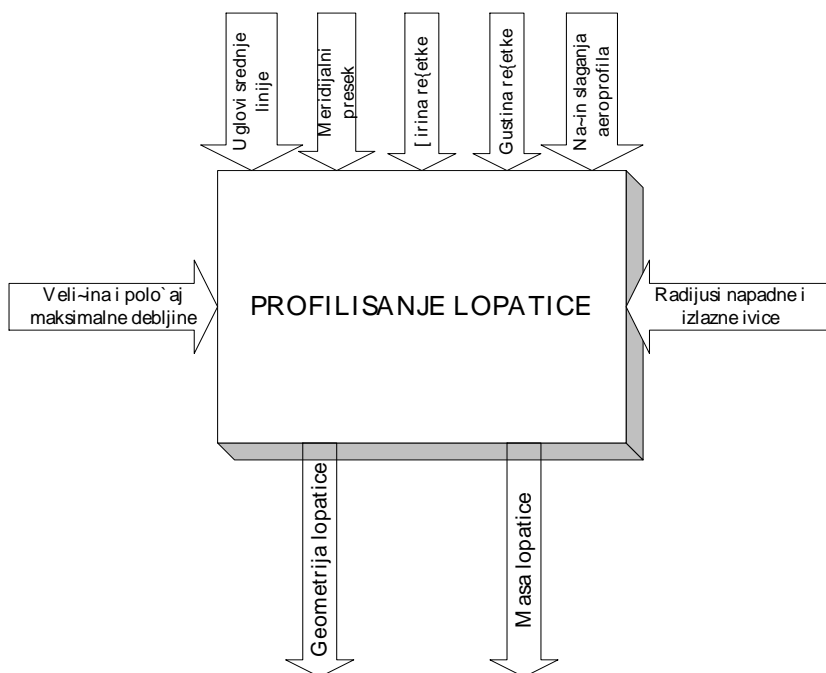
3. PROFILISANJE LOPATICE

Aeroprofil lopatica treba da odgovaraju uglovima dobijenim u gasodinamičkom proračunu kako bi lopatica mogla da izvrši namenjenu funkciju. Istovremeno, lopatica mora da zadovolji kriterijume tehnologije proizvodnje, čvrstoće i oscilacija. Posmatrajući sa aerodinamičke tačke idealna bi bila lopatica sa beskonačno tankim aeroprofilima. Sa aspekta čvrstoće postoji optimalna raspodela mase i momenata inercije duž radijusa pri kojoj je postignut zadani stepen sigurnosti pri minimalnoj masi. Za kriterijum oscilacija najvažniji je, pored materijala, zakon promene momenata inercije duž radijusa. Konačno, sa aspekta proizvodnje lopatica treba da je što prostije geometrije. Odatle sledi da profilisanje lopatica treba da uskladi zahteve koji su često kontradiktorni. Ukoliko kriterijumi aerodinamike, čvrstoće, oscilacija i tehnologije ne zadovolje prva promena se vrši upravo na profilisanju lopatice.

Izbor tipa aeroprofila, način profilisanja, kao i način slaganja aeroprofila zavise od uslova rada, dostupne tehnologije, mogućnosti projektovanja i izbora koncepcije.

Tip aeroprofila se bira u zavisnosti od uslova rada (subsonični, transonični, supersonični). Moguće je koristiti postojeće dostupne familije aeroprofila, a moguće je pristupiti samostalnom profilisanju. Naime, dok se o klasičnim profilima dosta toga zna o transoničnim i supersoničnim profilima nema toliko egzaktnih podataka.

Način profilisanja zavisi od mogućnosti kojima se raspolaže i od raspoloživog vremena. Ulazne veličine potrebne za profilisanje lopatice su prikazane na slici 2.



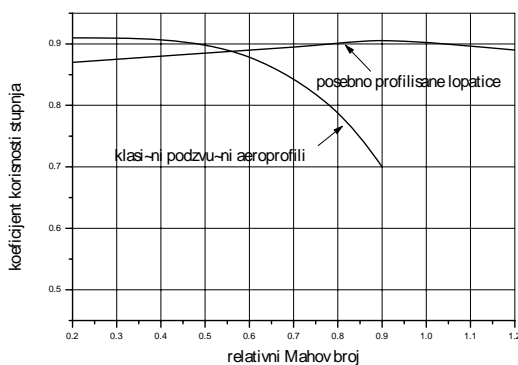
Slika 2: Šema ulazno-izlaznih veličina pri profilisanju lopatice

Na osnovu ovih veličina je moguće projektovati lopaticu. Veličine koje se dobijaju ovim proračunom su geometrija i masa lopatice. Kako se ovaj proračunski korak nalazi na početku lanca proračuna to će njegove izlazne veličine figurisati kao ulazne u neke kasnije korake.

3.1. Prikaz profilisanja

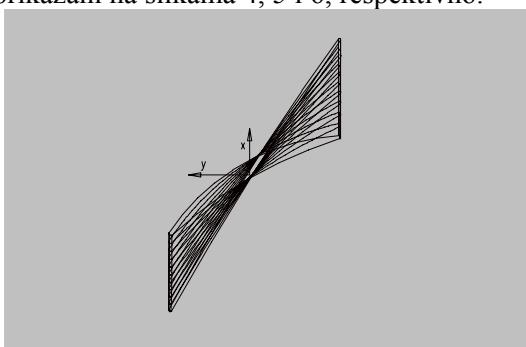
Prema gasodinamičkom proračunu kompresor je transoničan. Tipični preseki ovakvih lopatica se sastoje od dva ili više kružnih lukova. U konkretnom primeru odabran je dvolučni aeroprofil. To je jedan od prvih načina profilisanja transoničnih kompresora. Karakteriše ga jednostavnost i u projektnom i u tehnološkom smislu. Suština aeroprofila transoničnih kompresora je u balansu gubitaka: pri nailasku na lopaticu vazдушna struja ubrzava do grla u kome se dešava udarni talas; intenzitet gubitaka i interakcija sa graničnim slojem su proporcionalni Mahovom broju ispred udarnog talasa; što je manja zakrivljenost profila na ulazu to će struja manje ubrzati pa će i gubici u udarnom talasu biti manji; međutim, rad koji lopatica rotora treba da saopšti je proporcionalan skretanju struje što znači da je, zbog male zakrivljenosti prednjeg dela aeroprofila, potrebno veće skretanje struje nakon udarnog talasa, što opet, zavisno od izabranog rešenja, povećava opasnost od

otcepljenja ili povećava gubitke usled trenja. Poređenje koeficijenta korisnosti stupnja sa klasičnim i transoničnim profilima je prikazano na slici 3.

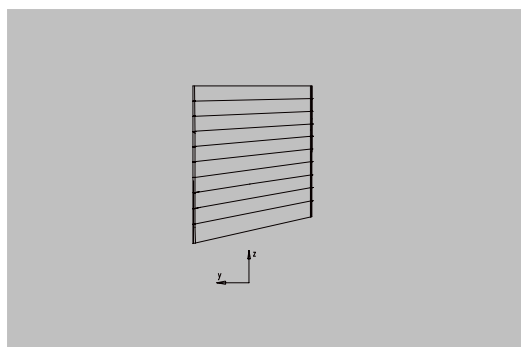


Slika 3: Poređenje klasičnih i transoničnih profila lopatice

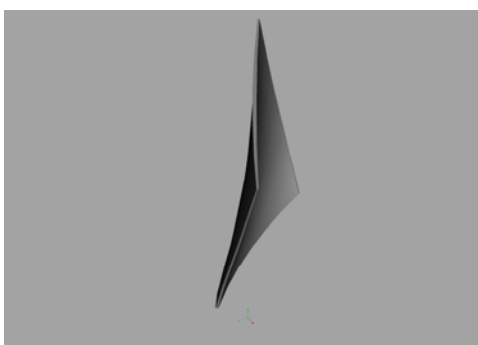
Na početku profilisanja lopatice poznat je izgled srednje linije. Potrebno je od srednje linije izgraditi aeroprofil, a zatim od aeroprofila lopaticu. Na definisanu srednju liniju se postavlja položaj i veličina maksimalne debljine, zadaju se vrednosti radijusa napadne i izlazne ivice, a zatim se iz uslova tangენტnosti dobijaju kružni lukovi koji zadovoljavaju postavljene uslove. Polazi se od korenog preseka čija se debljina bira prema preliminarnoj analitičkoj proceni napona, a zatim se bira željeni zakon raspodele debljine po visini lopatice. Kompresorske lopatice karakteriše približno linearan zakon raspodele. Poprečni preseki koji se nalaze u podnožju lopatice imaju maksimalnu relativnu debljinu karakterističnu za podzvučne aeroprofile što je diktirano zahtevima čvrstoće, dok su ostali preseki sa maksimalnom relativnom debljinom manjom od 4% na položaju 50% tetive i radijusima napadne i izlazne ivice manjom od 1.2%. Slaganje aeroprofila je izvršeno u odnosu na težište korenog preseka pri konstantnoj širini stupnja. Postavljanje profila po visini lopatice je izvršeno postavljanjem profila u ravni tangentnim na konuse pretpostavljenih strujnica iz gasodinamičkog proračuna. Prema predloženoj metodologiji, profilisanje lopatice je iterativan proces jer se geometrija usklađuje sa tehnologijom, čvrstoćom, frekventnim osobinama i performansama kompresora. Naravno, korišćenje računara pruža priliku da se ove iteracije obave vrlo efikasno. Program pomoću koga je izvršeno profilisanje lopatice je urađen analitički pomoću paketa Mathcad®, a slaganje profila u 3D-lopaticu pomoću programa Pro/ENGINEER®. Slaganje profila, postavljanje po visini i izgled projektovane lopatice su prikazani na slikama 4, 5 i 6, respektivno.



Slika 4: Slaganje profila u odnosu na koreni presek



Slika 5: Slaganje profila u po visini lopatice



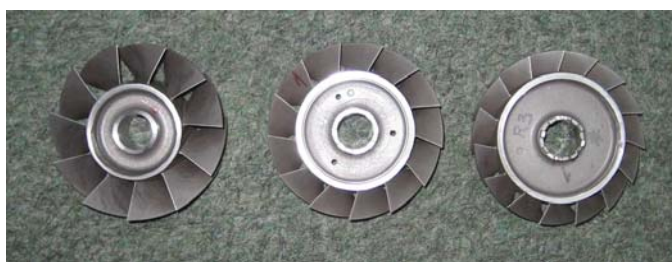
Slika 6: Izgrađena lopatica

4. IZVEDENI PROJEKTI

Prema predloženom načinu profilisane su lopatice kompresora turboblaznog motora TMM25. Kompresor je proizveden preciznim livom, pri čemu su diskovi i lopatice izliveni zajedno. Posle livenja na lopaticama se vrši samo brušenje gornjeg prečnika. Radni broj obrtaja kompresora je 86000^o/min, pri čemu je obodna brzina na vrhu lopatica 387m/s. Rezultujući napon u korenu lopatice prvog stupnja je oko 800MPa, a stepen sabijanja po stupnju približno 1.5. Gornji prečnik rotora kompresora iznosi 85.9mm, prvi stupanj apsorbuje 40kW, dok ceo kompresor apsorbuje 150kW. Odnos gabarita i apsorbovane energije ovog kompresora je vrlo visok. Kompresor je ispitan nezavisno i u sklopu motora. Izgled lopatica rotora 1. stupnja je prikazan na slici 7, a izgled rotora kompresora 1., 2. i 3. stupnja je prikazan na slici 8.



Slika 7: izgled lopatica 1. stupnja



Slika 8: 1., 2. i 3. stupanj rotora kompresora motora TMM25

5. ZAKLJUČAK

Prethodno izlaganje je jedan od načina kako profilisati lopaticu rotora transoničnog aksijalnog kompresora. Primenjena metodologija ima jasnu logiku i pruža priliku za nadogradnjom zavisno od specifičnog problema. Proces profilisanja je izvršen pomoću dostupnih programskih paketa koji rade i na kućnim računarima, a proces proizvodnje je prilagođen i ostvaren u domaćim uslovima. Naime, ostvarena je želja da je proizvodnja koncentrisana u krugu radijusa 200km sa centrom u Beogradu.

Predložena metodologija je rezultat zajedničkog rada i istraživanja u Laboratoriji za Mlaznu Propulziju Mašinskog Fakulteta u Beogradu i firmi EDePro iz Beograda, a potvrđena je proizvodnjom i ispitivanjem.

LITERATURA

- [1] Ю.Н.Нечаев, П.М.Федоров, Теория авиационных газотурбинных двигателей, часть I, машиностроение Москва 1977.
- [2] К.В.Холщевников, О.Н.Емин, В.Т.Митрохин, Теория и расчет авиационных лопаточных машин, машиностроение Москва 1986.
- [3] N.Davidović, Razvoj inženjerske metodologije projektovanja aksijalnog turbokompresora jednovratilnog turboblaznog motora-Magistarski rad, Mašinski Fakultet Beograd, 2000.
- [4] A.J.Wennerstrom, Design of highly loaded axial-flow fans and compressors, Concepts ETL, Inc., 2000.

MODELING OF TURBOJET TRANSONIC AXIAL COMPRESSOR ROTOR BLADE

Summary

Modeling of turbojet transonic axial compressor rotor blade has been shown. These blades are characterized with three different flow regimes along their height: root area is characterized with subsonic flow, middle area with transonic and tip area with supersonic flow. These regimes originate from designers desire for increasing the pressure ratio per stage by increasing the rpm. Together with great flow deflection through the blade channel it results in highly twisted blade exposed to high centrifugal forces. Paper presents methodology of design and calculation, as well as manner how to model such a blade. Proposed procedure was verified in practice.

Key words: *blade, rotor, transonic compressor, turbojet engine, CAD.*



PRIMENA AUTOCAD-a U CRTANJU ELEKTROINSTALACIONIH SHEMA

dr Petar Nikšić¹

Rezime: Rad prikazuje jednostavan način kreiranja blokova raznih elemenata potrebnih za jedan kompletan elektroenergetski projekat, sa pripadajućim jednopolnim šemama. Akcenat je dat na objašnjenje brzog načina pristupa određenim blokovima iz bilo kog otvorenog ili neotvorenog crteža, zatim na način i mesto memorisanja grupe istorodnih blokova, a potom na kreiranje posebnih paleta od blokova preko kojih se dolazi do željenih informacija. Rad pretpostavlja da se dobijaju gotove građevinske osnove urađene u AutoCAD-u. Blokove je često potrebno predefinisati kako u pogledu imena tako i u pogledu veličine, pa će biti prikazan postupak kako od jednom napravljenog bloka lako dobijamo blok drugih karakteristika. Na kraju rada prikazani su primeri shema električnih instalacija urađenih u AutoCAD 2004.

1. KREIRANJE BLOKOVA ZA KUĆNU INSTALACIJU

Značajan deo efikasnosti crtanja na računaru potiče od mogućnosti da se od grupe objekata napravi jedan objekat i da se taj objekat koristi ponovo, ili da se izveze u drugi crtež. U AutoCAD-u se ove grupe objekata nazivaju blokovima (block). Generalno objekti koji najviše odgovaraju za blokove su one komponente koje se često ponavljaju na crtežu, kao što su na primer: vrata, prozori, sanitarije, utičnice, prekidači, sijalice i td.

Napomenuću da je veličina ovde kreiranih blokova prilagođena faktoru razmere 1:100, koja se često koristi prilikom štampanja građevinskih osnova sa pripadajućim elektroenergetskim šemama. Ovakav pristup ne mora biti pravilo, ali je po mom mišljenju vrlo prihvatljiv, naročito ako imamo u vidu da se već kreirani blok može lako modifikovati i prilagođavati drugim faktorima razmere. Izabrani su **cm** kao jedinica mere, iz razloga što su to najčešće jedinice u kojima rade građevinski inženjeri.

Moje je mišljenje da je sve istorodne blokove najbolje kreirati i držati u jednom crtežu radi najlakše deobe informacija između kasnijih radova. Drugi pristup bi bio da se blokovi pojavljuju kao pojedinačne datoteke pa samim tim je i njihovo ubacanje u neke nove crteže nešto komplikovanije.

Na crtežu **blokovi kućne instalacije**, na Sl.1., prikazano je nekoliko blokova koji su potrebni prilikom izrade jednog projekta kućne elektroinstalacije.

1.1. Kreiranje bloka za vrata

Kada pravimo blok treba da kreiramo njegovu definiciju. U pitanju je entitet koji se ne vidi, čuva se u okviru crteža i koji se sastoji od: imena bloka; tačke umetanja, koja nam pomaže da postavimo blok na crtež i od objekata koji su grupisani u blok. U toku rada sa komandom **Make Block** ćemo morati da definišemo svaku od ovih stavki. Kada se komanda završi, blok je sačuvan u okviru tog crteža. Objekte (blokove) kasnije možemo da ponovo umećemo na crtež, preko komande **Insert Block**.

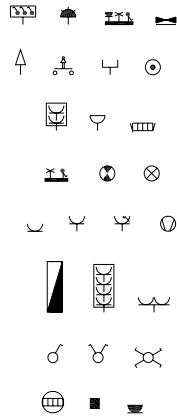
Pre nego što kreiramo blok, moramo da pogledamo nivoe na kojima se objekti nalaze. Kada se objekti koji se nalaze na nivou 0, grupišu u blok, oni će preuzeti boju i tip linije onog nivoa koji bude tekući u trenutku

umetanja bloka. Objekti koji se nalaze na drugim nivoima, zadržavaju osobine nivoa na kojima su se nalazili, bez obzira na boju i tip linije tekućeg nivoa. Ovim se nivo 0 razlikuje od ostalih nivoa.

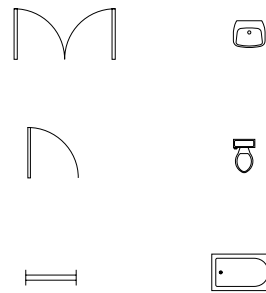
Prilikom definisanja bloka, mi moramo da odlučimo koji objekti, a koji će biti u bloku, treba da budu na nivou 0, pre nego što se ubace u blok. Ako će blok uvek biti na istom nivou, objekti koji ga čine mogu da ostanu na istom nivou. Sa druge strane, ako se blok kasnije umeće na različite nivoe, objekti koji se u njemu nalaze treba da se prebace na nivo 0, pre nego što se ubace u blok, tako da se kasnije izbegne konfuzija sa bojama i tipovima linija.

Na crtežu **blokovi građevinske osnove** prikazanom na Sl.2 je kreirano nekoliko osnovnih blokova koji se najviše koriste, a u daljem tekstu ću na bloku **vrata 100** objasniti princip kreiranja bloka.

¹ Dr Petar Nikšić, profesor, Viša Tehnička škola, ul. Svetog Save 65, 32000, Čačak, tel./fax 032/222321; Privatna adresa: ul. Takovska 2, Čačak, tel. 032/344263 i 064/2019684, e-mail: niksap1@ptt.yu



Sl.1 Blokovi kućne instalacije



Sl.2 Blokovi građevinske osnove

Ovaj blok se sastoji iz dva objekta i to iz pravougaonog dela i luka. Pravougaonik crtamo sa komandom **Rectangle** sa paleta **Draw**. On je dimenzija 5 x 100 cm. Luk se crta komandom **Arc**. Iz palete **Draw** izaberemo opciju **Arc – Start, Center, Angle**, što znači da ćemo naš luk definisati preko početne tačke, centra luka i ugla rotacije. Na komandnoj liniji će se pojaviti odziv: **arc Specify start point of arc or (Center)**. Kao početnu tačku luka (opcija endpoint osnap mora biti uključena), biramo gornju levu tačku našeg pravougaonika (dovratka), zatim zadajemo centar luka, a to je donja leva tačka pravougaonika, i kao ugao rotacije unosimo – 90,pa **Enter**. Time je luk kompletan a komanda **Arc** je završena.

1. Kliknemo dugme **Make Block** sa palete **Draw**. Otvoriće se okvir za dijalog **Block Definition**. Primetićemo da se kursor nalazi u polju za unos teksta **Name**. Unesemo **vrata 100**, ali ne pritiskamo **Enter**.

2. Kliknemo dugme **Pick Point** u delu **Base Point**. Okvir za dijalog će se privremeno izgubiti, a mi ćemo se vratiti na crtež.

3. Potrebno je da zumiramo prostor na vratima. Na crtežu kliknemo dugme **Zoom Window** sa palete **Standard** i napravimo prozor oko vrata. Prostor ovog prozora će se proširiti po celom ekranu.

4. Pomerimo kursor do vrata i postavimo ga blizu tačke sa šarkama. Kada se u toj tački pojavi kvadratić kliknemo. Na taj način smo izabrali baznu tačku bloka, nakon čega će se ponovo pojaviti okvir za dijalog **Block Definition**.

5. Kliknemo dugme **Select Objects** u delu **Objects**. Ponovo ćemo se vratiti na crtež. Kursor će promeniti oblik u kvadratić za izbor, a na komandnoj liniji će se pojaviti odziv **Select Objects**.

6. Izaberemo vrata i njihov luk, a onda pritisnemo **Enter**. Vratitićemo se u okvir za dijalog **Block Definition**. Na dnu dela **Objects** je prikazan broj izabranih objekata. Odmah iznad njega se nalaze tri radio dugmeta. Ako nije već izabrano, kliknemo dugme **Delete**.

7. Na kraju ćemo proveriti da li je u sredini okvira za dijalog izabrano polje **Create Icon From Block Geometry**, a onda kliknemo **OK**. Okvir za dijalog će se izgubiti. Vrata i njihov luk će biti obrisani.

Tri radio dugmeta u delu **Objects** okvira za dijalog **Block Definition**, predstavljaju opcije koje su na raspolaganju za objekte koji se prebacuju u blok.

Opcija Retain Objekti ostaju bez bloka. Koristićemo je ako želimo da od istog skupa objekata napravimo nekoliko sličnih blokova. **Opcija Convert to Block** Objekti postaju deo bloka. Koristićemo ovu opciju ako se geometrija bloka poklapa sa objektima koji čine blok. **Opcija Delete** Objekti se automatski brišu nakon što blok definišemo. Koristićemo je ako se blok nakon toga koristi sa različitom razmerom, orijentacijom ili lokacijom u odnosu na objekte koji ulaze u blok. Time je završeno kreiranje bloka po imenu **vrata 100**.

Namerno je izabrana širina vrata 100 cm da bi se kasnije prilikom ubacivanja ovog bloka preko različitog faktora razmere mogla dobiti vrata bilo koje širine. To može poslužiti kao ideja u kreiranju bilo kojih blokova koji se ubacuju sa različitim faktorima razmere.

Na sličan način su kreirani svi blokovi u ovom radu, tako da nije potrebno pojedinačno objašnjavanje za svaki od njih, bilo da se radi o blokovima za instalaciju, blokovima građevinske osnove ili blokovima za jednopolne šeme.

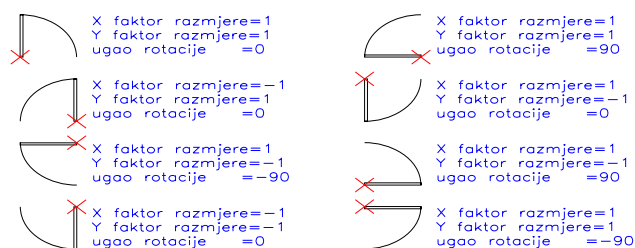
2. UMETANJE BLOKOVA

Svaki put kad je blok umetnut, imamo mogućnost da zadamo sledeće opcije. Ove opcije možemo da zadamo i u okviru za dijalog **Insert**: položaj tačke umetanja za blok; X i Y faktore razmere; Z faktor razmere u okviru za dijalog (koristi se samo za 3D crteže) i Ugao rotacije.

Faktor razmere u X pravcu kontroliše veličinu bloka po horizontali kao i njegovu orijentaciju. Faktor razmere u Y pravcu je isti kao i u X pravcu, osim ako ga sami ne promenimo.

Ako prilikom umetanja bloka zadamo vrednost od -1 za X ili Y faktor razmere, dolazi do preslikavanja bloka, slično onome što radi komanda **Mirror**. Pošto možemo da rotiramo ili preslikavamo blok prilikom umetanja, on se može koristiti za postavljanje vrata i luka proizvoljne veličine, bez obzira na orijentaciju.

Da ne bih posebno objašnjavao različite situacije prilikom umetanja blokova, to ću na primeru bloka **vrata 100** prikazati gotovo sve situacije sa pozitivnim i negativnim vrednostima X ili Y faktora razmere kao i različitim uglovima rotacije. To je prikazano na crtežu **umetanje bloka vrata**, prikazanog na Sl.3.



Sl.3. Umetanje bloka vrata

Prilikom umetanja bloka pokrećemo opciju **Insert block**, kada se otvori okvir za dijalog **Insert** na njegovom vrhu se u listi **Name** nalazi lista svih blokova sa tekućeg crteža. Treba proveriti da li je opcija **Specify on-screen** potvrđena za sva tri dela jer nam to omogućava da mi sami određujemo tačku umetanja za blok, faktor razmere, ugao rotacije. Ako polje **Explode** u donjem levom uglu potvrdimo tada će svaki blok prilikom umetanja u tekući crtež biti rastavljen na sastavne elemente pa se ova opcija najčešće ne koristi, jer blok možemo i kasnije rastavljati.

3. PROMENA BLOKA

Blokovi mogu da se premeštaju, rotiraju, kopiraju, brišu, da im se menja razmera, a mogu i da se rastavljaju. Na njih se ne primenjuje komanda Trim, Offset, ili Fillet. Takođe ne možemo da obrišemo delove bloka, ili da iste pomeramo. Svi objekti u bloku su celina, i ponašaju se kao jedan objekat.

Ako treba preraditi blok koji smo koristili već prilikom umetanja tako da napravimo novi blok sa različitim parametrima to možemo odraditi na više načina a ovde ću istaći najjednostavniji od njih. Ubacimo u otvoreni crtež poznati blok sa razmerom X, Y i uglom rotacije prema našim potrebama na novom crtežu. Da bi mogli od tog bloka napraviti drugi blok potrebno ga je sa opcijom **Explode** rastaviti na sastavne delove a zatim pristupiti kreiranju novog bloka na indetičan način kako je objašnjeno u poglavlju 2. Tom novom bloku zadamo i neko novo ime po kome će se razlikovati od starog bloka iz kojeg je proizašao.

Nešto složeniji oblik promjene definicije bloka može se odraditi sa alatima iz palete **Refedit**. Međutim ova promena je dobra u slučajevima kada hoćemo da promenimo već ubačene blokove na jednom crtežu, pa se samim tim i koristi u složenijim projektovanjima, tako da se nakon promena definicija željenog bloka ponovo definišu i ažuriraju svi ubačeni blokovi.

4. GRUPISANJE ISTORODNIH BLOKOVA

Već samo naglasio da je možda najprikladniji način čuvanja istorodnih blokova u jednom crtežu kao što je to i u ovom radu urađeno sa crtežima (dwg datotekama): blokovi kućne instalacije, blokovi građevinske osnove, blokovi za jednopolne šeme,...

Od ovako kreiranog crteža sa blokovima lako je kreirati novu **paletu** sa istim blokovima (ne mora sa svim blokovima), pod željenim imenom, a kojoj se pristupa sa palete standard opcijom **Tool Palettes**. Novu paletu kreiramo na sledeći način:

- Sa palete **Standard** izaberemo dugme **DesignCenter**. Otvara se **DesignCenter**. Ako već nije pričvršćen pričvrstićemo ga sa lijeve strane prostora za crtanje. Sa leve strane u **DesignCenter-u**, u Folder List pronaći ćemo crtež **blokovi kućne instalacije**. Kada ga pronađemo kliknemo znak + sa leve strane. Ispod crteža će se prikazati lista sa sadržajem koji postoji u ovom crtežu;

- Iz liste izabiramo opciju **Blocks**. Sa desne strane **DesignCenter-a** će se prikazati blokovi koji postoje u ovom crtežu. Kliknućemo strelicu na dugmetu **Views** u gornjem desnom uglu i izabraćemo opciju **List**. Izaberemo prvi blok u listi, držimo pritisnut taster **Shift** i kliknemo poslednji, da bismo izabrali svaki blok. Kliknemo desnim tasterom miša i iz pomoćnog menija izabraćemo **Create Tool Palette**. Napraviće se nova paleta. Na njoj će se prikazati mali prozor sa istaknutim tekstom, u kome možemo da unesemo ime palete;

- Unesemo željeno ime. Paleta sada ima ime koje će se pojaviti na kartici. Blokove iz crteža **blokovi kućne instalacije** možemo sada da koristimo u bilo kom crtežu.

5. KORIŠĆENJE DEFINISANIH ENTITETA ZA NOVE CRTEŽE

Većina entiteta sa crteža se mogu prebaciti u drugi crtež. Postoji nekoliko načina da se to uradi u zavisnosti od vrste entiteta koji treba da se prebace. Blokovi i linije se mogu prevući sa jednog otvorenog crteža na drugi, ako se oba crteža vide na ekranu. Nivoi, blokovi i ostali objekti koji imaju ime, mogu da se kopiraju iz zatvorenog u otvoreni crtež, preko **DesignCenter-a**.

5.1. Rad sa AutoCAD-ovim DesignCenter-om

DesignCenter je alat koji služi za kopiranje objekata koji imaju imena (blokovi, nivoi, stilovi teksta i sl.) sa jednog otvorenog crteža na drugi koji nije otvoren. Linije, krugovi i ostali objekti koji nemaju imena ne mogu da se kopiraju, osim ako nijesu dio bloka. Ovo ću demonstrirati prebacivanjem nekih nivoa i blokova sa crteža **blokovi građevinske osnove** u crtež **Drawing1**.

- Zatvaramo blokove građevinske osnove. Nećemo da pamtimo promene. Povećavamo prozor za **Drawing1**, ako već nije povećan, do maksimuma. Kliknemo dugme **Design Center** sa palete **Standard**. Ono se nalazi sa desne strane dugmeta **Properties**. Na ekranu će se pojaviti **Design Center**. On može biti pričvršćen ili pokretan. Kliknemo dugme **Tree View Toggle** (četvrto dugme sa desne strane) nekoliko puta, da bismo zatvorili i otvorili dijagram fascikli. **Design Center** može da se menja po veličini po horizontali (i po vertikali, ako je pokretan), a mogu da se menjaju i paneli koji se u njemu nalaze. Ostavimo **Tree View** otvoren;

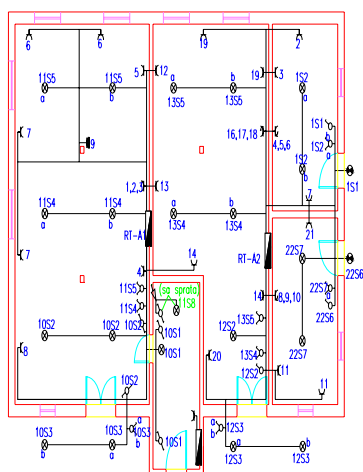
- Pomoću iste procedure koju koristimo u **Windows Explorer-u**, pronačićemo svoju fasciklu. Kada pronađemo fasciklu kliknemo znak + sa leve strane fascikle, da bismo je otvorili. Sa leve strane se sada prikazuje lista crteža koji se nalaze u toj fascikli. Izaberemo datoteku **blokovi građevinske osnove**, a sa desne strane se prikazuju tipovi objekata u crtežu **blokovi građevinske osnove**, koji mogu da se kopiraju na drugi crtež (u ovom slučaju **Drawing1**). Sa leve strane u **DesignCenter-u** kliknemo **Blocks** u listi ispod crteža **blokovi građevinske osnove**. Sa desne strane će se prikazati lista blokova u tom crtežu;

- Kliknemo dugme **Preview** na vrhu **DesignCenter-a**, a onda kliknemo **vrata 100**. U donjem desnom uglu **DesignCenter-a** će se prikazati slika bloka. Prozor sa prethodnim pregledom može da se menja po veličini. U **Design centru** kliknemo levim tasterom miša i prevučemo **vrata 100** iz liste na crtež. Kada kursor dođe na crtež, pojaviće se blok **vrata 100**. Pomoću kriterijuma **Endpoint Osnap** postavimo blok na željeno mesto. Kliknemo ikonu **Close** u gornjem desnom uglu da bismo zatvorili **Design Center**.

5.2. Rad sa paletama

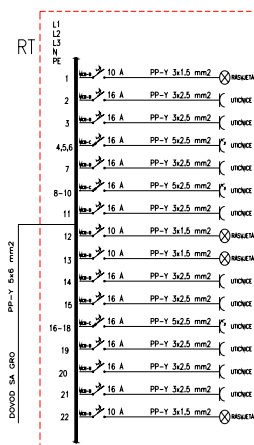
Otvorimo neki postojeći ili novi crtež. Sa palete **Standard** otvorimo **Tool Palettes**. Sa desne strane prostora za crtanje se prikazuju palete. Sa leve strane su prikazane kartice koje govore koje palete su na raspolaganje za korišćenje, a sa desne je zaglavlje sa kontrolnim ikonama. Kliknemo karticu **blokovi kućne instalacije** i na paleti će se prikazati njegov sadržaj sa svim blokovima. Preko klizača pored zaglavlja možemo doći do bilo kog željenog objekta sa palete. Postavimo kursor na neki blok, kliknemo desnim tasterom miša i izaberemo opciju **Properties** i otvara se okvir za dijalog **Tool Properties**. U njemu su prikazane sve informacije o ovom bloku. Zatvaramo ovaj okvir za dijalog. Ako hoćemo da neki od blokova ubacimo na tekući crtež, dovoljno je samo kliknuti na taj blok, taj blok će se vezati za kursor i prenesemo ga na željeno mjesto na crtežu. Njegovim prenošenjem prenesene su i sve njegove definicije na novi crtež, tako da se on sada može pozvati preko opcije **Insert Block** tekućeg crteža.

6. UMETO ZAKLJUČKA-PRIMERI SCHEMA URAĐENIH U AUTOCAD-u

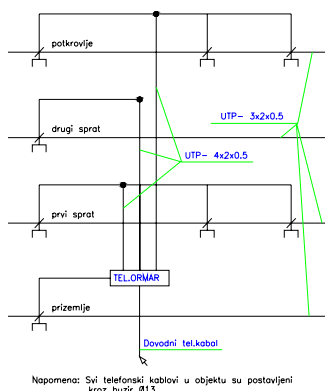


Sl.4 Shema elektroinstalacije jednog sprata

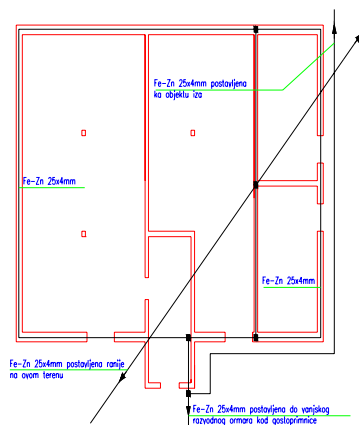
JEDNOLINJSKA SCHEMA RT-A2



Sl.5. Jednopolna shema razvodne table



Sl.6 Jednopolna shema telefonske instalacije



Sl.7 Shema temeljnog uzemljivača

Abstract: In this paper, we have presented a simple way of creating blocks made of different elements needed for a complete electroenergetic project, with relevant single line schemes.

We have emphasized the explanation given for the fast method of approach to the blocks of any open or closed drawing, then the way and the place of memorising the group of the single line blocks. And finally, creating a special part of blocks used for giving certain data. In the paper, it is assumed that the paperwork basics have already been done in AUTOCAD. The blocks are often to be predefined as far as the name and the size are concerned, and we will show the method how to use the already given block to create a block of new characteristics. In the end, the examples of the schemes of electrical installations made in AUTOCAD 2004 have been shown.

LITERATURA:

1. Omura G., *AutoCAD 2000*, Kompjuter biblioteka, Čačak, 2002.
2. Grabowski R., *Vodič kroz AutoCAD 2004*, Napredne tehnike, Beograd, 2005.
3. Frey D., *AutoCAD 2004 i AutoCAD LT 2004*, Kompjuter biblioteka, Čačak, 2004.
4. Finkelstein E., *AutoCAD 2004 Biblija*, Napredne tehnike, Beograd, 2005.
5. Marinković B., Nikšić P., *Tehničko crtanje i kompjuterska grafika- II izdanje*, VTŠ, Čačak, 2005.



MODELIRANJE ALATA ZA PROBIJANJE I PROSECANJE

Prof. dr Damnjan Radosavljević¹

Prof. dr. Stjepan Panić²

Milija Strugarević³

Rezime

Cilj ovog rada je direktan pristup predstavi 3D modeliranje u program za prostorno modelovanje alata za probijanje i prosecanje u CAD 3D.

AutoCAD 3D za modeliranje

Programski paket AutoCAD je već odavno poznat kao jedan od najviše primjenjivanih softverskih alata za crtanje i projektovanje u raznim oblastima. Postoji veoma mnogo literature koja obrađuje, kako samu primenu AutoCAD-a, tako i njegovo prilagođavanje raznim oblastima inženjerske prakse. Primena AutoCAD-a u mašinstvu smatra se jednom od osnovnih primena ovog softverskog alata.

Međutim, najčešća primena AutoCAD-a u mašinstvu izražena je u zameni klasičnog tehničkog crtanja savremenijim načinom, dakle, ograničena na dvodimenzionalne tehničke crteže i projekte, rađene u metodi 2D. Može se reći i da je to normalno, jer se smatra da je on tome i namenjen, jer za neke druge zahteve postoje specijalizovani programski paketi.

Doduše, i u 2D primeni AutoCAD-a postoji opcija koja služi izometrijskom predstavljanju mašinskih elemenata, ali, to je samo po sebi takođe dvodimenzionalan pristup kojim se pokušava "imitirati" treća dimenzija. Prikazivanje tela u prostoru, u svom punom obliku i u sve tri dimenzije predstavlja posebnu oblast u radu pomoću programa AutoCAD. Jasno je da je ova oblast crtanja znatno složenija od ravanskog crtanja, ali zato omogućuje da se stekne slika o stvarnom obliku i formi objekta.

Ranije verzije ovog programskog paketa imale su 3D modeling kao dodatnu opciju, i svi alati koji su se koristili spadali su u bazu standardnih alata. Tela koja je trebalo predstaviti u tri dimenzije, trebala su biti sastavljena od primitiva (solida) kojih je bilo šest i to: kvadar– kocka, lopta, valjak, konus, klin i torus. Prelaz iz dvodimenzionalnog u trodimenzionalno okruženje izvršavao se u okviru iste ekranske postavke, sa dodavanjem paleta alata koje su potrebne za trodimenzionalni modeling.

U novim verzijama ovog programskog paketa vidljiva je želja autora da posebnu pažnju poklone 3D modelingu. Naročito je to vidljivo u verziji AutoCAD 2007, gde je primenjen potpuno novi pristup trodimenzionalnom modeliranju tako što je programski paket urađen tako da su strogo razdvojene opcije dvodimenzionalnog prikaza (ovde je nazvan "Classic CAD") i opcije 3D (nazvate "3D Modeling"). U delu programa koji se zove "Classic CAD" nisu učinjeni nikakvi značajni pomaci u odnosu na ranije verzije te se rad odvija u poznatom okruženju starijih verzija, dok se prelaskom na 3D potpuno menja paleta alata tako da se sa desne strane ekranskog prostora pojavljuju svi alati koji bi se mogli primeniti u ovoj vrsti modelinga, a da se ne pozivaju posebno iz ponude standardnih "toolbarova". Radno okruženje ostaje i bez standardnog toolbara "Object Properties" koji nestaje i samo se u ostalim toolbarovima pojavljuje "Leyer Manager".

¹ Prof. dr Damnjan Radosavljević, Viša poslovno tehnička škola, Užice. Tel. 033/52830, E-mail damnjan@verat.net

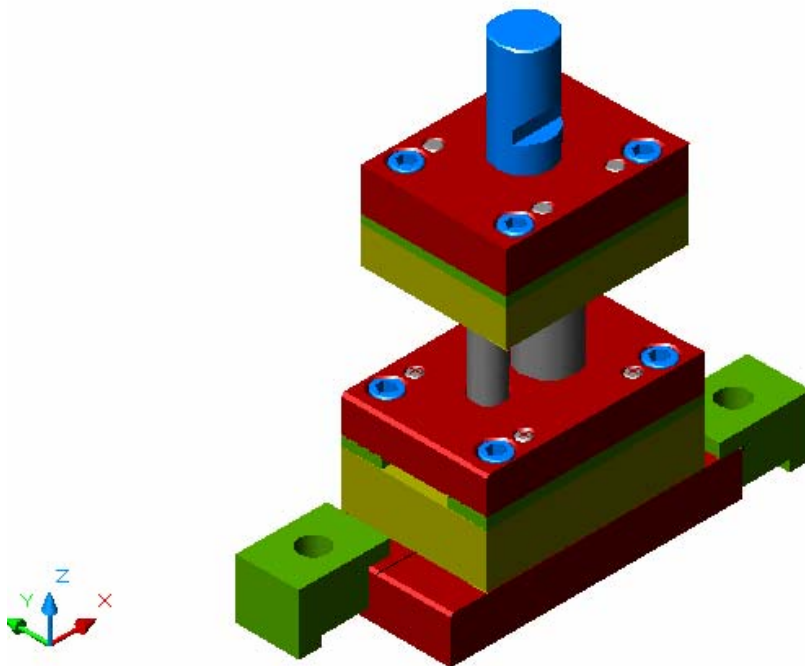
² Prof. dr. Stjepan Panić, Viša poslovno tehnička škola, Užice. Tel. 031/512013, E-mail vtsuyice@eunet.yu

³ Milija Strugarević, student III godine VPTŠ, Užice

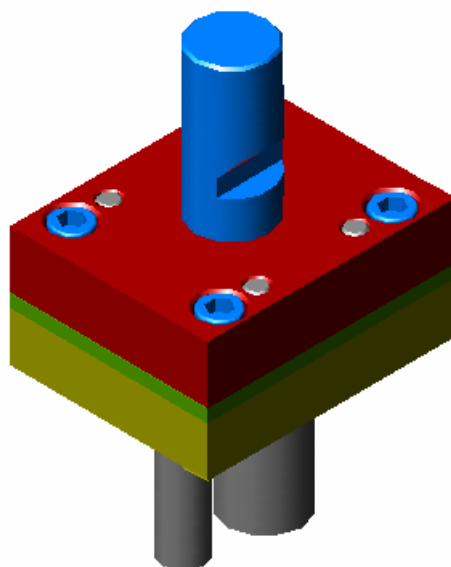
Dok se u ranijim verzijama trodimenzionalna slika dobijala uz pomoć žičanih modela i opcije "Hidden", u ovoj verziji je ponuda vizuelnih stilova porasla na pet, među kojima se izdvaja "Realistic", po tome što daje najrealniju sliku o obliku i formi objekta. Takođe, lista primitiva (solida) u "Modeling" meniju povećala se, pa uz već postojećih šest, egzistira još pet novih baznih oblika ("Cylindrical helix", "2D spiral", "Eliptal Cylinder", "Frustum Cone", i "Frustum pyramid", to jest redom: Zavojnica oko cilindra, spirala, elipsasti cilindar, zarubljena kupa i zarubljena piramida). Pored toga, uvedene su i mnoge opcije koje se odnose na prikaz kao što su mnogobrojni alati za kreiranje i rad sa svetlom koje pada na objekat, alati za promenu ugla posmatranja, pozicije "kamere" i slični.

Može se postaviti pitanje zašto koristiti AutoCAD za 3D modeling, kada postoje specijalizovani programi za to (kao što su "Mechanical Desktop", "3D Max"...)? Mislím da je prednost AutoCAD-a u njegovoj rasprostranjenosti. Svi programi koji se bave tom oblašću su, ipak, previše specijalizovani i nedostupni široj populaciji, naročito srednjoškolskoj i studentskoj. AutoCAD možda nije toliko savršen za 3D, ali, bilo ko se ikada bavio nekom vrstom tehničkog projektovanja, morao je savladati AutoCAD, i u toj bazi nalazi se opravdanje njegovog korišćenja u pomenute svrhe.

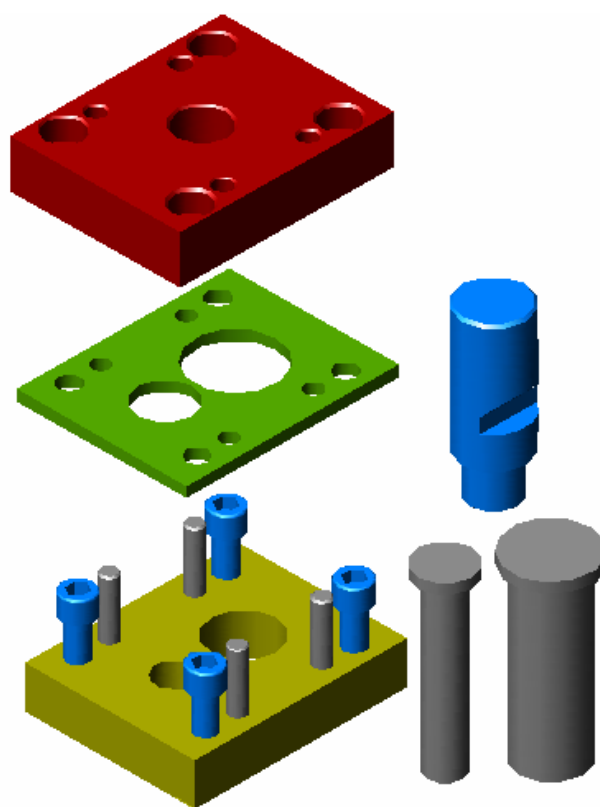
Moguća manipulacija entitetima u okviru sklopa, njihovo izdvajanje iz celine, kao i prikazivanje izdvojenih delova zasebno (kao poseban prikaz ili tehnički crtež), predstavlja znatno olakšanje u prikazivanju sklopa, podsklopova i posebnih pozicija.



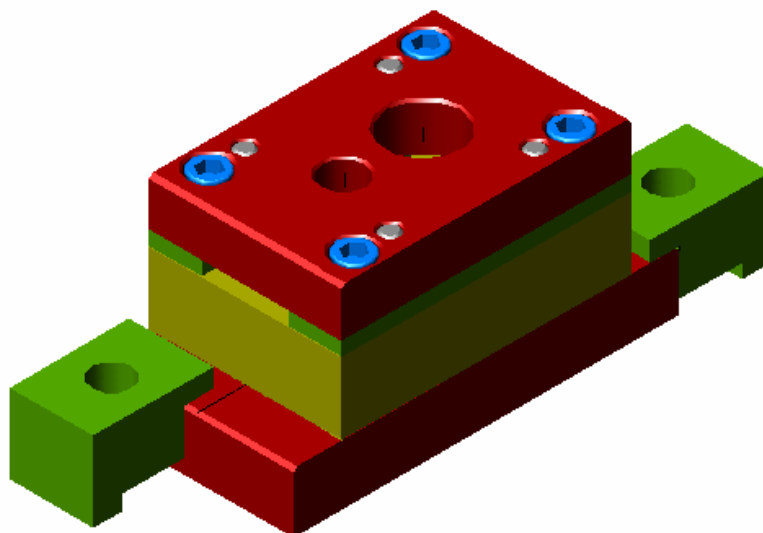
Sklopni crtež



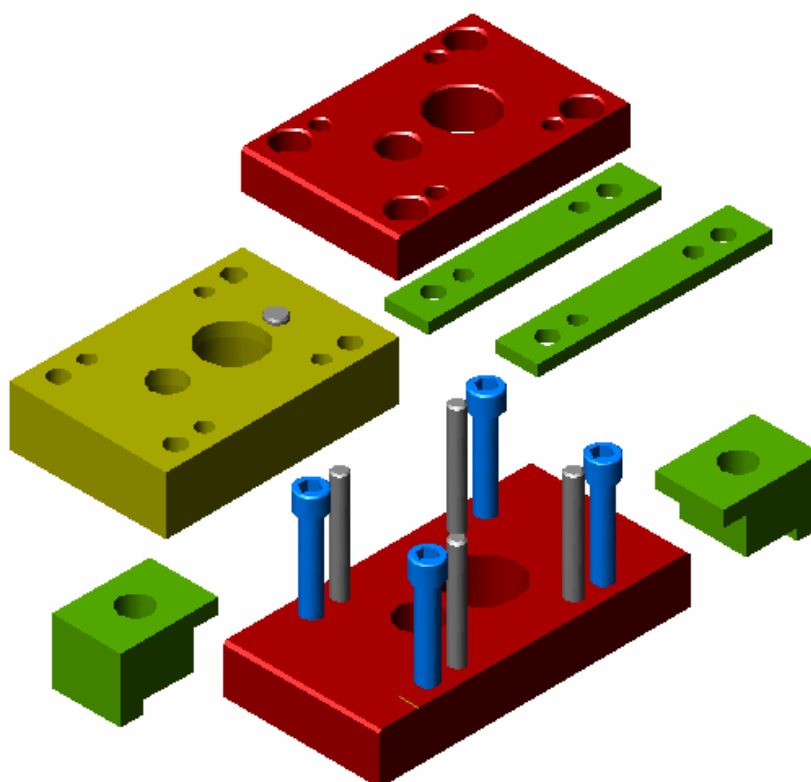
Gornji deo alata



Gornji deo alata u delovima



Donji deo alata



Donji deo alata u delovima

Literatura

1. Radosavljević, D, Panić, S,: Komjuterska grafika, Sven, Niš, 2004.
2. Sokić, M, Radosavljević, D,: Tehničko crtanje i komjutersko projektovanje (CAD-3D), Sven, Niš, 2006.
3. Radosavljević, D, Sokić, M,: Praktikum za vežbe iz tehničkog crtanja sa teorijskim osnovama (CAD-2D), Sven, Niš, 2006.
4. Mechanical Dekstop, AutoDesk-ov, zvanični udžbenik za obuku, Beograd, 2002.

Abstract :

Turn upon inst road stead is random access perform 3D breadboarding within programme it spatially modelovanje tool angina it making ha breach and stamping mashine CAD 3D.

M.Hluşcu, P.Tripa, E.Ghita¹

SHORT-TIME AND LONG-TIME MECHANICAL CHARACTERISTICS OF A STEEL WORKING UNDER HIGH TEMPERATURE IN FUNCTION OF TEMPERATURE AND WORKING DURATION

Abstract:

The aim of this paper is to determine the influence of the temperature on the mechanical behaviour of a ferritic low alloyed steel, in order to estimate the residual life-time of some pipes functioning a certain period under high and variable temperature conditions.

1. THE TEMPERATURE INFLUENCE ABOUT THE SHORT-TIME MECHANICAL CHARACTERISTICS

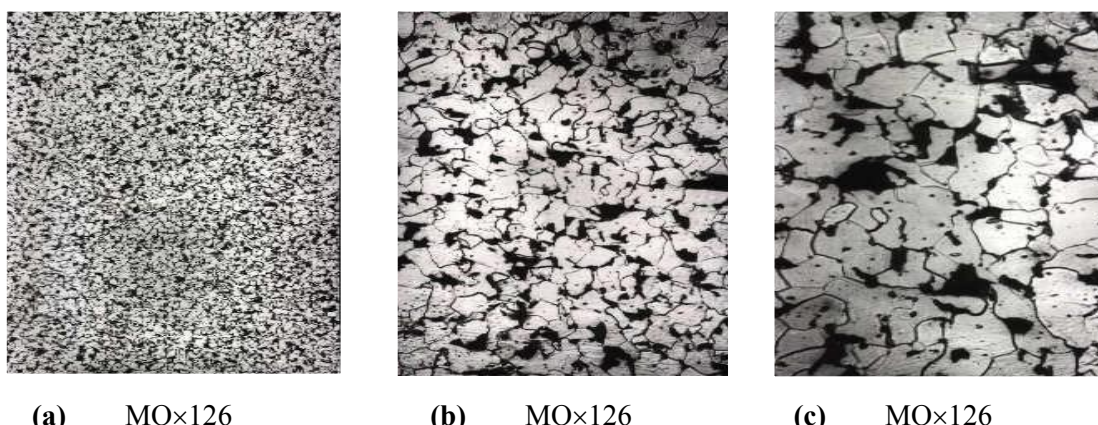
The ferritic steel representing the material of boiler's pipes was subjected under experimental and material tests after three different working periods: 61.000, 75.700 and 100.000 working hours.

The chemical composition of the steel is presented in Table 1, where are also specified the imposed values by the national standards, [5].

Table 1

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Cu [%]	Ni [%]	V [%]
61.000 hours	0,20	0,18	0,61	0,021	0,037	0,07	-	-	-	-
75.700 hours	0,19	0,16	0,75	0,014	0,014	0,03	-	-	0,04	0,01
100.000 hours	0,12	0,11	0,42	0,005	0,025	0,06	0,02	0,013	0,09	0,01
Prescriptions	max 0,23	max 0,40	min 0,35	max 0,05	max 0,05	max 0,30	-	-	-	-

The spectral method was used to prescribe the percentual quantity of the chemical elements.



(a) MO×126

(b) MO×500

(c) MO×1000

Fig.1. Metallographic photos after 100.000 hours at 450°C and a pressure of 40 atmospheres: a)- optical microscopy with 126 times resolution,(MO×126); b)- MO×500; c)- MO×1000.

¹ Lect.dr.eng.M.Hluşcu,POLITEHNICA University of Timisoara, Romania,Dpt.Strength of Materials.Tel.00403725 E-mail:hluşcu@mec.utt.ro

The results were in accordance with the french standards N.F.A.-36-705, [3], between the approved limits, in spite of the chemical composition alteration, even after 100.000 working hours. For the particular working periods, the material tests have been performed in order to estimate the influence about the chemical composition as well the material structure, after high temperature working cycles. The material analysis have been performed on specimens which have been laminated both on longitudinal and cross-section directions, in accordance with the prescriptions of the romanian standard STAS 4203-74,[6]. The microscopic investigations praised the morphology of the material phase transformations, the estimation of the austenitic grain size, the oxidization and decarbonization phenomenon and other structural faults. An optical microscop Epityp 2 and a transmission electronic microscop BS-613 Tesla were used for the researches. After the examinations, the following conclusions can be drawn:

- the steel granulation of the pipe wall is fine, which means 9-10 points according the scale of the romanian standard STAS 5490-70,[4], Fig.1a;
- the microstructure composition is ferrite + bainite + pearlite,(in small quantities), + carbides of the alloyed elements under a pelicular shape on the edge of the grains, (Fig.1b. and c- optical microscopy respectively Fig.2- electronic microscopy);
- the separation and coagulation of carbides are very intense on the internal area of the pipe wall;
- the oxidation and decarbonization phenomenon are absent.

It may concluded that, because of the quantities of bainite and pearlite, and the fine granulation of the ferritic matrix, the mechanical characteristics are excellent and the material is able to work at nominal parameters: temperature 430°C and pressure 40 atm.



Fig.2. Electronic metallographic photo, (ME×3000).

The traction tests have been performed in accordance with the Romanian standard STAS 200-87 and STAS 6638-87 on special specimens recommended by the above mentioned standards. The testing machine were a 100 kN traction force machine Werkstoffprüfmaschinen Leipzig and an electric furnace Amsler-Switzerland. The deformations were measured with two dial gauges and an Amsler extensometer.

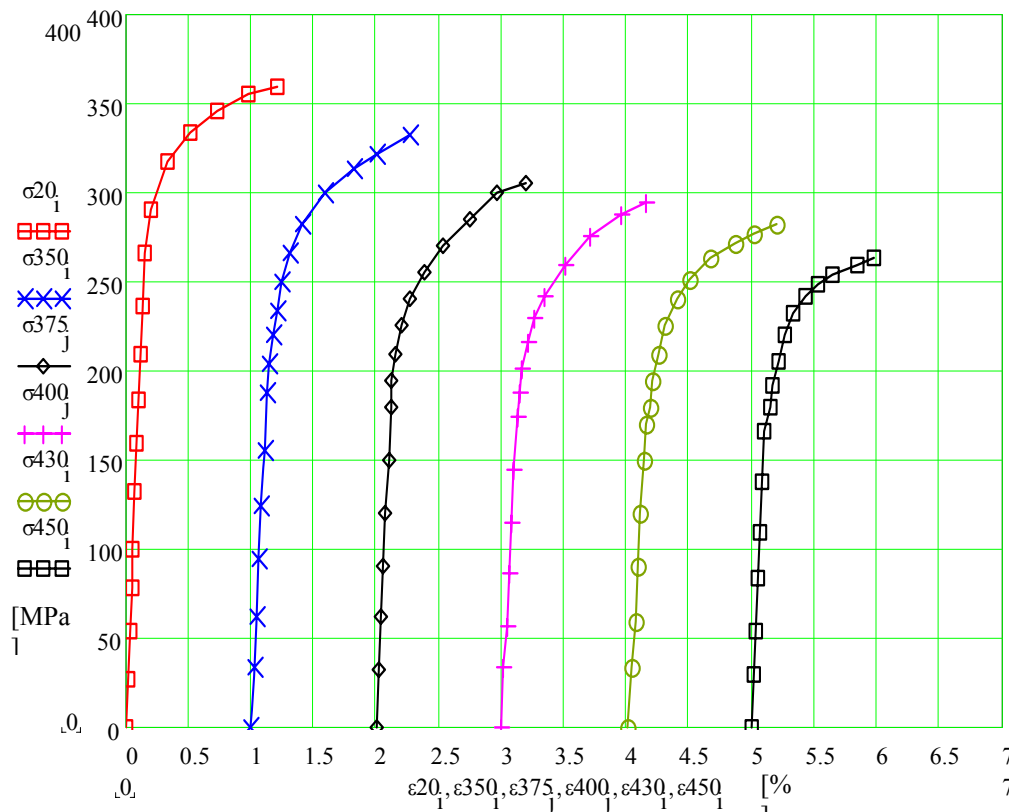


Fig.3. Average characteristic curves for different temperatures.

On the basis of the performed tests, the following mechanical characteristics have been estimated:

- The conventional yield point, $R_{p0,2}$; - the fracture stress, R_m ; - the fracture elongation, A_5 ; -the fracture necking, Z .

Tests have been performed under normal temperature conditions (20°C) as well under temperatures in the near vicinity of the working temperature conditions. So, the temperature tests were: 150, 300, 325, 350, 375, 400, 430 and 450°C. For every tested specimen, the estimation of $R_{p0,2}$ was done by using the force-elongation diagram, (F-Δl), plotted with the experimental values obtained in accordance with the Romanian standard STAS 6638-80, without any unload of the specimens.

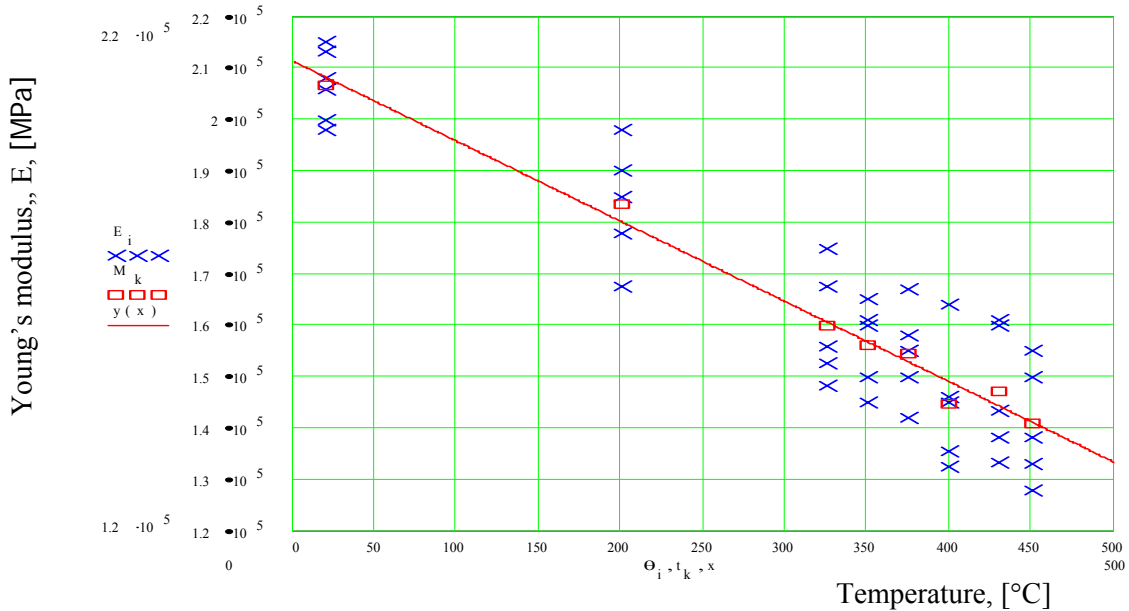


Fig.4. The relative dependence between Young's modulus E and the temperature, (E_i = measured values; M_k = average calculated values; $y(x)$ = regression line).

In order to exemplify, there are presented in figure 3 the characteristic curves for the temperatures of 20, 350, 375, 400, 430 and 450°C. These curves represent the average results of different five tests at every temperature. In the same time, these curves were used to estimate the variation of Young's modulus E in function of temperature, (Fig.4).

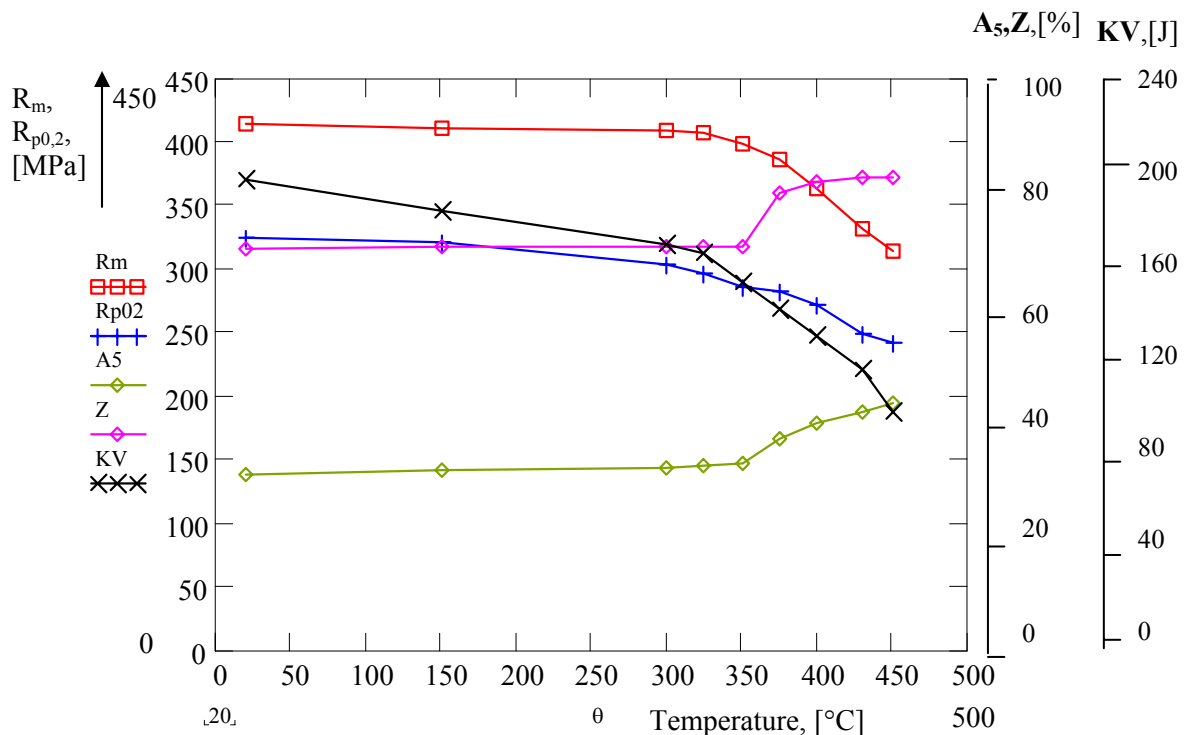


Fig.5. The short-time mechanical characteristics versus temperature

The short-time mechanical characteristics versus temperature, after a period of 100.000 working hours of the material, is presented in figure5.

2. TESTS TO ESTIMATE THE CREEP CHARACTERISTICS

Tests were focused to plot the creep curves for a wide range of temperatures: $\theta = 430, 440, 450, 465$ and $475 [^{\circ}\text{C}]$, at three different initial stress levels: $\sigma_0 = 145, 160$ and $180 [\text{MPa}]$, as well as to estimate the long-time stress $\sigma_{R/t}$ at different temperatures. Tests followed the prescriptions of the Romanian standard STAS 8894-71, on a creep test machine with three working posts, type ZST 3/2. The deformation measuring, due to the creep, has been performed by using a mechanical extensometer with a spiral microscope.

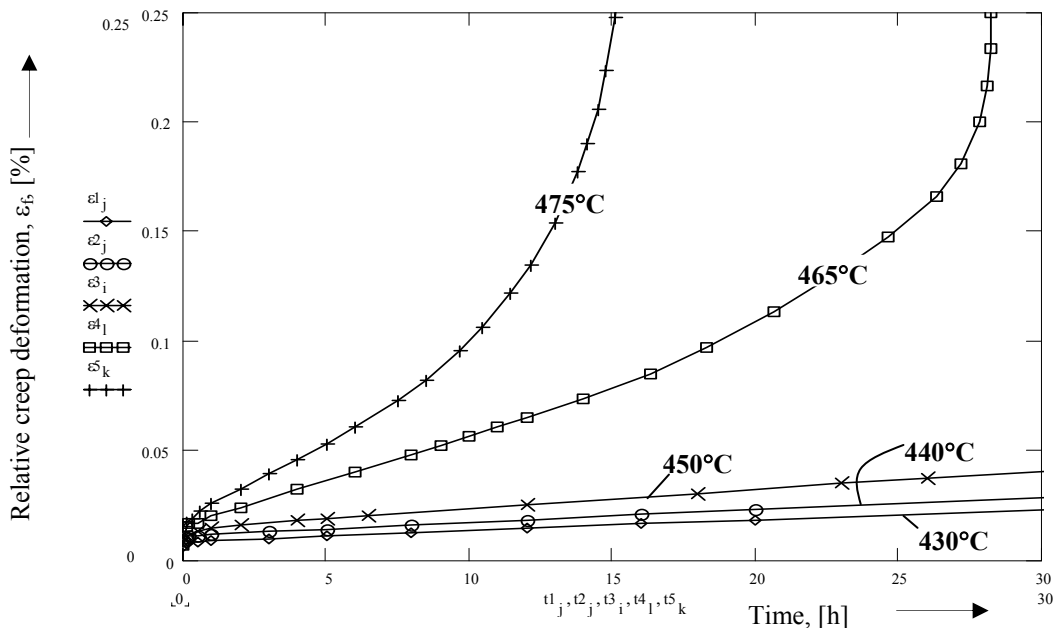


Fig.6. Creep curves at a constant stress, $\sigma = 160 [\text{MPa}]$, and different temperatures.

In order to plot the creep curves the axis system ϵ , (relative creep deformation), and t , (time in hours), has been used. There are presented in figure 6 the creep curves for five temperature levels: 430, 440, 450, 465 and $475 [^{\circ}\text{C}]$ at a constant initial stress of $\sigma_0 = 160 [\text{MPa}]$. For every temperature, curves represent the average of three tests.

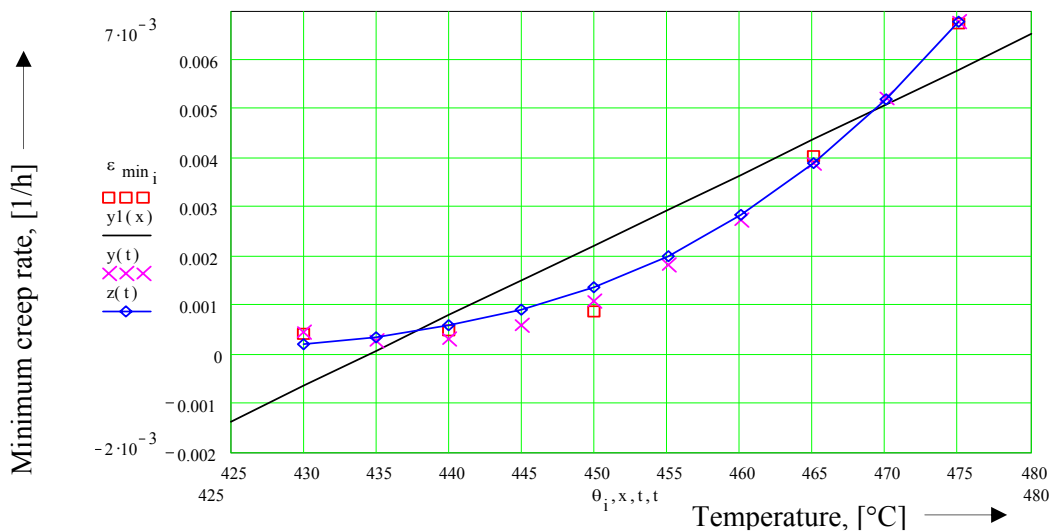


Fig.7. The dependence between the creep rate and the temperature.

On the basis of the curves, the minimum creep rate, $\dot{\epsilon}_{\min}$, at temperatures: 430, 440, 450, 465 and 475[°C] was estimated.

The dependence between the minimum creep rate $\dot{\epsilon}_{\min}$ and the temperature is presented in figure 7. In these figure, there are marked the particular values estimated by using the creep curves, ($\dot{\epsilon}_{\min,i}$), the regression line ($y_1(x)$), and two curves plotted with TABLECURVE software, ($y(t)$ and $z(t)$). The values of x and t are: 430, 435, 440, ..., 475, and the regression line and curve equations are presented below:

- regression line:

$$\epsilon_{\min} = -0.062295 + 0.00014338 \cdot \theta \quad (1)$$

- curve $y(t)$:

$$\epsilon_{\min} = a + b \cdot \theta^2 + c \cdot \theta^4 + d \cdot \theta^6 \quad (2)$$

where: $a=0,415622$; $b=-5,3344 \cdot 10^{-6}$; $c=2,168 \cdot 10^{-11}$; $d=-2,689579 \cdot 10^{-17}$;

- curve $z(t)$:

$$\ln(\epsilon_{\min}) = a + b \cdot \theta + c \cdot \theta^2, \quad (3)$$

where: $a=-158,02248$; $b=0,59474$; $c=-0,0005738359$.

As it is presented in figure 7, the best approximation is under the curve $z(t)$. Although the dispersion of creep results is high, somewhere around 30% for strictly prescribed standards, there is also acceptable the approximation under the straight line (1). In this case the estimation of the coefficients is simple and more accesible.

In order to estimate the long-time characteristics, a number of 34 tests, (until the fracture takes place), have been performed for different stress and temperature levels. Then, the results were used to extrapolate it for no experiments were performed. The parametric Larson-Miller method was used to extrapolate.

The basic curve " $\lg \sigma - P_{LM}$ " is presented in figure 8. It may be equalized with a straight line described by the equation:

$$\lg \sigma = -1,227 \cdot 10^{-4} \cdot P_{LM} + 4,192 \quad (4)$$

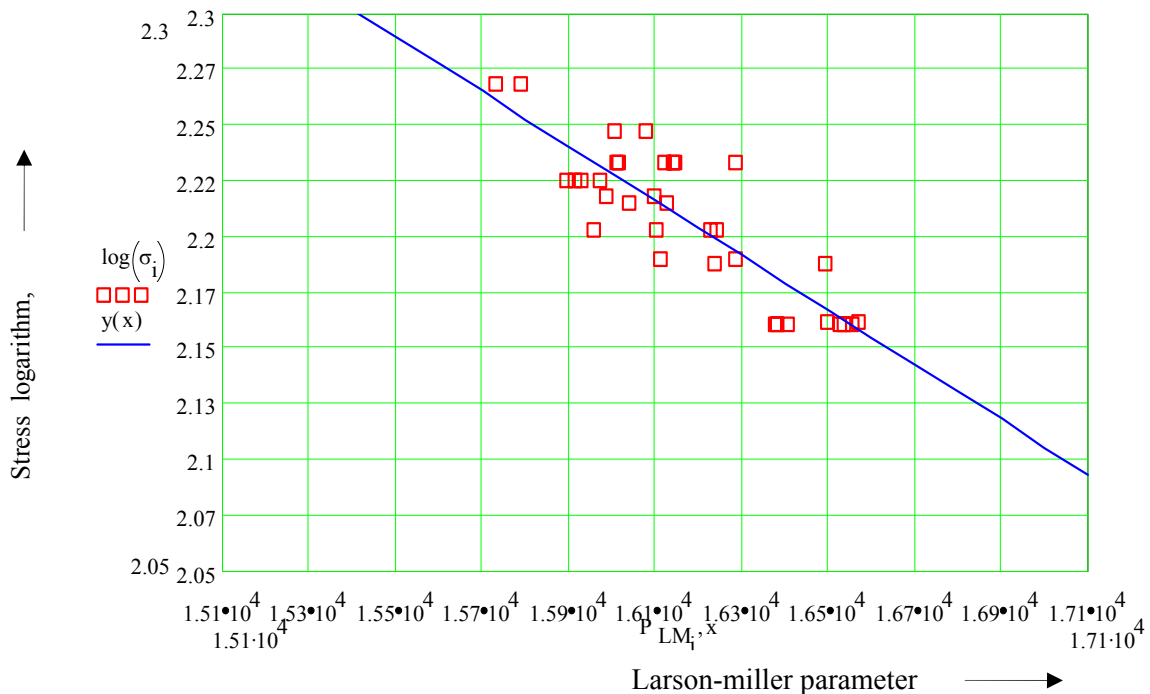


Fig.8. The basic curve

On the basis of equation (5), there was estimated the strength under long-time conditions for 10.000 and 20.000 hours at the working temperature of pipes, 430[°C]: $\sigma_{R/10000/430^{\circ}C} = 132,37$ [MPa]; $\sigma_{R/20000/430^{\circ}C} = 124,69$ [MPa].

Obviously, the basic curve of the material, figure 8, is used for the estimation of the long-time strength for temperatures in the range of 400 and 500[°C], as well as for any time value until fracture

appearance, t_r . It represents only an elementary calculus problem of the P_{LM} parameter, then the long-time strength, $\sigma_{R/t}$, results directly from figure 8.

3. CONCLUSIONS

Because a sufficient quantity of bainite and pearlite is present in the material structure, the mechanical characteristics are reasonable and the ferrite matrix presents a fine granulation and on the areas between the edges of the grains the carbides separation are not generalised.

The material may be kept in service at nominal parameters: temperature 430°C and pressure 40 atm.

The variation of the short-time mechanical characteristics, (the conventional yield point $R_{p0,2}$; the fracture stress R_m ; the fracture elongation A_5 ; the fracture necking Z), after 100.000 hours do not present a diminution, so the replacement of the pipe is not imposed.

The values of the long-time strength, $\sigma_{R/10000/430^\circ\text{C}} = 132,37$ [MPa]; $\sigma_{R/10000/430^\circ\text{C}} = 124,69$ [MPa], represent a guarantee for the prolongation of the pipe's working period under real exploitation conditions which conduce to small values of the maximum stresses.

REFERENCES

1. Hlușcu, M., "Considerations about the creep of thermoresistant steels under variable temperature conditions", Ph.D. dissertation, Timișoara, 2001;
2. Mocanu, D.R., and others, "Materials testing", Vol. I, Technical Publishing House, Bucharest, 1982.
3. ***"MATCAD-, Numerical and statistical calculus problems", Blue Publishing House, Cluj-Napoca, 1995.
4. ***NFA-36-705, "Reveil de Normes des Produits Siderurgiques", Edite par l'Association Francaise de Normalisation, 2-eme Edition, Paris, 1969.
5. ***, STAS 5490-70, STAS 4203-74, STAS 8184-80, STAS 8894/2-81.



P.Tripa, M.Hluseu, E.Ghita¹

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE, WORKING TIME AND THE LOADING RATE ABOUT FRACTURE TOUGHNESS OF A THERMORESISTANT STEEL

Abstract

In the framework of the paper there is presented the temperature, working duration and rate of loading influences about the fracture toughness expressed by the critical stress intensity factor K_{IC} , estimated on Chevron specimens for a steel used in manufacturing the steam pipes in Romanian thermoelectric power stations. The pipe works under an internal pressure of $p=14\text{MPa}$ and a steam temperature of $T=540^{\circ}\text{C}$.

On the basis of the results, it may be obtained some information regarding keeping in service a cracked pipe.

1. INTRODUCTION

The steam pipes are representing very important parts of a power station. Their working on influence the running of the entire power station. The steam pipes are working in hard temperature and pressure conditions: $T = 540^{\circ}\text{C}$; $p = 14 \text{ MPa}$. The initiation and the unstable propagation of the crack may conduce to catastrophic accidents. According to these circumstances, there is necessary to know the mechanical characteristics of the pipe material for different working on conditions and especially the influence of different factors regarding the characteristics mentioned above. For the steam pipes, there is absolutely necessary, to understand the influence of some factors regarding the fracture toughness of the steam pipe materials.

There are presented in the framework of the paper the influence about the fracture toughness of three elements, as follows: the material temperature, the working on time of the pipe and the loading rate. These elements are reported to a steel which from are manufactured the steam pipes of romanian power stations.

The estimated chemical composition and that indicated by the producer for the same kind of steel is comparatively presented in Table 1:

Table 1: The chemical composition of the analyzed steel

	Chemical composition [%]								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
Indicated by the producer	0,10...	0,15...	0,40...	max.	max.	-	0,50...	0,40...	0,22...
	0,18	0,40	0,70	0,04	0,04		0,70	0,70	0,35
Estimated	0,12...	0,28...	0,44...	0,012...	0,012...	0,06...	0,54...	0,35...	0,25...
	0,135	0,34	0,70	0,017	0,016	0,16	0,67	0,48	0,32

The percentage variation regarding the chemical elements composition is influenced by the fact that the material steam pipe comes from different selection. There is important to mention that the estimated chemical composition is between the limits indicated by the producer for any material charge.

¹ Prof.dr.eng.P.Tripa,POLITEHNICA University of Timisoara, Romania,Dpt.Strength of Materials.
Tel.00403725 E-mail:tripa@mec.utt.ro

There have been used compact traction specimens, for the first tests, in order to estimate the fracture toughness K_{IC} . Because of some conditions requested by the estimation have not been validated and because of the limited value of the pipe wall thickness, there was not an opportunity to manufacture big specimen size. In order to keep a plane state of deformation, tests have been performed on Chevron specimens [1], [2]. So, the fracture toughness has been estimated on Chevron specimens. There have been tested 5-8 specimens for every working conditions. In the framework of the fracture toughness variation diagrams there are presented only the average values. Type and size of the specimens are presented in figure 1:

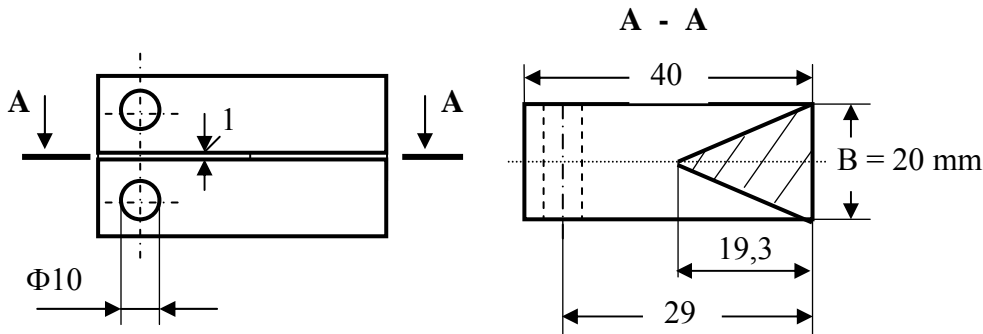


Fig.1 Specimen used for tests

The fracture tenacity on Chevron specimens was estimated with the relation [2]:

$$K_v = 22 \cdot \frac{F_{\max}}{\sqrt{B^3}} \quad (1)$$

where:

F_{\max} = maximum force during tests

B = the thickness of the specimen (see Fig.1).

In order to equalize the fracture tenacity K_V estimated on Chevron specimens with the tenacity K_{IC} , an equalization diagram between the tenacity characteristics was used [2],[3].

2.THE INFLUENCE OF THE TESTING TEMPERATURE

The romanian standards [3] prescribe that the steam pipe material tests to be performed at the standard temperature as well at the working on temperature and to a temperature of ± 20 °C, more or less than the working on temperature. In order to prove the influence of the temperature about the fracture toughness, tests have been performed at different temperature values, other than the temperatures which were mentioned above. The results are presented in figure 2 [4].

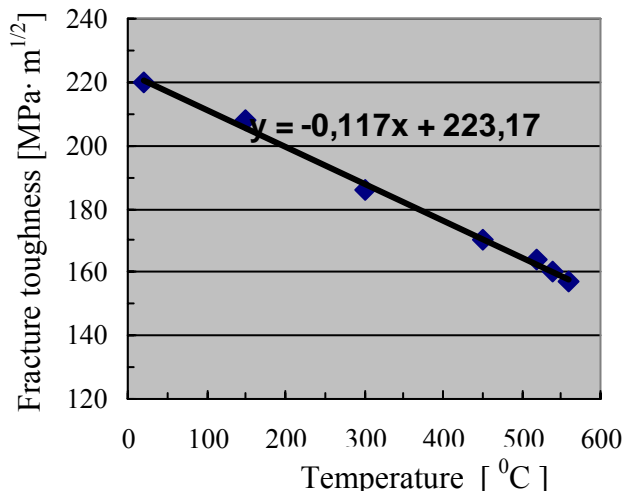


Fig.2. The influence of the temperature about the fracture toughness

3. THE INFLUENCE OF THE WORKING DURATION

The working duration of the pipe at high temperature and pressure conditions have an important influence about the fracture toughness. These influence is presented in figure 3, [4].

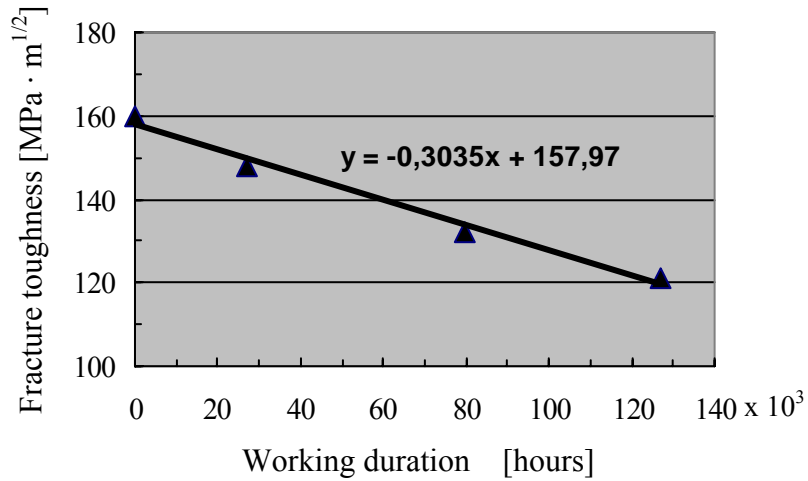


Fig.3. The influence of the working duration about the fracture toughness

There is presented in figure 4 the fracture tenacity variation in function of working time, for different temperature values, but for another thermoresistant steel used in manufacturing the steam pipes in romanian thermoelectric power stations.

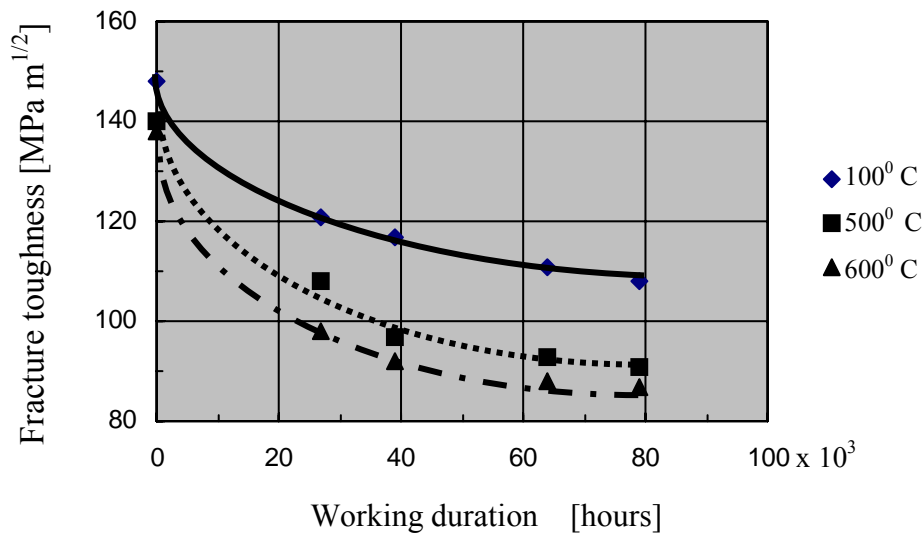


Fig.4. Variation of K_V in function of working time at different temperatures

4. THE INFLUENCE OF THE LOADING RATE

For the cases of repeated stopping and running on processes of the power stations, until the normal working on conditions of the pipe regarding especially the pressure limit, it takes a time period. In function of the pressure increasing rate or the loading rate, these time period may be variable. Tests have been performed at three loading rates, also on Chevron specimens, at the working on temperature of the pipe by

using a special device which allowed to keep constant the temperature and the loading rate of the specimen. The obtained results are presented in figure 5, [4].

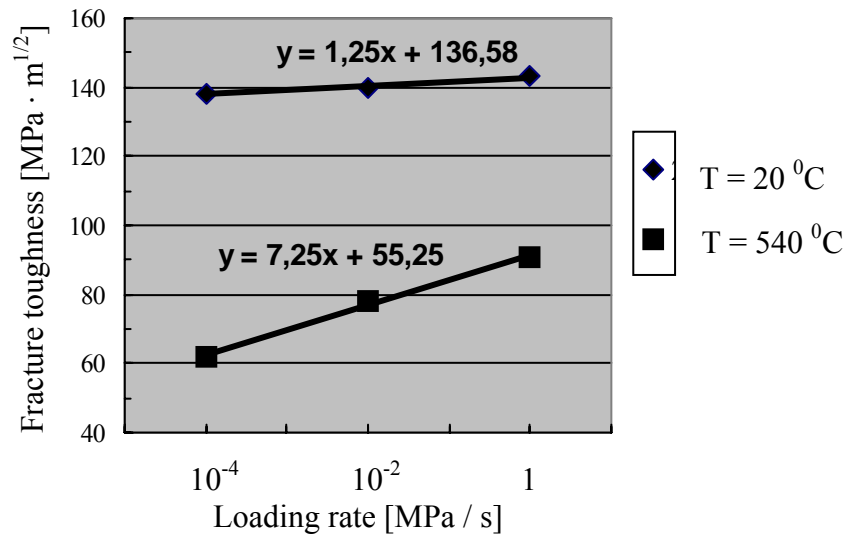


Fig.5.The influence of the working duration about the fracture toughness

In order to estimate the influence of the loading rate, a special loading machine, designed and achieved by the Department of Strength of materials from the Mechanical Engineering Faculty, Timisoara, was used for tests. The machine is able to simulate different loading rates, but the results which are presented refers only for three of them.

5. CONCLUSIONS

- According to the performed researches, it has been praised that the temperature, the working duration and the loading rate may have a considerable influence about the fracture toughness of steels
- The obtained results may be used in order to estimate the life-time of a pipe having some cracks in the walls, because of some different reasons.

REFERENCES

- [1] Brown R. K. The Chevron Notched Fracture Fracture Toughness Test. ASTM Standardization News, Nov. 1989, p. 66 – 69
- [2] Newman J. R. A Review of Chevron-Notched Fracture Specimen. Chevron Notched Specimen: testing and Stress Analysis, ASTM-STP 855
- [3] C29 - 82 Prescripții tehnice pentru verificarea deformațiilor și verificărilor structurale ale conductelor și cazanelor de abur care funcționează la temperaturi ridicate. Editura Tehnică, București, 1983
- [4] Tripa P. Cercetări asupra tenacității unor oțeluri utilizate la conductele de abur din centralele termoelectrice. Ph.D. dissertation., Timișoara, 1997

33. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

33rd JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



29. simpozijum

NU * ROBOTI * FTS

Zlatibor, maj 2007.

NU – ROBOTI –FTS
NC - ROBOTS – FMS

Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Dimić, Z. KONFIGURACIJA JEDNE HIBRIDNE PETOOSNE MASINE	3.1
Petrović, P., Jakovljević, Ž. DINAMIČKA KOMPENZACIJA NEHOMOGENIH MAGNETSKIH SVOJSTAVA NESTACIONARNE FEROMAGNETNE METE KOD INDUKTIVNIH MERNIH SISTEMA VISOKE PRECIZNOSTI.....	3.7
Živanović, S., Dimić, Z. UPRAVLJANJE MODELA TROOSNE MAŠINE SA PARALELONOM KINEMATIKOM pn101 NA BAZI EMC SISTEMSKOG SOFTVERA	3.19
Tabaković, S., Zeljković, M., Gatalo, R. PRIMENA SAVREMENIH PROGRAMSKIH OKRUŽENJA ZA ANALIZU RADNOG PROSTORA PARALELNIH MEHANIZAMA.....	3.25
Петраков, В., Пасечник, В. СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНЫХ 3-D ПОВЕРХОСТЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ	3.31
Stojčić, M. DIGITALNO PRAKTIČNO PRAĆENJE: ALGORITAM SA VEKTORSKIM VREMENOM DOSTIŽIVOSTI.....	3.43
Menyhardt, K., Toth-Tascau, M. ESTIMATION OF ROBOT POSITIONING ERRORS	3.49
Vuković, N., Miljković, Z., Lazarević, M. СИМУЛАЦИЈА ХОДА ИНСЕКТА РОБОТА ПО РАВНОМ ТЕРЕНУ	3.55
Бобырь, Н., Яхно, Б. РАССЕЯННОЕ РАЗРУШЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ	3.65
Хейфец, М., Чемисов, Б., Грецкий, Н. ТЕХНОЛОГИЈА НАНЕСЕНИЯ ФЕРРОПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ.....	3.78
Клименко, С., Мельничук, П., Таповић, Л. СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ С АМОРФНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	3.84
Полонский, Л., Kravchenko, M. DETERMINATION OF OPTIMAL DEPTH OF CUT FOR ROUGH MACHINING FOR GAS-THERMAL COATINGS APPLIED ON PRODUCT SURFACES.....	3.89
Raičević, Ž., Vukasović, R. RAZVOJ PROCESA BRZE PROIZVODNJE METALNIH DJELOVA NA BAZI NANOŠENJA	3.92
Raičević, Ž., Vukasović, R. PROCES BRZE IZRADE LASERSKIM OBLAGANJEM NA HIBRIDNIM OBRADNIM CENTRIMA	3.96

NU – ROBOTI –FTS
NC - ROBOTS – FMS

Dreucean, M., Stoia, D.I. FABRICATION OF MEDICAL DEVICES USING RAPID PROTOTYPING (RP) TECHNOLOGIES BASED ON METAL POWDER	3.100
Tanikić, D., Stević, Z., Manić, M. MODELIRANJE TEMPERATURE REZANJA I MAKSIMALNE VISINE NERAVNINA OBRADENE POVRŠINE PRIMENOM ADAPTIVNIH NEURO-FAZI SISTEMA	3.106
Vukčević, M., Spaić, O., Krivokapić, Z. POSTOJANOST ZAVOJNIH BURGIIJA, OD BRZOREZNOG ČELIKA PROIZVEDENOG METALURGIJOM PRAHA, U FUNKCIJI BRZINE REZANJA.....	3.112
Васильев, А., Хейфец, М., Точило, В., Премент, Г. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ.....	3.118
Tomić, R., Ćuk, Ćurčić, S. ISTRAŽIVANJE PARAMETARA ZA RAZVOJ SISTEMA ZA TRETMAN ČVRSTOG INDUSTRIJSKOG OTPADA.....	3.124
Vukelić, Đ., Hodolić, J. UNIFIKACIJA KONSTRUKCIJE PRIBORA	3.130
Vrač, D. ODREĐIVANJE HRPAVOSTI KOD OBRADJE HONOVANJEM METODOM POVRŠINE REAGOVANJA (ODZIVA) RSM.....	3.136
Radić, V. ANALIZA, EKSPERIMENTI I PRORAČUNI ZAVARIVANJA EKSPLOZIJOM LEGURA ALUMINIJUMA.....	3.140
Zrilić, R., Petrašinović, D., Latinović, T. IDENTIFIKACIJA UTICAJA NAPONSKOG STANJA U ZONI DEFORMISANJA NA TEHNO-EKONOMSKU EFIKASNOST (PRODUKTIVNOST) TEHNOLOGIJA IZRADE SITNIH KOMPAKTNIH OSNOSIMETRIČNIH PROFILA	3.146
Petrović, D., Bugarić, U., Glišić, D., Krstić, D. OPTIMIZACIJA SKLADIŠNOG SISTEMA „TELEKOM-SRBIJA”	3.152
Marković, S., Steljić, M., Gašanin, E. VIRTUELNA KINEMATSKA ANALIZA DVOSTEPENOG PLANETARNOG REDUKTORA SA DVOSTRUKIM UNUTRAŠNJIM OZUBLJENJEM	3.158

NU – ROBOTI –FTS - 1. STRANA

← NAZAD



M. Glavonjić, D. Milutinović, S. Živanović, Z. Dimić¹⁾

KONFIGURACIJA JEDNE HIBRIDNE PETOOSNE MAŠINE²⁾

Rezime

U radu su opisani kinematičko modeliranje hibridnog mehanizma sa 5 stepena slobode i sistem za upravljanje i programiranje mašine sa tim mehanizmom. Dati su rešenja inverzne i direktne kinematike, kao osnove za projektovanje, upravljanje i programiranje hibridne petoosne glodalice i neki rezultati simulacije rada te mašine po pripremljenom programu za petoosnu obradu.

Cljučne reči: hibridni mehanizam, petoosna glodalica, modeliranje, upravljanje.

1. UVOD

U cilju realizacije mašina alatki i robota sa prednostima i paralelne i serijske kinematike pojavila su se hibridna rešenja ovih mašina. Dodavanjem serijskog mehanizma na pokretnu platformu paralelnih mehanizama u osnovi se može postići:

- povećanje broja stepena slobode,
- povećanje opsega orijentacije alata.

U prvom slučaju je na paralelni mehanizam sa tri stepena slobode dodat dvoosni serijski mehanizam čime je dobijena petoosna mašina sa velikim opsezima osa orijentacije alata. U drugom slučaju se na paralelne mehanizme sa šest stepena slobode takođe dodaje dvoosni serijski mehanizam čime se postiže povećanje opsega osa orijentacije alata, ali uz probleme redundantnosti, složenosti i cene konstrukcije.

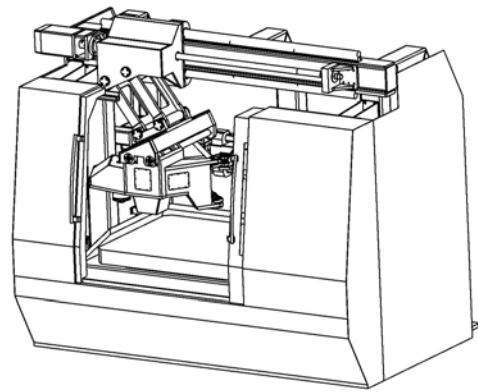
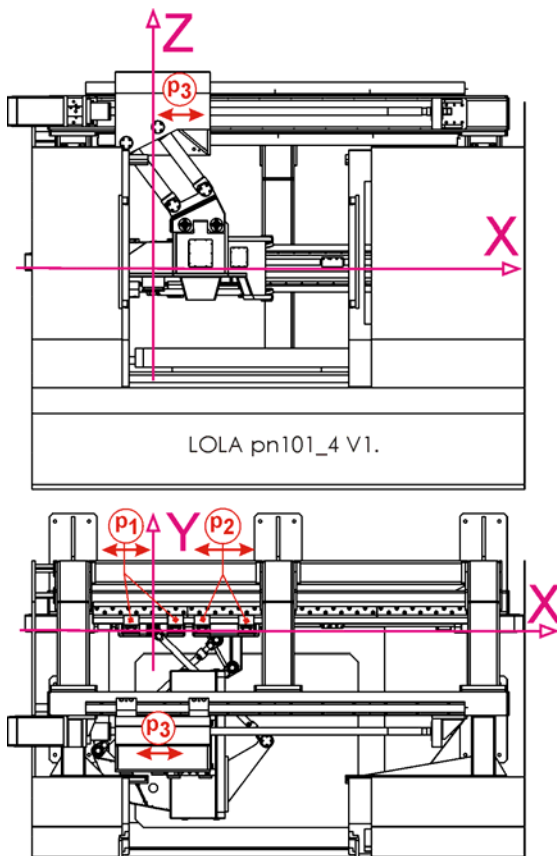
U ovom radu se pokazuje kinematičko modeliranje hibridnog, paralelno-serijskog mehanizma sa pet stepena slobode i koncept sistema za upravljanje i programiranje mašine tipa glodalice sa tim mehanizmom. Dati su rešenja direktnog i inverznog kinematičkog problema, kao osnove za projektovanje, upravljanje i programiranje te petoosne glodalice i prvi rezultati simulacije sistema za njeno upravljanje. Ova istraživanja predstavljaju nastavak istraživanja čiji su rezultati detaljno pokazani u [1,2,3].

2. HIBRIDNE PETOOSNE MAŠINE

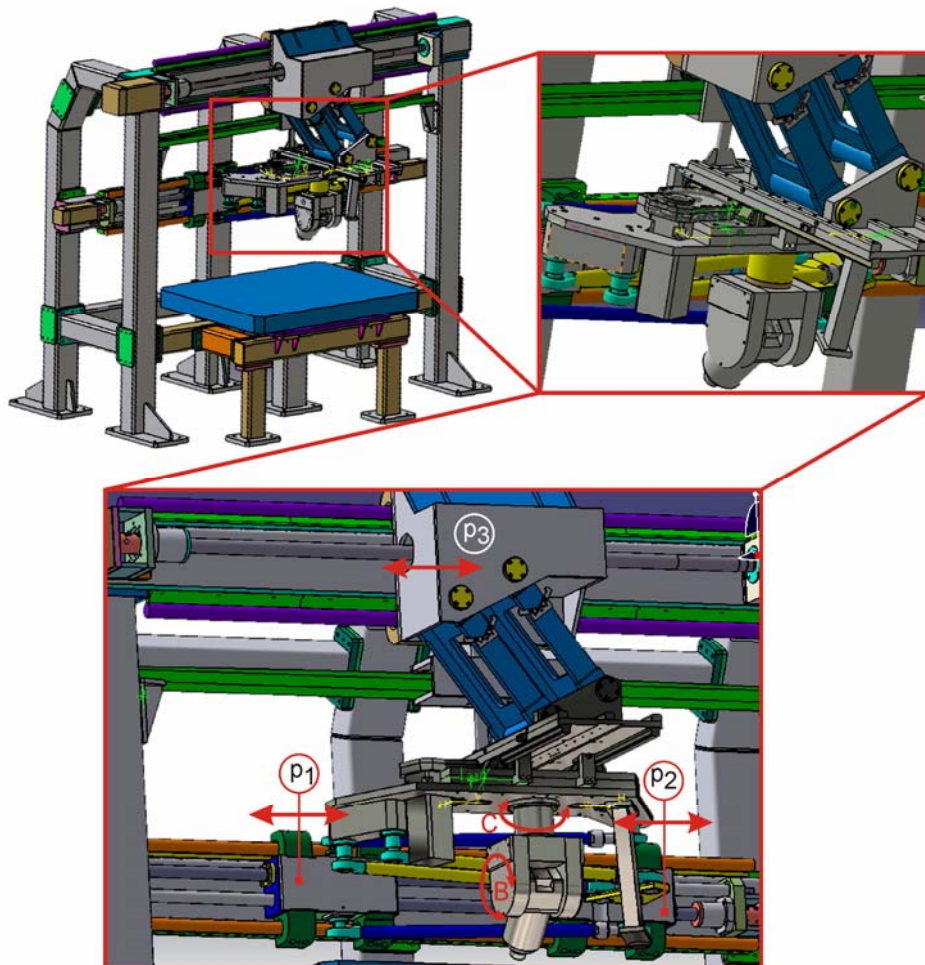
Razvojem prve domaće troosne mašine sa paralelnom kinematikom, slika 1, ostvaren je značajan napredak u gradnji ovih mašina s obzirom na specifičnost mehanizma koji omogućava dugačku X osu, što je karakteristika serijskih mašina. Ovaj koncept je rezultat rada na projektu MIS.3.02.0101.B, kojeg su, u periodu 2002-2004. godina, finansirali Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine i LOLA Sistem, MAA. Ovaj koncept je verifikovan i na međunarodnom nivou [2]. S obzirom da pored niza prednosti razvijeni troosni paralelni mehanizam karakterišu i pogodan oblik i dimenzije pokretne platforme, to su pre dve godine započela i istraživanja na razvoju hibridne, paralelno-serijske petoosne mašine. Ova projekat takođe finansiraju Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine i LOLA Sistem, MAA. Na slici 2. je pokazan koncept ove hibridne petoosne mašine. Orijetisanjem ka sistemu za upravljanje višeosnih glodalica koji je dostupan svakome (EMC 1 [4]) i personalnom računaru sa operativnim sistemom koji je takođe dostupan svakome (Linux [5]) postavljena je platforma za razvoj sistema za upravljanje ove petoosne glodalice sa hibridnom kinematikom. Prve probe i verifikacija platforme izvršene su na fizičkom modelu troosne glodalice sa paralelnim mehanizmom pn_101 [3]. On je u ovom projektu proširen dvoosnom serijskom glavom.

¹⁾ dr Miloš Glavonjić, vanr. prof (mglavonjic@mas.bg.ac.yu), dr Dragan Milutinović, red. prof (dmilutinovic@mas.bg.ac.yu), mr Saša Živanović, asistent (szivanovic@mas.bg.ac.yu), Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Zoran Dimić, dipl. ing, LOLA SISTEM PC MAA, (zdimic@yubc.net).

²⁾ Rađeno u okviru trogodišnjeg projekta TR6309B Petoosne paralelne mašine, u čijem su finansiranju učestvovali Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Srbije i LOLA Sistem, MAA iz Beograda.



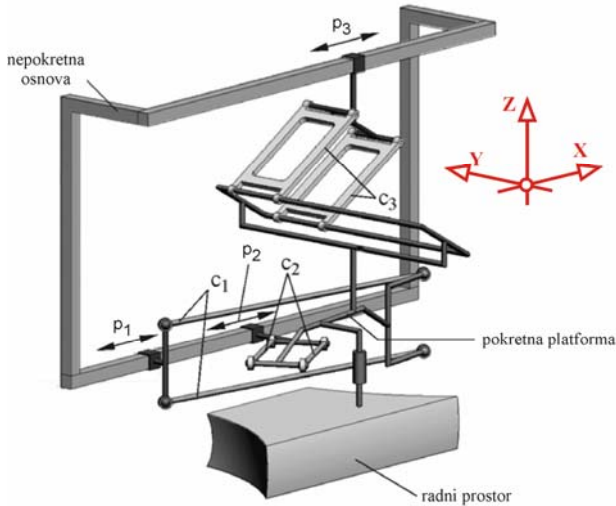
Slika 1. Prototip prve domaće troosne paralelne mašine sa mehanizmom pn_101



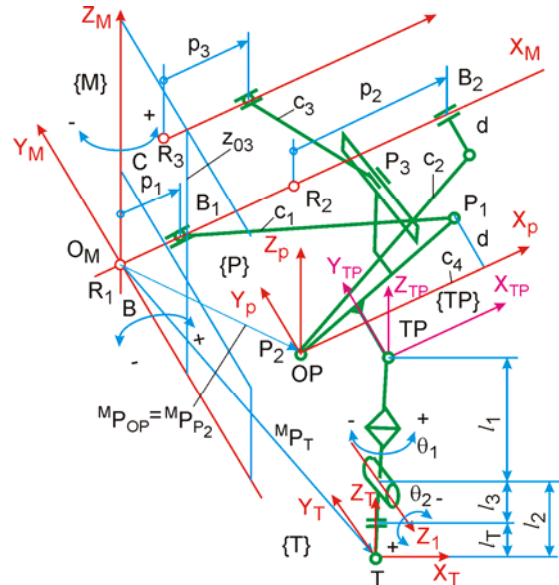
Slika 2. Model petoosne hibridne mašine na bazi mehanizma pn_101 i dvoosne serijske glave

3. MODELIRANJE MECHANIZMA

Na slici 3. je prikazan model varijante mehanizma korišćenog za razvoj prototipa troosne vertikalne glodalice sa slike 1. Opis mehanizma, karakteristike i modeliranje inverzne i direktne kinematike su detaljno dati u [1,2]. Kinematički model hibridnog, paralelno-serijskog mehanizma izveden je iz modela sa slike 3 i pokazan je na slici 4. Tehnološki koordinatni sistemi biće pokazani uz opis upravljanja mašine.



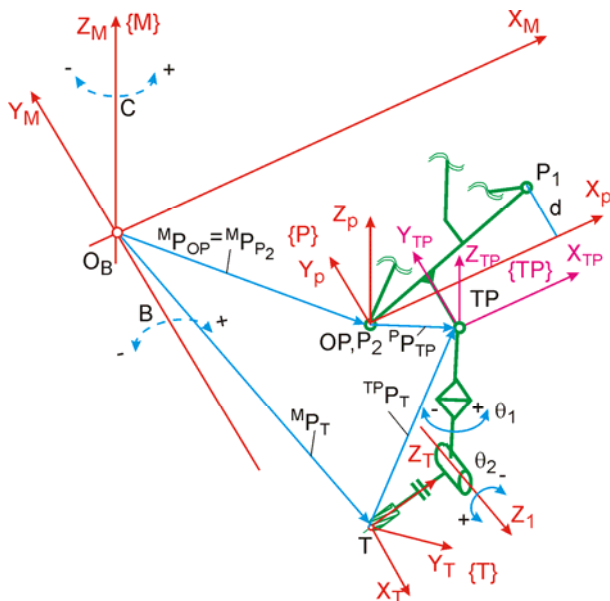
Slika 3. Model troosnog paralelnog mehanizma



Slika 4. Kinematički model hibridne mašine

Rešenje inverzne kinematike paralelnog mehanizma, jednačine (1), odnosno, izračunavanje pozicija klizača p_1 , p_2 i p_3 za zadatu poziciju pokretne platforme, odnosno, koordinatnog početka OP koordinatnog sistema $\{P\}$ vezanog za platformu (u računskom zglobu P_2) ${}^M p_{OP} = [x_{p2} \ y_{p2} \ z_{p2}]^T$ pokazano je u [1, 2]:

$$\begin{aligned} p_1 &= x_{p2} + c_4 - \sqrt{c_1^2 - (y_{p2} + d)^2 - z_{p2}^2} \\ p_2 &= x_{p2} + \sqrt{c_2^2 - (y_{p2} + d)^2 - z_{p2}^2} \\ p_3 &= x_{p2} + x_{p3} - \sqrt{c_3^2 - (z_{p2} + z_{p3} - z_{03})^2} \end{aligned} \quad (1)$$



Slika 5. Kinematički model dvoosnog serijskog dela hibridnog mehanizma

Rešenje direktne kinematike paralelnog mehanizma, jednačine (2), odnosno, izračunavanje pozicije pokretne platforme ${}^M p_{OP} = [x_{p2} \ y_{p2} \ z_{p2}]^T$ za zadate pozicije klizača p_1 , p_2 i p_3 je takođe detaljno pokazano u [1,2]:

$$\begin{aligned} x_{p2} &= \frac{p_2^2 + c_1^2 - c_2^2 - (p_1 - c_4)^2}{2(p_2 - p_1 + c_4)} \\ z_{p2} &= z_{03} - z_{p3} - \sqrt{c_3^2 - (p_3 - (x_{p2} + x_{p3}))^2} \\ y_{p2} &= -d - \sqrt{c_2^2 - (p_2 - x_{p2})^2 - z_{p2}^2} \end{aligned} \quad (2)$$

Detalji za kinematički model serijskog dela mehanizma pokazani su na slici 5. Oni se koriste za nalaženje rešenja inverzne i direktne kinematike kompletnog hibridnog mehanizma pokazanog na slici 4. Rešenje se traži u koordinatnom sistemu mašine (X_M , Y_M , Z_M). Posmatra se vrh T alata bez obzira kako mu je opisana uočena pozicija.

3.1 Rešenje direktnog kinematičkog problema petosnog hibridnog mehanizma

Za zadatu poziciju vrha alata ${}^M p_T = [x_T \ y_T \ z_T]^T$ i orijentaciju alata definisanu ortom ${}^M k_T = [k_{Tx} \ k_{Ty} \ k_{Tz}]^T$ sračunavaju se uglovi orijentacije alata B i C . S obzirom na strukturu serijskog mehanizma i kako rukovaoc posmatra mašinu sa alatom, alat se orijentiše tako što se prvo izvrši rotacija koordinatnog sistema $\{T\}$ oko ose Y_M za ugao B , a zatim oko ose Z_M za ugao C .

Matrica orijentacije koordinatnog sistema $\{T\}$ u odnosu na koordinatni sistem $\{M\}$ izvodi se na sledeći način:

$${}^M_T R = R_{z_{M,C}} \cdot R_{y_{M,B}} = \begin{bmatrix} cC cB & -sC & cCsB \\ sC cB & cC & sCsB \\ -sB & 0 & cB \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{Tx} & o_{Tx} & k_{Tx} \\ i_{Ty} & o_{Ty} & k_{Ty} \\ i_{Tz} & o_{Tz} & k_{Tz} \end{bmatrix} \quad (3)$$

gde su: $c\alpha \equiv \cos(\alpha)$ i $s\alpha \equiv \sin(\alpha)$.

Treća kolona u matrici ${}^M_T R$ predstavlja orijentaciju alata, odnosno, projekcije orta ose Z_T na ose koordinatnog sistema $\{M\}$, tj.

$$cCsB = k_{Tx}, \quad sCsB = k_{Ty}, \quad cB = k_{Tz} \quad (4)$$

odakle sledi da su

$$B = \pm A \tan 2\left(\sqrt{1 - k_{Tz}^2}, \quad k_{Tx}\right) \text{ i } C = A \tan 2\left(k_{Ty}, \quad k_{Tx}\right), \quad (5)$$

uz uslov da je $sB \neq 0$, odnosno, da je $B \neq 0^\circ$ (za slučaj kada je $B=0^\circ$ vrednost ugla C se može birati po odgovarajućoj strategiji).

Modeliranjem serijskog dvoosnog mehanizma po Denavit-Hartenbergovoj konvenciji dobijaju se položaj i orijentacija alata, odnosno, koordinatnog sistema $\{T\}$ u odnosu na koordinatni sistem $\{TP\}$ kao

$${}^{TP}_T T = \begin{bmatrix} c\theta_1 & -s\theta_1 & -c\theta_1 s\theta_2 & l_2 c\theta_1 s\theta_2 \\ c\theta_1 c\theta_2 & c\theta_1 & -s\theta_1 s\theta_2 & l_2 s\theta_1 s\theta_2 \\ s\theta_2 & 0 & c\theta_2 & -l_2 c\theta_2 - l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^{TP}_T R & {}^{TP}_T p_T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

gde su ${}^{TP}_T p_T$ vektor položaja vrha alata T i ${}^{TP}_T R$ orijentacija koordinatnog sistema $\{T\}$ u odnosu na koordinatni sistem $\{TP\}$.

Kako su koordinatni sistemi $\{TP\}$, $\{P\}$ i $\{M\}$ međusobno uvek paralelni, to se položaj i orijentacija alata, odnosno koordinatnog sistema $\{T\}$, u odnosu na koordinatni sistem mašine $\{M\}$, određuje kao

$${}^M_T T = \begin{bmatrix} {}^M_T R \equiv {}^{TP}_T R & {}^M p_T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

gde je vektor položaja vrha alata

$${}^M p_T = \begin{bmatrix} x_T \\ y_T \\ z_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{p2} + l_2 c\theta_1 s\theta_2 + x_{TP} \\ y_{p2} + l_2 s\theta_1 s\theta_2 + y_{TP} \\ z_{p2} - l_2 c\theta_2 - l_1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Ova jednačina predstavlja deo rešenja direktnog kinematičkog problema hibridnog mehanizma jer se zadavanjem pozicija klizača p_1 , p_2 i p_3 i uglova θ_1 i θ_2 sračunava pozicija vrha alata x_T , y_T i z_T (x_{p2} , y_{p2} i z_{p2} se sračunavaju pomoću jednačina (2)).

Izjednačavanjem matrica orijentacije iz jednačina (6) i (7), odnosno,

$${}^{TP=M}_T R(\theta_1, \theta_2) = {}^M_T R(B, C) \quad (9)$$

se za zadate vrednosti uglova θ_1 i θ_2 sračunavaju uglovi orijentacije alata:

$$B = -\theta_2 \text{ i } C = \theta_1 \quad (10)$$

čime je kompletirano rešenje direktnog kinematičkog problema petoosnog hibridnog mehanizma.

3.2 Rešenje inverznog kinematičkog problema petoosnog hibridnog mehanizma

Za zadatu poziciju vrha alata ${}^M p_T = [x_T \ y_T \ z_T]^T$ i orijentaciju alata definisanu ortom ${}^M k_T = [k_{Tx} \ k_{Ty} \ k_{Tz}]^T$, odnosno, uglovima orijentacije alata B i C , treba odrediti pozicije klizača p_1, p_2 i p_3 i uglove θ_1 i θ_2 . Kao što se vidi iz jednačina (10) određivanje uglova θ_1 i θ_2 je vrlo jednostavno.

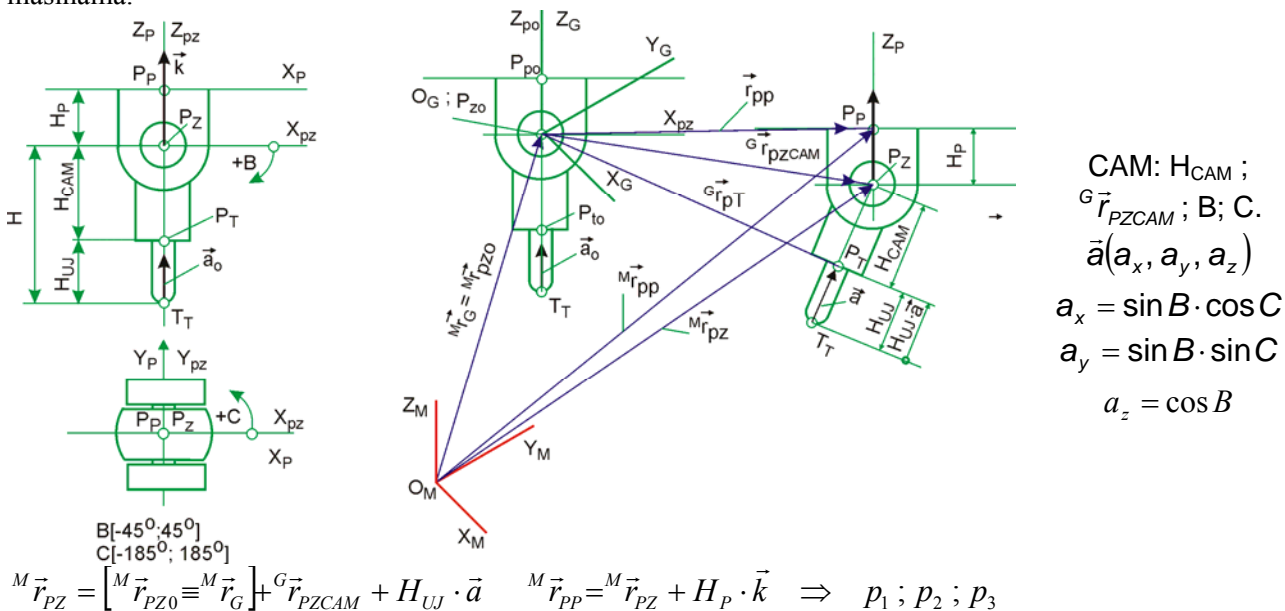
Iz jednačina (8) se, za zadatu poziciju alata $[x_T \ y_T \ z_T]^T$ i prethodno izračunate uglove θ_1 i θ_2 , odnosno, uglove B i C , izračunava pozicija platforme kao:

$$x_{p_2} = x_T - x_{TP} + l_2 c C s B, \quad y_{p_2} = y_T - y_{TP} + l_2 s C s B, \quad z_{p_2} = z_T + l_1 + l_2 c B \quad (11)$$

Za ovako sračunate koordinate pozicija platforme se iz jednačina (1) određuju pozicije klizača p_1, p_2 i p_3 , što zajedno sa uglovima θ_1 i θ_2 čini kompletno rešenje inverznog kinematičkog problema hibridnog petoosnog mehanizma.

4. KONCEPT SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I PROGRAMIRANJE

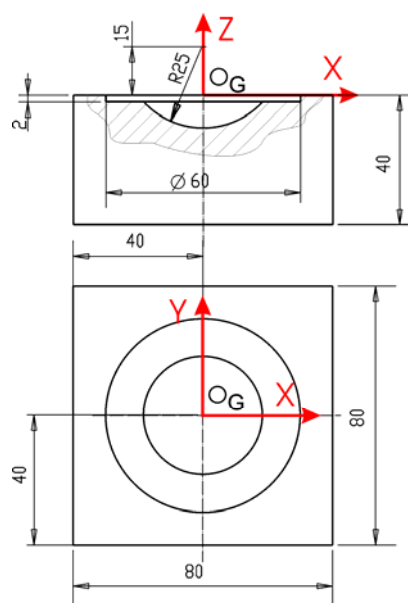
Ova mašina može da se programira samo u okruženju CAD/CAM sistema koji podržava petoosnu obradu. Trenutna verzija sistema za upravljanje podešena je tako da preuzima G-kod za putanju alata pripremljen za mašinu sa serijskom kinematikom strukture (X,Y,Z,B,C). Sistem ima interpreter G-koda, planer putanje i implementirana rešenja za inverznu i direktnu kinematiku ove hibridne mašine. Planirano je: uobičajeno transformisanje koordinatnih sistema sa obratka na mašinu i osnovna pozicija alata $\vec{a}_0 \equiv \vec{k}$, slika 6. Koordinatni sistem mašine je (X_M, Y_M, Z_M) , a obratka (X_G, Y_G, Z_G) . Vrha alata je T_T , a programirana tačka na putanji u sistemu CAM je P_T . Tekuća pozicija orta alata je $\vec{a} \equiv {}^M k_T = [k_{Tx} \ k_{Ty} \ k_{Tz}]^T$. Time rukovaoc ove hibridne mašine zadržava navike stečene u rukovanju uobičajenim serijskim petoosnim mašinama.



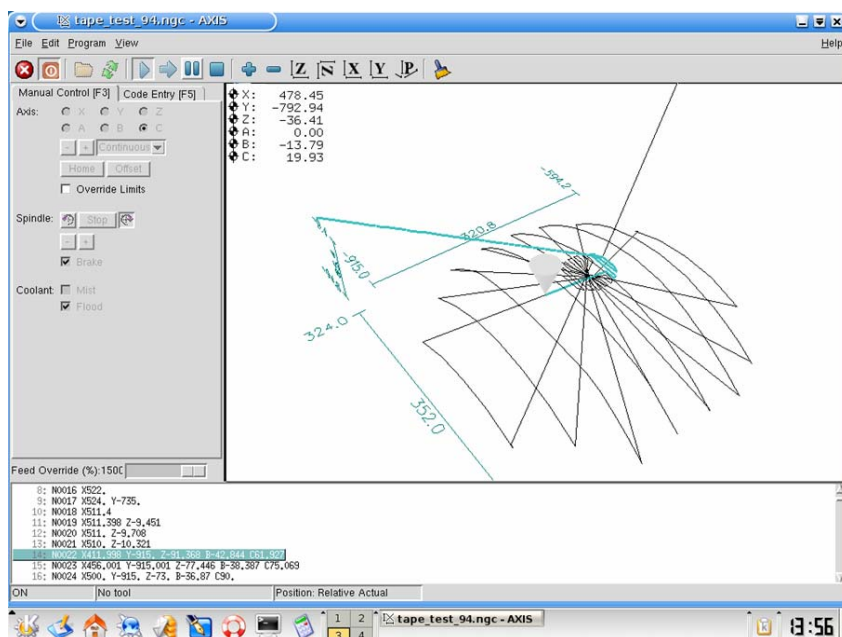
Slika 6. Tehnološki koordinatni sistemi hibridne mašine

Planirano je i korigovanje dužine alata u samom sistemu za upravljanje (H_{UJ} je naknadna korekcija dužine alata posle pokretanja programa koji već ima uračunatu dužinu alata H_{CAM}). Za proveru interpretera i interpolatora simulirana je obrada probnog dela, slika 7a). G-kod je pripremljen za putanju centra P_Z u koordinatnom sistemu mašine (translacija koordinatnih sistema i korigovanje dužine alata nisu aktivirani).

Simulirana putanja za taj program pokazana je na slici 7b). Na tom ekranu pokazan je i aktivni deo G-koda, ali i trenutne pozicije svih pet aktivnih pogonskih osa. U sistem je ugrađeno rešenje inverznog kinematičkog problema po koordinatama pogonskih osa p_1 , p_2 i p_3 i uglovima B i C dvoosne glave, umesto po uglovima θ_1 i θ_2 .



a) Probni deo



b) Primer ekrana softvera za upravljanje ParKinG 5-Axis

Slika 7. Simulacija sistema za upravljanje hibridnom mašinom

5. ZAKLJUČAK

U radu je pokazano kinematičko modeliranje hibridnog, paralelno-serijskog mehanizma sa pet stepena slobode. Data su rešenja direktnog i inverznog kinematičkog problema, kao osnove za projektovanje, upravljanje i programiranje jedne hibridne petoosne glodalice čiji je razvoj u toku.

Korišćenjem jednačina inverzne kinematike realizovan je i sistem za upravljanje i programiranje. Za programiranje se koristi CAD/CAM sistem koji podržava petoosnu obradu glodanjem i ima adekvatan postprocesor, a za upravljanje sistem EMC 1 [4,5] za upravljanje mašinama u okruženju LINUX.

6. LITERATURA

- [1] Milutinović, D., Glavonjić, M., Kvrđić, V., Živanović, S., Novi paralelni mehanizam za glodalice sa dugačkom X osom, 31. JUPITER konferencija, 27. simpozijum NU - Roboti - FTS, Zbornik radova, ISBN 86-7083-508-8, str. 3.6-3.11, Mašinski fakultet, Beograd, Zlatibor, april 2005.
- [2] D. Milutinovic, M. Glavonjic, V. Kvrđic, S. Zivanovic, A New 3-DOF Spatial Parallel Mechanism for Milling Machines with Long X Travel, 2005, Annals of the CIRP, Vol. 54/1, pp. 345 – 348.
- [3] S. Živanović, Z. Dimić, Upravljanje modela troosne mašine sa paralelnom kinematikom pn 101 na bazi EMC sistemskog softvera, 33. JUPITER konferencija, 29. simpozijum NU-Roboti-FTS, rad u štampi, Mašinski fakultet, Beograd-Zlatibor, maj 2007.
- [4] EMC - Enhanced Machine controller web site - www.linuxcnc.org
- [5] NIST - National Institute of Standards and Technology web site - www.nist.gov

M. Glavonjić, D. Milutinović, S. Živanović, Z. Dimić

CONFIGURATION OF A HYBRID 5-AXIS MACHINE

Summary

This paper describes kinematic modelling of 5-DOF hybrid mechanism. Given solutions inverse and direct kinematics are basement for design, control and programming system of one hybrid 5-axis milling machine.

Key words: hybrid mechanism, 5-axis milling machine, modelling, control.



P.B. Petrović, Mr. Živana Jakovljević ¹

DINAMIČKA KOMPENZACIJA NEHOMOGENIH MAGNETSKIH SVOJSTAVA NESTACIONARNE FEROMAGNETNE METE KOD INDUKTIVNIH MERNIH SISTEMA VISOKE PRECIZNOSTI

Rezime

Savremeni merni sistemi za beskontaktno merenje pozicije metalnih objekata vrlo često su bazirani na primeni induktivnih senzora. Ovi senzori poseduju veliku rezoluciju, visoku tačnost, izuzetna dinamička svojstva i neosetljivost na sve oblike kontaminacije koji se sreću u industrijskim uslovima. Prirodna nelinearnost, kao i osetljivost na promene temperature ambijenta se uspešno kompenzuju odgovarajućim konstrukcionim rešenjima i primenom savremenih integrisanih mikroprocesorskih sistema. Osetljivost induktivnih senzora na nehomogenost magnetnih svojstava objekta čija se distanca meri je jedan od kritičnih sistemskih problema koji ograničava primenu ove vrste senzora u visokopreciznim mernim sistemima koji rade sa nestacionarnim feromagnetnim metama. Dosadašnji pristup u rešavanju ovog problema je bio zasnovan na korekciji magnetne nehomogenosti mete ili na primeni kompenzacionih tabela. U oba slučaja, poboljšanja su ograničena razmera zbog toga što je magnetna nehomogenost feromagnetnih materijala nestacionarne prirode. U okviru ovog rada izlaže se jedan radikalno novi pristup koji je baziran na dinamičkoj kompenzaciji greške primenom multirezolucijske analize merenog signala. Multirezolucijskom dekompozicijom merenog signala u vremenskom i frekventnom domenu primenom diskretne vejtlet transformacije, izdvajaju se konačni skup fazno korektnih komponenata, među kojima se prepoznaje i izdvaja ona komponenta koja nastaje kao posledica magnetne nehomogenosti materijala mete. Izborom odgovarajućeg oblika vejtleta, ova metoda se može uspešno primeniti i u realnom vremenu, sa minimalnim vremenskim kašnjenjem od samo nekoliko uzorka. Ova metoda je eksperimentalno verifikovana na lasersko-induktivnom mernom sistemu za merenje debljine gumiranog korda na liniji za kalandriranje.

1. UVOD

Tehnologija induktivnih beskontaktnih senzora za merenje deistance je tehnologija koja se široko primenjuje u savremenim sistemima industrijske automatizacije. Vrhunske performanse i neke specifičnosti koje ne poseduju druge vrste senzora čini tehnologiju induktivnih senzora pogodnom za gradnju različitih metroloških sistema, za najširi spektar primena u industriji.

Postoje dva karakteristična slučaja primene induktivnih senzora. U prvom slučaju relativni položaj mete u odnosu na senzor se menja samo u pravcu merne ose senzora, dok je njen položaj u poprečnoj ravni nepromenljiv – slučaj stacionarne mete. U drugom slučaju, meta je pokretna i u poprečnoj ravni, tako da induktivni senzor meri distancu na različitim lokacijama mete – nestacionarna meta.

Drugi slučaj je mnogo češći u praksi. Tipičan primer je induktivni senzorski sistem za merenje orbite obrtnog rukavca neke rotacione mašine (rotor turbine, rotor generatora, ili glavno vreteno mašine alatke), gde se koriste dva ortogonalna induktivna senzora ugrađena u sklop uležištenja. Svaki senzor meri pomeraj rukavca u jednom od dva ortogonalna pravca i tako generiše informaciju iz koje se izvodi orbita, odnosno

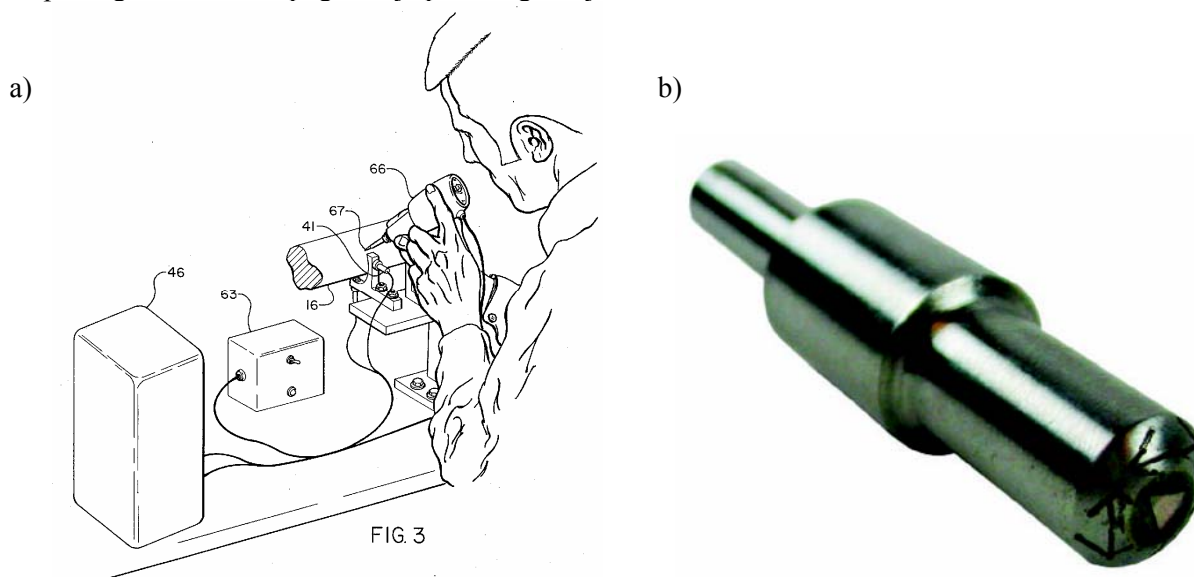
¹ Prof. dr Petar B. Petrović, Mr. Živana Jakovljević, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija; e-mail: pbpetrovic@mas.bg.ac.yu

trajektorija ose rukavca u njegovoj ortogonalnoj ravni kao funkcija vremena. Drugi primer je lasersko-induktivni diferencijalni senzorski par pomoću koga se meri debljina nemetalnih folija (polimeri, elastomeri, celuloza, ...) u procesu njihove proizvodnje. U ovakvom senzorskom sistemu, induktivni senzor meri distancu do referentnog valjka na koji se oslanja folija, a laserski senzor meri distancu do folije, odakle se superponiranjem ove dve merene veličine izvodi informacija o trenutnoj vrednosti debljine folije.

Savremena tehnologija integrisanih mikroprocesorskih sistema, kao i konstruktivna unapredjenja pretvaračkog dela induktivnog senzora [1] omogućila su razvoj visokopreciznih induktivnih senzora sa linearnošću na mikrometarskom nivou i nanometarskom rezolucijom, uz istovremeno širok prenosni opseg koji se izražava desetinama kHz (tipično od 10 do 100 kHz -3dB, zavisno veličine senzora) i odličnom temperaturnom stabilnošću ($\leq 0.01\%$ FSO/°C) i radnim opsegom (-50 do +150 °C). Ipak, postoji jedan sistemski problem koji predstavlja ozbiljan nedostatak i ograničavajući faktor u primeni ovih senzora kod gradnje visokopreciznih metroloških sistema sa nestacionarnom metom. Taj problem je poznat pod nazivom električni radijalni udar.

Termin električni radijalni udar (na engleskom *electrical runout*) je izveden po analogiji sa mehaničkim radijalnim udarom, koji je odomaćen u mašinstvu i pomoću koga se iskazuje sumarno odstupanje geometrije oblika rukavaca od kružnosti i centričnosti u odnosu na neku referencu. Nestacionarna meta zbog promenljivih elektromagnetnih svojstava [1] generiše poremećaj koji induktivni senzor registruje kao pomeraj, iako taj pomeraj faktički ne postoji. U slučaju sistema za merenje orbite rukavca rotora (turbina ili gravno vreteno mašine alatke), neophodno je poznavanje radijalnog udara oslonca kao apriorne veličine, koja se zatim oduzima od pomeraja rukavca izmerenog pomoću induktivnog senzora i tako dobija stvarna vrednost pomeraja rukavca. Radijalni udar je u opštem slučaju zbir mehaničkog i električnog radijalnog udara. Mehanički radijalni udar je konstantna veličina, a električni radijalni udar to nije. Električni radijalni udar se spontano menja i zato je njegova korekcija pomoću stacionarnih kompenzacionih tabela praktično nemoguća, sem ukoliko se procedura njihovog ažuriranja ne sprovodi često.

Rešenje problema električnog radijalnog udara induktivnog senzora se uspešno sprovodi primenom neferomagnetnih materijala za izgradnju mete, primenom čaura od neferomagnetnog materijala, ili oslojavanjem feromagnetnih materijala prevlakama koje poseduju potreban nivo elektromagnetske izotropnosti (potrebna je relativno mala debljina prevlake zbog vrlo visoke frekvencije pobudnog kola solenoida induktivnog senzora, najčešće od 100 kHz do 2MHz zavisno od prečnika solenoida senzora). Nažalost, u jednom velikom broju slučajeva ovaj pristup se ne može primeniti i tada se koriste različite metode za korekciju magnetske nehomogenosti materijala [2]. Postoji niz proizvođača koji nude komercijalne sistema za ove potrebe (slika 1b), a koji su u osnovi bazirani na primeni rešenja opisanog u [2]. Postupak je vrlo delikatan, spor, zahteva iskusne i dobro obučene radnike, ali uz uvek prisutan rizik nesupešnog ishoda, čak i pogoršanja početnog stanja.



Slika 1: Prikaz rešenja za korigovanje elektromagnetske nehomogenosti navedenog u patentu [2] koje se sastoji iz mernog sistema koji registruje elektromagnetnu nehomogenost i mehaničkog pribora kojim se preciznim mehaničkim deformacijama lokalno koriguje kristalna struktura i samim tim i elektromagnetski parametri (a); Komercijalno raspoloživi mehanički alat sa dijamantskim vrhom za lokalnu promenu metrolofske strukture preciznim deformisanjem (b).

U okviru ovog rada izlaže se jedan novi pristup koji je baziran na dinamičkoj kompenzaciji greške primenom multirezolucijske dekompozicije merenog signala, a koji je razvijen u sklopu istraživačkih aktivnosti sprovedenih u okviru projekta TR-6362A². Prvo se u okviru poglavlja 2 daju osnovni elementi principa funkcionisanja induktivnog senzora, sa fokusom na uticaj metalurških svojstava materijala objekta. Zatim se u poglavlju 3 navodi kratak izvod osnova multirezolucijske dekompozicije signala primenom diskretne vejtlet transformacije i definiše osnova predloženog pristupa dinamičke kompenzacije nehomogenih magnetskih svojstava feromagnetne mete. U poglavlju 4 se navodi primer praktične implementacije ovog rešenja na lasersko-induktivnom mernom sistemu za merenje debljine gumiranog korda na liniji za kalandriranje. Presentacija razvijenog rešenja se završava diskusijom i pregledom daljih pravaca usavršavanja ovog rešenja.

2. INDUKTIVNI SENZOR

Induktivni senzor je elektromagnetni pretvarač koji registruje udaljenost elektroprovodne mete kompenzovanjem promene impedanse solenoida koji se pobudjuje stabilnim visokofrekventnim izvorom. Pretvarački mehanizam nije linearan i zato je neophodno ovu zavisnost linearizovati premenom odgovarajućih linearizacionih algoritama i kalibracionih procedura.

2.1 Princip funkcionisanja

Fizička osnova funkcionisanja induktivnog senzora bazirana je na preciznom merenju poremećaja primarnog magnetnog polja pod dejstvom vrtložnih struja generisanih tim magnetnim poljem u metalnoj meti. Veličina poremećaja magnetnog polja je proporcionalna distanci metalne mete, tako da se merenjem tog poremećaja, posredno meri distanca.

U svom osnovnom obliku izvodjenja, induktivni senzor se sastoji iz jednog solenoida koji se napaja visokofrekventnom strujom koju generiše precizno stabilisani oscilator. Solenoid induktivnog senzora generiše promenljivo magnetsko polje. Kada se u ovom magnetnom polju nadje neki elektroprovodni objekat, u njemu se zbog elektromagnetske indukcije javljaju vrtložne struje. Generalno, pojava vrtložnih struja kod većine električnih mašina je višestruko štetna, ali u ovom slučaju, vrtložne struje omogućavaju funkcionisanje induktivnog senzora (u zapadnoj literaturi, ovaj tip senzora se naziva *eddy-current* senzor, čime se na najdirektniji način ističe značaj vrtložnih struja za funkcionisanje induktivnog senzora).

Vrtložne struje generišu sekundarno magnetsko polje koje se superponira sa primarnim magnetskim poljem, što dovodi do smanjenja magnetskog fluksa u magnetskom kolu induktivnog senzora. Matematički model kojim se opisuje ovakav elektromagnetski sistema polazi od druge Maksimalove jednačine:

$$\text{rot}K = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (1)$$

i generalisanog Amperovog zakona izraženog u diferencijalnom obliku:

$$\text{rot}H = J \quad (2)$$

Maksimalova jednačina definiše vezu izmedju jačine indukovanog magnetskog polja \mathbf{K} i vektora magnetske indukcije \mathbf{B} , dok druga jednačina povezuje primarno magnetsko polje \mathbf{H} (magnetizaciono polje koje generiše solenoid induktivnog senzora) i gustinu Amperovih struja \mathbf{J} .

Uz prethodne jednačine treba uvesti još dve dodatne relacije:

$$J = \sigma K \quad (3)$$

$$B = \mu H \quad (4)$$

od koji prva definiše vezu izmedju gustine Amperovih struja \mathbf{J} i indukovanog magnetnog polja \mathbf{K} , gde koeficijent proporcionalnosti σ označava specifičnu električnu provodnost materijala od koga je izradjena meta (Omov zakon u diferencijalnom obliku), dok druga relacija definiše vezu izmedju magnetske indukcije \mathbf{B} i magnetizacionog polja \mathbf{H} , gde koeficijent proporcionalnosti μ ima fizički smisao apsolutne magnetske permeabilnosti materijala mete.

Relacije (1) do (4) odnose se na opšti slučaj koji podrazumeva proizvoljni geometrijski oblika mete. U okviru [3] navodi se analiza jednog jednostavnog sistema sa metom pravougaonog oblika, dimenzija $a \times b$, izradjene od tankog lima debljine δ , a za uslov paralelnosti vektora magnetske indukcije \mathbf{B} sa frontalnom površinom lima. Integracija polaznog sistema jednačina se ovim značajno pojednostavljuje. Modul kompleksne amplitude fluksa Φ magnetske indukcije \mathbf{B} oslabljene dejstvom magnetskog polja koje indukuju vrtložne struje, izračunava se u analitičkom obliku i glasi:

² U okviru ovog rada saopštavaju se rezultati istraživanja koja se sprovode na projektu TR-6362A: Revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa u cilju podizanja konkurentnosti Traval korporacije na međunarodnom tržištu, koji finansijski podržava Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

$$\Phi = \Phi_0 \frac{\sqrt{2}}{k\delta} \sqrt{\frac{\cosh(k\delta) - \cos(k\delta)}{\cosh(k\delta) + \cos(k\delta)}} \quad (5)$$

gde je sa Φ_0 označena amplituda fluksa hipotetičkog sistema bez pojave vrtložnih struja, pri čemu je:

$$k = \sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}} \quad (6)$$

Na osnovu relacija (5) i (6) sledi da je fluks primarnog magnetskog polja solenoida induktivnog senzora pored geometrijskih parametara mete, funkcija elektromagnetskih svojstava materijala mete - magnetske permeabilnosti i provodnosti i kružne frekvencije ω po kome se menja intenzitet primarnog magnetskog polja.

Bez obzira na činjenicu da se relacije (5) i (6) odnose na jedan specifičan slučaj koji je gruba aproksimacija realnog fizičkog sistema funkcionisanja induktivnog senzora, njihova vrednost za problematiku koja se razmatra u ovom radu je dovoljna u fenomenološkom smislu, jer one jasno identifikuju osnovne poremećajne faktore koji utiču na metrološka svojstva induktivnog senzora. Samo senzorski sistem koji poseduje stabilan oscilator za pobudu solenoida induktivnog senzora i koji poseduje metu sa stabilnim geometrijskim i elektromagnetskim karakteristikama može da bude precizan i visokorezolutni sistem. Kod idealnog induktivnog senzora, promena magnetskog fluksa iskazana relacijom (5) mora da se menja isključivo kao posledica promene distance između solenoida induktivnog senzora i mete. Mera stabilnosti geometrijskih i elektromagnetskih veličina mete, kao i stabilnost oscilatora pobudnog kola solenoida, je istovremeno i mera metrološkog kvaliteta jednog mernog sistema baziranog na induktivnom senzoru.

2.2 Vrtložne struje i fizička svojstva metala

Specifična provodnost u opštem slučaju nije konstanta već ona zavisi od velikog broja fizičkih veličina, pri čemu je, gotovo kod svih metala, dominantan uticaj temperature. Električna provodnost opada sa rastom temperature. Takodje, lokalne promene u sastavu legirajućih elemenata, kao i promene u kristalografskoj strukturi metala dovode do promene električne provodnosti, koja u ovom slučaju postaje funkcija površinskih koordinata mete.

Apsolutna magnetska permeabilnost definisana je relacijom:

$$\mu = \mu_r \mu_0 \quad (5)$$

gde je $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$ fizička konstanta i označava magnetsku permeabilnost slobodnog prostora, a μ_r je relativna magnetska permeabilnost materije koja je za sve materijale, sem za dijamagnetike, veća od jedinice. Relativna magnetska permeabilnost može se uslovno koristiti i za feromagnetske materijale, ali se tada mora uzeti u obzir da je μ_r funkcija jako zavisna od \mathbf{H} i od kristalografske strukture materijala.

Feromagnetski materijali od koji se najčešće izrađuju mašinski delovi su nehomogene strukture u elektromagnetskom smislu. Nehomogenost strukture može da bude posledica metalurških svojstava materijala i posledica mehaničke i termičke obrade u svim fazama nastajanja jedne mašinske komponente [3], [4].

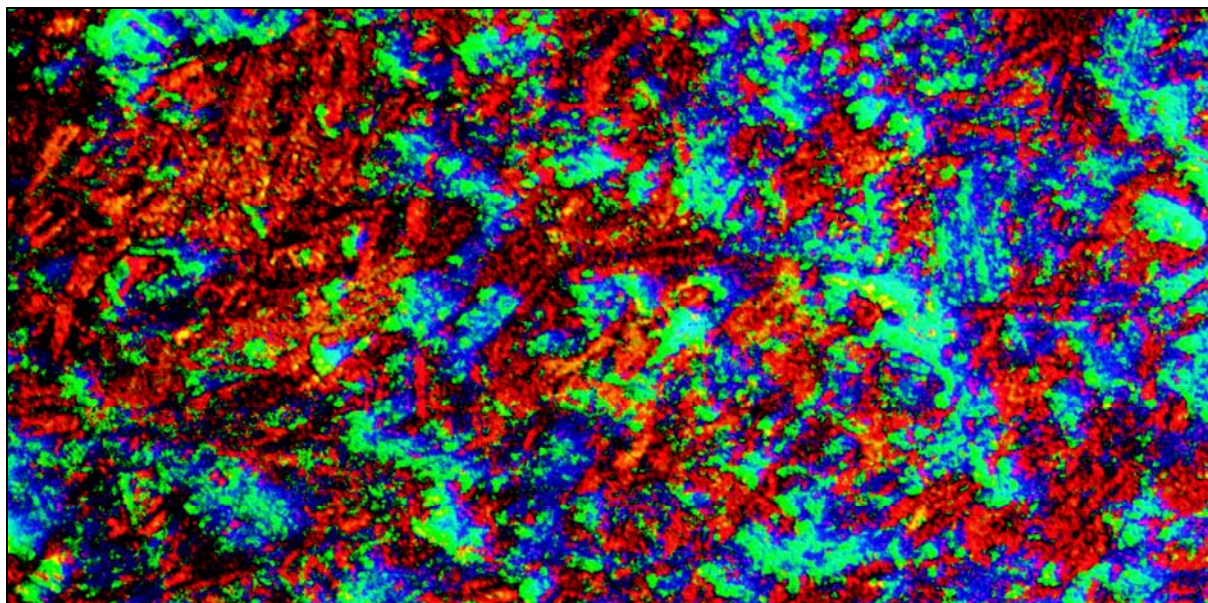
Nehomogenost strukture metalurškog tipa, odnosno anizotropnost u sastavu (količina i difuzija legirajućih elemenata i prisustvo nečistoća), kristalnoj strukturi (pravilnost rešetke, veličina zrna i raspored zrna), orijentaciji kristalne rešetke (orijentacija zrna), kao i fazne promene koje nastaju kroz varijantne oblike krive očvršćavanja (a koje dovode do varijantnih kristalnih transformacija), dovodi do elektromagnetske nehomogenosti materijala, odnosno magnetske permeabilnosti i provodnosti koje nisu konstantne već se menjaju po nekom slučajnom zakonu u makro razmerama. Neki od kristalnih oblika su krupnozrnog a neki sitnozrnog sastava; neki su stabilnog a neki nestabilnog tipa, orijentacija magnetskih osa kristalnog zrna nije uniformno raspoređena u prostoru, . . . Na primer, umesto da se očvršćavanjem čelika normalno dobijaju ferit i cementit, asustenit kao stabilna faza na visokoj temperaturi stvara novu fazu koja se naziva martenzit. Martenzit se odlikuje kristalnom nestabilnošću na sobnoj temperaturi. Pod određenim uslovima očvršćavanja formiraju se strukture koje se sastoje iz većeg broja faza, koje su međusobno pomešane, po pravilu neravnomerno, što dovodi do drastične metalurške anizotropnosti na makro nivou. Na spojevima ovih faza dešavaju se različite interakcije na atomskom nivou, koje dalje produkuju nestabilnu strukturu, koja se menja spontano (puzanje) ili pod dejstvom spoljašnjeg radnog opterećenja. Metalurška anizotropnost iz prethodnih razloga je inherentno promenljiva – materijal se u elektromagnetskom smislu ponaša kao 'živa' struktura.

Nehomogenost strukture koja nastaje kao posledica mehaničke obrade i to u svim fazama prerade, od primarne kod proizvodnje polufabrikata do finalnog brušenja ili poliranja, i termičke obrade koja se normalno koristi da bi se postigle odgovarajuće mehaničke karakteristike zahtevane funkcijom dela u sklopu u koji se ugrađuje, ima za posledicu nehomogenost strukture materijala koja je vrlo slična nehomogenostima metalurškog tipa. U ovom kontekstu je poznat primer 'efekta kalandriranja (valjanja)' gde postupak prerade

dovodi do sistematskog preusmeravanja kristalne strukture, narušavajući prirodnu kristalnu anizotropnost stohastičkog tipa na mikro nivou koja na makro nivou generiše kvazi izotropna svojstva (pitanje razmera). Efekat kalandriranja usmeravanjem kristala dovodi do pojave anizotropnosti na makro nivou, sa drastičnim razlikama u svim mehaničkim i elektromagnetskim osobinama materijala, bez obzira na hemijski sastav materijala. Slični efekti se dobijaju u tehnologiji rotacionog kovanja koja se koristi za izradu polufabrikata šipkastog oblika, velikog prečnika. Termička obrada ima izuzetan uticaj na metaluršku strukturu. Efekti poremećaja nastali nekim vrstama obrade se kasnije mogu samo delimično eliminisati i u tom smislu termička obrada može da se vrlo efikasno iskoristi.

Nehomogenosti metalurškog tipa mogu da budu posledica i nepažljivog rukovanja (koncentrisani udari koji nastaju u fazi montaže ili kao posledica neadekvatne manipulacije), što se može svesti na slučaj mehaničke obrade.

Prisustvo zaostalog magnetizma takodje dovodi do elektromagnetne anizotropnosti. Na fotografiji ispod prikazana je primer izgleda strukture legiranog čelika koji je dobijen postupkom metalografskog snimanja polarizovanom svetlošću pod mikroskopom sa 50 x uveličanjem. Jasno se uočava nehomogena kristalna struktura sa neravnomerno raspoređenim i slučajno orijentisanim kristalnim zrnima tipa martenzitnih formacija i delta-feritnih formacija, uz značajno prisustvo bakarnih primesa. Ovakva anizotropnost rezultuje veliku elektromagnetsku nehomogenost. Šarenilo boja je istovremeno i šarenilo elektromagnetskih svojstava! Prisustvo nestabilnih martenzitnih formacija ovu anizotropnost čini nestacionarnom. U fazi eksploatacije, kada je deo izradjen od ovakvog materijala izložen mehaničkim opterećenima, dolazi do intenziviranja ove nestacionarnosti, što za posledicu ima i značajnu nestacionarnost svih elektromagnetskih veličina materijala.



Slika 2: Primer metalografskog izgleda uzorka nerđajućeg čelika martenzitnog tipa, čija metalurška struktura sadrži elektromagnetsku anizotropnost takvog tipa koja generiše veliki poremećaj u radu induktivnog senzora.

Elektromagnetska anizotropnost se pre svega povezuje sa feromagnetnim materijalima. Kod neferomagnetnih materijala ovaj problem je drastično manji i sa aspekta tehnologije induktivnih senzora se može smatrati da praktično ne postoji. Problem je u tome što se odgovorni mehanički delovi po pravilu izradjuju od feromagnetnih materijala, odnosno od visokolegiranih čelika.

3. DINAMIČKA KOMPENZACIJA ELEKTROMAGNESKE ANIZOTROPNOSTI

Zbog svoje nestacionarnosti, elektromagnetske anizotropnosti onemogućava direktnu primenu kompenzacionih tabela za korigovanje greške merenja. Ipak, apriorna znanja o karakteru poremećaja ovog tipa otvaraju mogućnost prepoznavanja komponente signala koji dolazi od elektromagnetske anizotropnosti, a zatim i izdvajanja ove komponente iz korisnog signala. Ovakav pristup je radikalno drugačiji u odnosu na pristup baziran na kompenzacionim tabelama, zato što on ne sadrži inherentni problem nestacionarnosti

elektromagnetske anizotropnosti. Kompenzacione tabele su statičke. Prepoznavanje a zatim i potiskivanje poremećaja je dinamički proces.

Ovakim pristupom se polazni problem prevodi u dva odvojena problema: 1)problem dekompozicije signala na konačni skup fazno korektnih komponenata i 2)problem karakterizacije signala poremećaja izazvanog elektromagnetskom anizotropnošću, dovoljne za njegovo kategoričko prepoznavanje unutar skupa komponenti na koji je razbijen originalni signal.

Konvencionalne tehnike multirezolucijske analize signala bazirane su na filtriranju signala niskofrekventnim filterima. Pri tom se najčešće sprovodi analiza sa dva nivoa, gde se jedan filter koristi za uklanjanje visokofrekventnih, a drugi za uklanjanje niskofrekventnih sadržaja. Definisanje odgovarajućih filtera je složen zadatak, a njihova primena najčešće zahteva veliki broj računskih operacija što je nepovoljno sa aspekta primene u realnom vremenu. Ovakvo filtriranje najčešće nije fazno korektno. Takodje, ovakvo filtriranje nije reverzibilan proces – jednom filtriran signal se ne može na osnovu dobijenog filtriranog signala rekonstruisati. Pristup koji se koristi za multirezolucijsku analizu, odnosno dekompoziciju signala induktivnog senzora zasnovan je na diskretnoj vejtlet transformaciji (DWT) [5].

Osnovna ideja dekompozicije signala koja se ovde koristi proizilazi iz rada izloženog u okviru [6], a zasniva se na ideji da se informacija koju signal nosi može reorganizovati kao skup detalja koje on sadrži na različitim rezolucijama. Naime, ako je dat skup rezolucija 2^j , $j \in \mathbf{Z}$, skup detalja koje signal sadrži pri rezoluciji 2^j dat je razlikom njegove aproksimacije pri rezoluciji 2^j i 2^{j-1} . Drugim rečima, svaki signal f se može prikazati kao suma njegove aproksimacije na rezoluciji $J - A_j f$ i detalja $- D_j f$, $j \in [1, J]$ koji su mu oduzeti pri prelaski sa sa viših na niže rezolucije. Na osnovu prethodnog važi:

$$f = A_J f + \sum_{j=1}^J D_j f \quad (7)$$

Aproksimacija funkcije na rezoluciji 2^j , može se odrediti dekomponovanjem funkcije f na ortonormalni bazis $\{\phi_{j,n}(x) = 2^{-j/2} \phi(2^j x - n), j, n \in \mathbf{Z}\}$ koji se naziva ortonormalni bazis funkcija skaliranja, gde je ϕ tzv. funkcija skaliranja, x nezavisno promenljiva, a n faktor koji definiše translaciju funkcija skaliranja duž ose x . Dakle, aproksimacija signala na rezoluciji j data je relacijom:

$$A_j f = \sum_n \langle f, \phi_{j,n} \rangle \phi_{j,n} = \sum_n a_n^j \phi_{j,n} \quad (8)$$

i okarakterisana je skupom skalarnih proizvoda odnosno, koeficijenata aproksimacije $a_n^j = \langle f, \phi_{j,n} \rangle$, $n \in \mathbf{Z}$ gde operator $\langle \rangle$ označava skalarni proizvod.

Pri aproksimiranju funkcije na nižoj rezoluciji (pri porastu j), dolazi do gubitka određenih informacija. Pokazuje se da, kada su određeni uslovi ispunjeni, detaljno obradjeno u okviru [5], [6] i [7], postoji ortonormalni vejtlet bazis $\{\psi_{j,k} = \psi(2^j x - n), j, n \in \mathbf{Z}\}$, gde je ψ funkcija koja se naziva vejtlet, x nezavisno promenljiva, a n faktor koji definiše translaciju vejtleta duž ose x , takav da važi:

$$A_{j-1} f = A_j f + \sum_n \langle f, \psi_{j,n} \rangle \psi_{j,n} \quad (9)$$

Detalji koji su oduzeti signalu pri prelasku sa rezolucije 2^j na rezoluciju 2^{j-1} dati su relacijom:

$$D_j f = \sum_n \langle f, \psi_{j,n} \rangle \psi_{j,n} = \sum_n d_n^j \psi_{j,n} \quad (10)$$

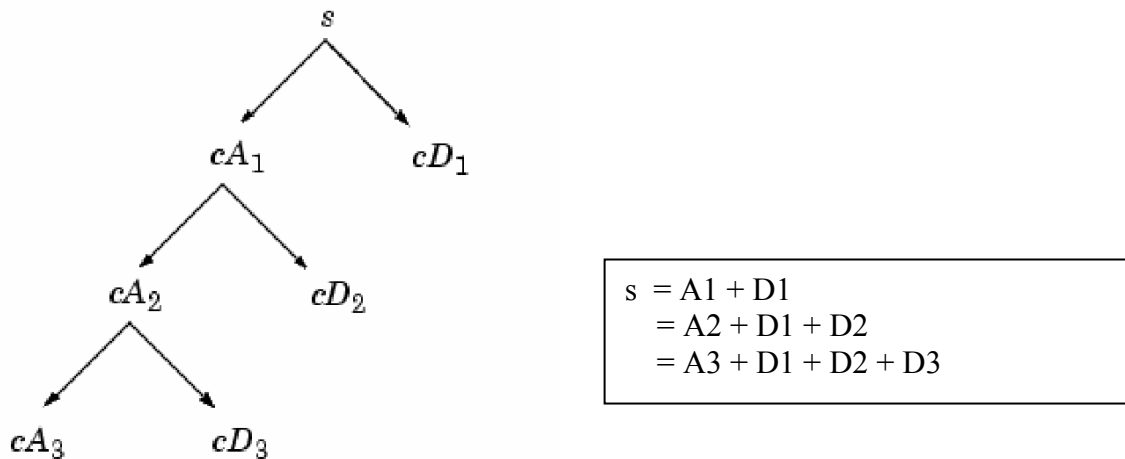
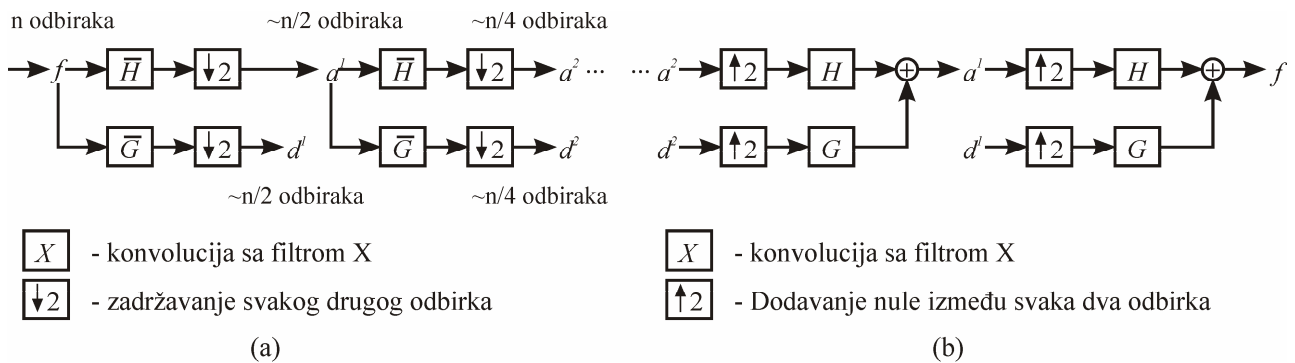
i okarakterisani su skupom skalarnih proizvoda odnosno, koeficijenata detalja $d_n^j = \langle f, \psi_{j,n} \rangle$, $n \in \mathbf{Z}$.

Koeficijenti a_n^j i d_n^j se dobijaju takozvanom šemom filtriranja koja predstavlja vejtlet reprezentaciju tj. diskretnu vejtlet transformaciju polaznog signala f . Postoji više različitih familija funkcija skaliranja i njima odgovarajućih familija vejtleta u obliku: $\{\phi_{j,n}(x) = 2^{-j/2} \phi(2^j x - n), j, n \in \mathbf{Z}\}$, odnosno $\{\psi_{j,k} = \psi(2^j x - n), j, n \in \mathbf{Z}\}$ koje čine ortonormalni bazis. One se opisuju vejtletima $\psi_{0,1}$ kao tipičnim predstavnicima. U zavisnosti od svojih karakteristika, različiti vejtleti (na osnovu kojih se definišu različiti ortonormalni bazisi) su svrstani u određene familije, kao što su Daubechies vejtleti, simlet-i, coiflet-i, biortogonalni vejtleti... Izbor vejtleta, pa samim tim i ortonormalnih bazisa funkcija skaliranja zavisi od željenih rezultata analize signala.

Multirezolucijska dekompozicija signala primenom DWT daje brz jednoprolazni hijerarhijski algoritam za izračunavanje koeficijenata aproksimacije a_n^j i detalja d_n^j , tj. za izvođenje DWT koji se može opisati šemom filtriranja prikazanom na slici 3.

Korišćenjem prikazanog hijerarhijskog algoritma koeficijenti detalja d_n^j se izračunavaju na osnovu koeficijenata aproksimacije a_n^{j-1} i to njihovim filtriranjem visokofrekventnim filtrom \bar{G} a zatim uzimanjem svakog drugog (obično parnog) odbirka. Analogno, koeficijenti aproksimacije a_n^j se izračunavaju filtriranjem koeficijenata a_n^{j-1} niskofrekventnim filtrom \bar{H} i uzimanjem svakog drugog odbirka.

Formiran je i reverzibilan algoritam [5] za izračunavanje signala f na osnovu koeficijenata a_n^j i d_n^j , tj. za izvođenje inverzne DWT. On se može opisati šemom filtriranja datom na slici 3b. Koeficijenti aproksimacije a_n^{j-1} se izračunavaju tako što se između svaka dva koeficijenta a_n^j i d_n^j ubacuje po jedna nula, a zatim se vrši konvolucija ovako dobijenih sekvenci sa filterima H i G i rezultujuće sekvence se, konačno, sabiraju.



Slika 3: Šema filtriranja za proračun: (a) direktne DWT; (b) inverzne DWT; u donjem delu slike dat je grafički prikaz dendritske strukture šeme filtriranja.

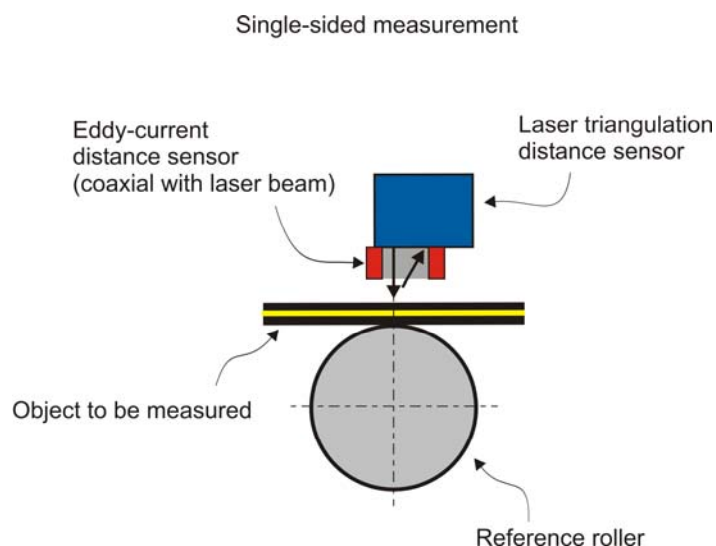
Filteri H , G , \bar{H} i \bar{G} predstavljaju simetrične konjugovane filtere i oni se izračunavaju na osnovu odabranog vejevleta, odnosno familije funkcija skaliranja [5]. Impulsni odziv ovih filtera predstavljen je nizom konačnog broja koeficijenata koji može biti vrlo mali što je izuzetno značajno sa aspekta primene date postupka u realnom vremenu. Na primer za vejevlete iz Daubechies familije ovaj broj je $2K$, gde je $K \in \mathbb{N}$ red vejevleta u datoj familiji.

Šema filtriranja za izvođenje inverzne DWT može se iskoristiti za izračunavanje aproksimacije signala na rezoluciji (nivou DWT) $J - Af$ (relacija (9)) ako se koeficijenti detalja d_j^n , $j \in [1, J]$ – relacije (7 i 10) tokom proračuna proglašavaju za nule. Detalji Df se mogu izračunati na sličan način.

Primenom postupka dekompozicije izloženog u prethodnom delu teksta moguća je fazno korektna ekstrakcija različitih informacionih sadržaja iz jednog nestacionarnog signala. Ovde se polazi od pretpostavke da različiti procesi generišu svoje sadržaje koji se mogu prepoznati na različitim razmerama jednog te istog talasnog oblika (vejevlet) koji je izabran za dekompoziciju tog signala filtracijom. Problem karakterizacije signala poremećaja je relativno lako rešiv. Po pravilu se radi o komponenti najnižeg spektralnog nivoa, komponenti koja se u analizi vremenskih serija karakteriše kao trend ili bazna linija nestacionarnog signala [8] i njeno potiskivanje se svodi na generički problem potiskivanje nekog određenog pozadinskog signala.

4. EKSPERIMENTALNA VERIFIKACIJA

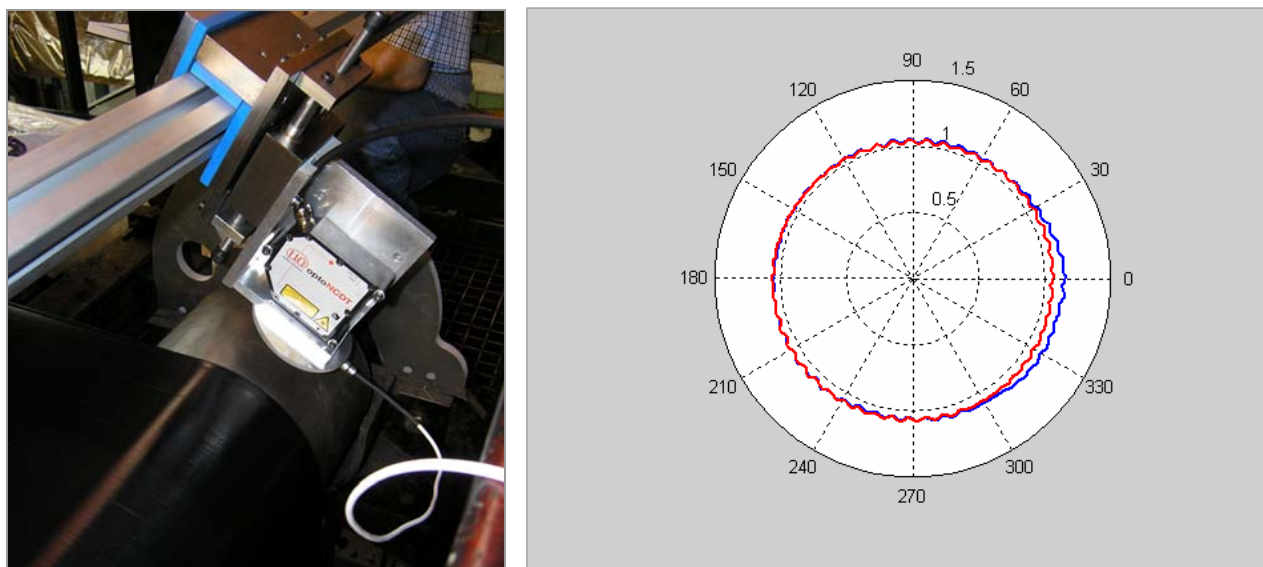
Verifikacija ravijene metode je sprovedena na lasersko-induktivnom mernom sistemu za merenje debljine gumiranog korda na linijama za kalandriranje. Prva merenja su sprovedena na liniji za gumiranje tekstilnog korda u Trayal korporaciji, gde je prepoznat problem i utvrđene njegove realne implikacije na rad mernog sistema. Koncept mernog sistema prikazan je na slici 4.



Slika 4: Koncept diferencijalnog senzorskog para baziranog na induktivnom senzoru i laserskom triangulacionom senzoru.

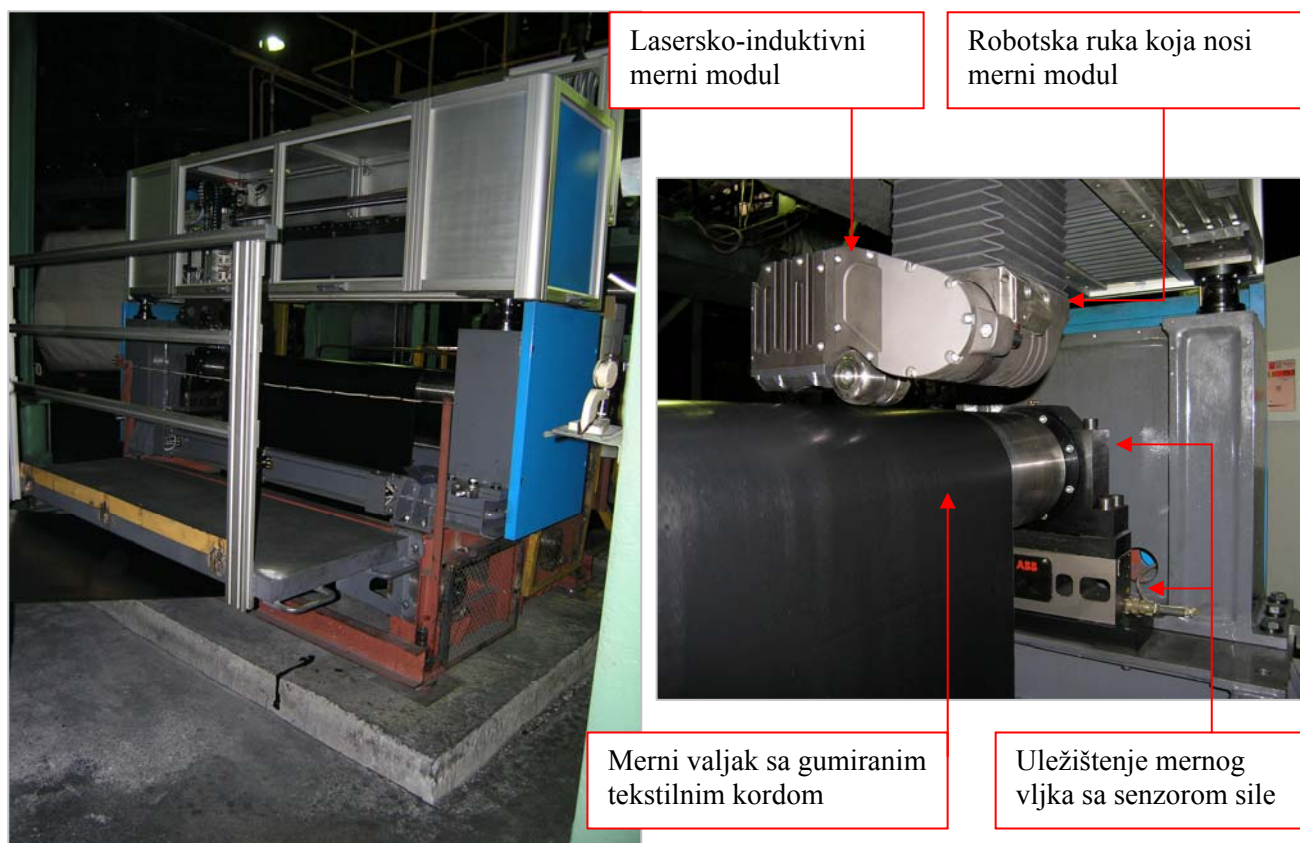
Merni sistem je diferencijalnog tipa. Induktivni senzor generiše informaciju o položaju referentne merne ravni, odnosno precizno obradjene površi mernog valjka na koji se oslanja gumirani kord u procesu njegove proizvodnje. Laserski triangulacioni senzor meri takodje distancu, ali za razliku od induktivnog senzora, laserski zrak nema mogućnost penetracije kroz gumirani kord – primarna funkcija laserskog senzora je merenje distance do vidljive površi mernog valjka ili gumiranog korda. Superponiranjem ove dve informacije, generiše se informacija o debljini gumiranog korda. Velika rezolucija laserskog senzora i velika brzina uzorkovanja omogućavaju ne samo merenje debljine, već i merenje teksture gumiranog korda, sa geometrijskom moći razlučivanja detalja na nivou 10 μm .

Na delu referentnog valjka na kome nema gumiranog korda, laserski i induktivni senzor mere distancu do jedne zajedničke površi – površ mernog valjka. Oba senzorska signala moraju da budu uparena, odnosno da generišu nultu debljinu objekta merenja. Ova pogodnost se koristi za autokalibraciju sistema. Istovremeno, ovim se omogućava vrlo precizna identifikacija poremećaja u radu induktivnog senzora koji izaziva elektromagnetska nehomogenost materijala mernog valjka. Na slici 5 prikazana je korišćena merna instalacija i zapis koji su generisali induktivni i laserski senzor na mestu kalibracije. Očigledan je uticaj elektromagnetske nehomogenosti materijala na rad induktivnog senzora.

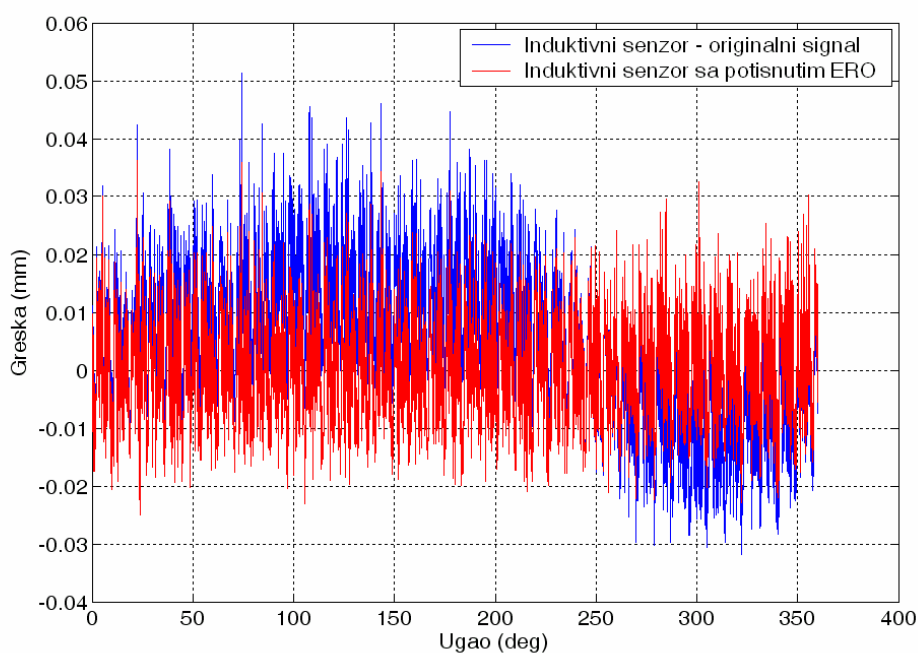


Slika 5: Fotografija merne instalacije primenjene na kalandru Repiquet u Trayal korporaciji i grafik koji pokazuje zapis induktivnog (plavo) i laserskog senzora (crveno); mehanička komponenta radijalnog udara registruje se laserskim senzorom, razlika zapisa induktivnog i laserskog predstavlja komponentu električnog radijalnog udara; sinhrona modulacija oba zapisa je posledica vibracija mernog sistema koja se otklanja diferencijalnom konfiguracijom.

Detalja istraživanja su sprovedena na laserskom mernom sistemu koji je razvijen za potrebe ruske kompanije Amtel, VOLTAIR iz Volgograda. Izgled razvijenog i instaliranog mernog sistema je prikazan na slici 6. Primer merenog signala koji je generisan na ovoj mernoj stanici navodi se na slici 7.



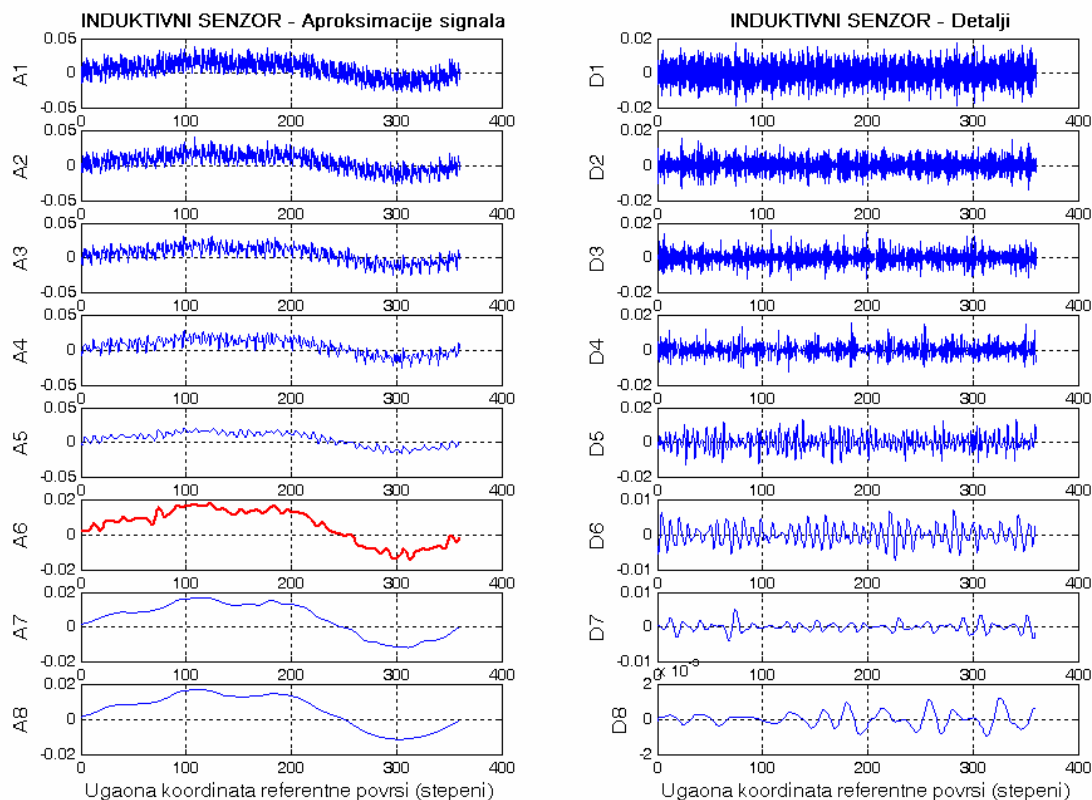
Slika 6: Fotografija merne instalacije primenjene na liniji za kalandriranje gumiranog tekstilnog korda u fabrici Amteal VOLTAIR, Volgograd, Rusija.



Slika 7: Originalni signal induktivnog senzora i isti taj signal sa uklonjenom komponentom koja dolazi od elektromagnetske anizotropnosti materijala valjka (zabeleženo u realnim mernim uslovima – linija za kalandriranje gumiranog tekstilnog korda).

Prvi korak je prevodjenje senzorskih signala iz vremenskog u ugaone koordinate mernog valjka. Za ove potrebe ugrađen je odgovarajući obrtni enkoder sa rezolucijom od 0.25° . Prevodjenjem senzorskih signala iz vremenskog u prostorni domen, komponenta koja dolazi od poremećaja izazvanog elektromagnetnom nehomogenošću mernog valjka postaje konstantna.

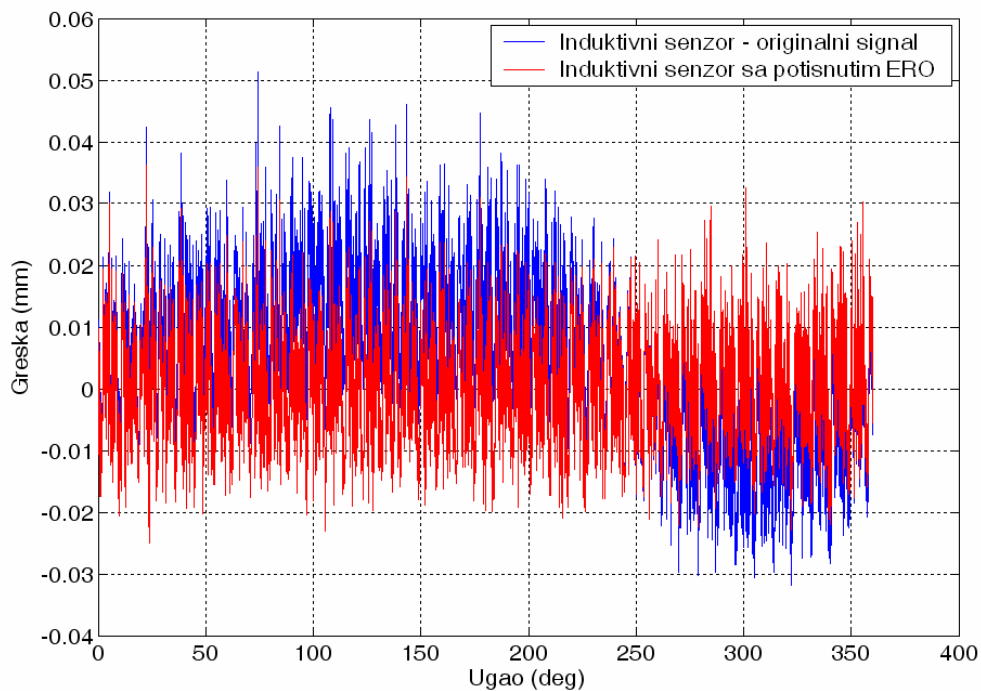
Signal induktivnog senzora iskazan u ugaonim koordinatama se zatim dekomponuje preme prethodno navedenom postupku. Za konkretan slučaj dekompozicije signala induktivnog senzora odabran je vejevlet db4 (četvrti vejevlet iz Daubechies familije vejevleta) [6], [7]. Broj koeficijenata u impulsnom odzivu konjugovanih simetričnih filtera H , G , \overline{H} i \overline{G} koji odgovaraju ovom vejevletu je 8, što znači da je na svakom nivou DWT potreban bafer od po samo 8 odbiraka za sprovođenje konvolucije. Ovo je izuzetno značajno sa aspekta primene predloženog algoritma u realnom vremenu, kao i u tehničkim performansama mikroprocesorskog sistema na kome se kompletan algoritam implementira. Signal induktivnog senzora dekomponovan na 8 nivoa prikazan je na slici 8.



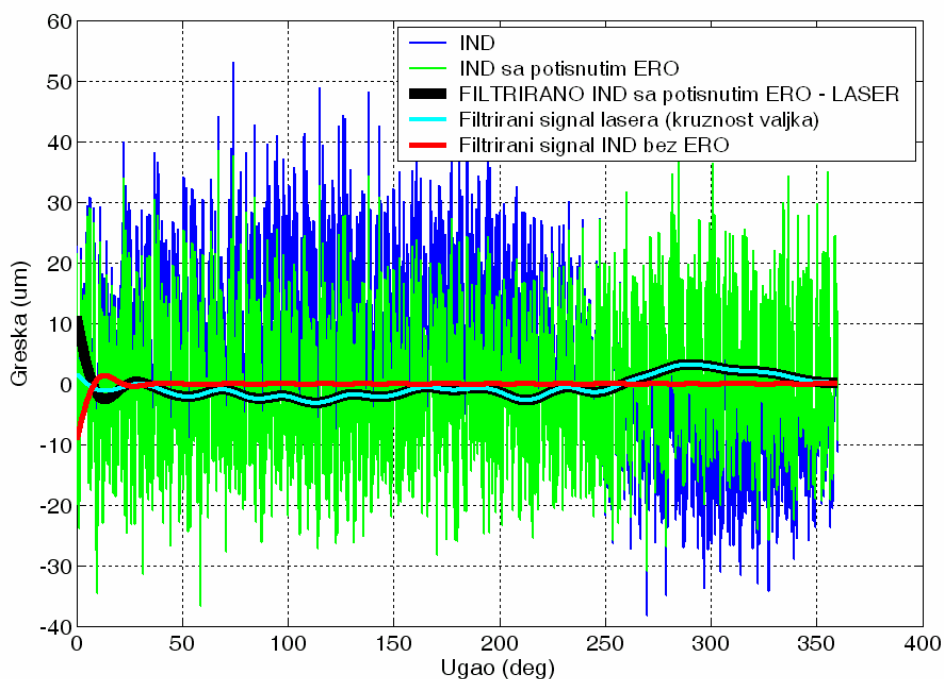
Slika 8: Sekvenca signala induktivnog senzora (signal preveden u ugaone koordinate mernog valjka) dekomponovana pomoću DWT i db4 vejevleta na osam nivoa.

Analizom karaktera aproksimacija na najvišim nivoima (nivo 4 i dalje) utvrđeno je da je aproksimacija na nivou A6 nosi najbolje izolovan sadržaj koji odgovara poremećaju izazvanom elektromagnetnom anizotropnošću. Uklanjanjem ove komponente dobija se korigovan signal induktivnog senzora, odnosno signal sa kompenzovanom greškom elektromagnetske anizotropnosti materijala valjka. Na slici 9 prikazan je originalni i kompenzovani signal induktivnog senzora.

Provera efektivnosti procedure može se izvršiti uvodjenjem signala laserskog senzora. Laserski senzor registruje samo geometrijska svojstva valjka, odnosno mehanički radijalni udar. U idealnom slučaju razlika između laserskog signala i signala induktivnog senzora sa uklonjenom komponentom bazne linije nestacionarnog signala (zeleno), 3)NF filtrirani signal razlike kompenzovanog signala induktivnog senzora i laserskog senzora (crno), 4)NF filtrirani signal laserskog senzora koji prikazuje odstupanje mernog valjka od kružnosti, odnosno njegov mehanički radijalni udar (cijan) i 5)NF filtrirani kompenzovani signal induktivnog senzora. Zbog inherentne greške algoritma NF filtracije svi signali na koordinati bliskoj 0° nisu verodostojni.



Slika 9: Originalni signal induktivnog senzora (plavo) i signal sa uklonjenom komponentom koja dolazi od elektromagnetske anizotropnosti materijala valjka (crveno).



Slika 10: Uporedni prikaz zapisa induktivnog i laserskog senzora: 1) originalni signal induktivnog senzora (plavo), 2) signal induktivnog senzora sa uklonjenom komponentom bazne linije nestacionarnog signala (zeleno), 3) NF filtrirani signal razlike kompenzovanog signala induktivnog senzora i laserskog senzora (crno), 4) NF filtrirani signal laserskog senzora koji prikazuje odstupanje mernog valjka od kruznosti, odnosno njegov mehanički radijalni udar (cijan) i 5) NF filtrirani kompenzovani signal induktivnog senzora.

Uočava se gotovo savršeno poklapanje filtriranog signala laserskog senzora i filtriranog signala induktivnog senzora. Ovakva situacija znači da je uklanjanjem komponente bazne linije nestacionarnog signala induktivnog senzora, istovremeno uklonjena i komponenta koja dolazi od mehaničkog radijalnog udara. Ova tvrdnja se potvrđuje prikazom filtriranog kompenzovanog signala induktivnog senzora, koja je očigledno vrlo bliska pravoj liniji (greška je značajno ispod jednog mikrometra). Neselektivnost postupka u

smislu razlikovanja komponente električnog od mehaničkog radijalnog udara je očekivana, jer se radi o dva vrlo slična sadržaja koje je objektivno teško razlikovati. Obe komponente su stacionarne u ugaonom domenu predstavljanja signala induktivnog senzora pa se i po tom osnovu ne mogu razlikovati. Ovaj očigledni nedostatak razvijene metode stvara jednu korisnu mogućnost: nivo dekompozicije signala induktivnog senzora treba izabrati tako da se postigne željena podudarnost signala laserskog senzora i signala kompenzovanog induktivnog senzora. Po ovom kriterijumu šesti nivo aproksimacije je adekvatan.

Nedostatak razvijene metode se može prevazići upotrebom statičke kompenzacione tabele u kojoj se čuvaju vrednosti mehaničkog radijalnog udara mernog valjka. Poremećaj ovog tipa je stacionaran i u konkretnom slučaju laserske merne stanice jednostavno se može identifikovati i memorisati. Umesto nepouzdatih kompenzacionih tabela u kojima se čuva informacija električnog radijalnog udara, treba čuvati informacije o mehaničkom radijalnom udaru, odnosno čisto geometrijskoj informaciji o odstupanja od cilindričnosti i saosnosti mernog valjka.

5. ZAKLJUČAK

U radu je izložen postupak dinamičkog kompenzovanja greške induktivnog senzora izazvane anizotropnim elektromagnetskim svojstvima nestacionarne feromagnetne mete. Dekompozicijom signala na faznokorektnu komponente i uklanjanjem komponente bazne linije koja u najvećoj meri odgovara poremećaju koje izaziva slektromagnetska anizotropnost problem se može efikasno rešiti. Postupak je dinamički jer on uvek uklanja komponentu bazne linije bez obzira na njen trenutni oblik. Razvijena metoda poseduje nesavšenost koja se sastoji u tome da se istovremeno uklanja i komponenta mehaničkog radijalnog udara. Ovaj nedostatak se može efikasno otkloniti primenom statičkih kompenzacionih tabela.

Reference:

- [1] G.Y. Tian, Z.X. Zhao, R.W. Baines and P. Corcoran, Blind Sensing, IEE Manufacturing Engineer, pp. 179-182, Aug. 1997.
- [2] D. H. Biggs, Method for Removing Electrical Runout in Machine Shafts and Apparatus for Use With the Same, US Patent 3,986,380, 1976.
- [3] J. Surutka, *Elektromagnetika*, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1971.
- [4] K. H. J. Buschow and F. R. de Boer, 2004, *Physics of Magnetism and Magnetic Materials*, Kluwer Academic Publishers, NY, ISBN: 0-306-47421-2, 2004.
- [5] I. Daubechies, *Ten Lectures on Wavelets*, CBMS-NSF Regional Conf. Ser. in Appl. Math., vol. 61, SIAM, Philadelphia, 1992.
- [6] Mallat, S., G., A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol II, No. 7, pp. 674-693, July 1989.
- [7] Daubechies, I., The Wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis, IEEE Transactions on Information Theory, Vol.36, No.5, pp.961-1004, September 1990
- [8] F.T. Chau, Y.Z. Liang, J. Gao and X.G. Shao, *Chemometrics - From Basics to Wavelet Transform*, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN 0-471-20242-8, 2004.

Dynamic Compensation of Electrical Runout in Eddy Current Contactless Measurements of Non-Stationary Ferromagnetic Target

Abstract

Modern industrial measuring systems are frequently based on eddy current sensors. These sensors are highly accurate, resolute, has good bandwidth and they are very robust in sense of contamination in industrial working environment. Major drawback of this technology is sensitivity of eddy current sensors to electromagnetic anisotropy of target material. This problem become critical in non stationary target applications, where measuring location is normally moving in the plane orthogonal to the sensor main axis. Compensation of induced error by lookup table is impractical due to non stationarity of electromagnetic properties of target material. The other possibility is to smooth electromagnetic anisotropy by mechanical alteration of target surface. Unfortunately, this approach is very delicate and frequently lead to deterioration of initial situation. In this paper is presented radically new approach which is based on multiresolution signal decomposition using DWT, recognition the component which is generated by electromagnetic anisotropy, and removing this component from eddy current sensor readings. This approach is dynamical in its essence and therefore it is capable to handle non stationary properties of electromagnetic anisotropy. The proposed method is experimentally. Achieved results show it s applicability in real industrial conditions.

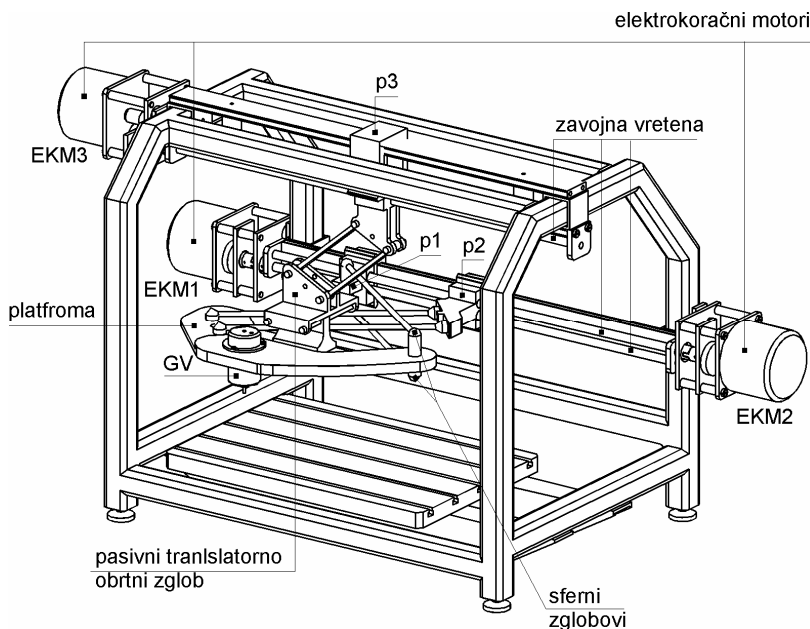
Saša Živanović, Zoran Dimić¹⁾

UPRAVLJANJE MODELA TROOSNE MAŠINE SA PARALELNO KINEMATIKOM pn101 NA BAZI EMC SISTEMSKOG SOFTVERA²⁾

Rezime

U radu je prikazano konfigurisanje sistema za upravljanje modelom troosne mašine sa paralelnom kinematikom. Na fizičkom modelu je testiran softver, koji može da se koristi i za višeosno upravljanje mašina alatki. Softver je verifikovan za troosnu obradu na fizičkom modelu mašine. Ostvareno je upravljanje koračnim motorima na modelu, na PC platformi pod Linux operativnim sistemom.

Ključne reči: upravljanje, mašina sa paralelnom kinematikom, koračni motori



Slika1. Fizički model pn101sa koračnim motorima

jedne od pogonskih osa. Za takvo izdvajanje jedne dominantne ose razvijen je paralelni mehanizam za horizontalne i vertikalne glodalice pod nazivom pn101. Detaljno je opisan u [1,2,3]. U poređenju sa sličnim napravljenim mehanizmima ovaj mehanizam ima bitno pravilniji oblik radnog prostora (nalik na modifikovanu prizmu), kako je to uobičajeno za serijske mašine.

Paralelni mehanizam pn101 nastao je kao rezultat projekta Troosne paralelne mašine, koji je rađen u saradnji sa LOLA Sistemom. Uporedo sa gradnjom industrijskog prototipa napravljen je i fizički model troosne mašine sa paralelnom kinematikom u razmeri 1:5, pokazan na slici 1. U početku je model korišćen samo za testiranje paralelnog mehanizma. Kasnije je dodat pogon na glavnom vretenu i na pogonskim osama pomoćnog kretanja. Modelu treba još dodati upravljanje da bi postao mašina, što je i predmet ovog rada. Upravljanje je realizovano na bazi EMC sistemskog softvera, koji radi pod Linux operativnim sistemom. Može se koristiti i za višeosno upravljanje, pa je pored troosnog iskorišćeno i za konfigurisanje petoosnog upravljanja.

1. UVOD

Mašine postoje da bi se koristile za neku transformaciju kretanja radi obavljanja planiranog posla. Radi njih zato postoje mehanizmi i nekakvo upravljanje i programiranje. Deo geometrije i kinematike mašine, koji potiče od mehanizma, ne može biti korigovan. Ako je upravljanje programabilno, onda se njime mogu podešavati neki elementi geometrije i kinematike mašine. Kada mehanizam mašine ima paralelnu kinematiku, tada su oblik i veličina radnog prostora slabost većine takvih mašina. Ipak, mehanizmi tipa Triaglide i Hexaglide primeri su mašina gde je radni prostor izdužen u pravcu

¹⁾ mr Saša Živanović, asistent (szivanovic@mas.bg.ac.yu), Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Zoran Dimić, dipl. ing. LOLA SISTEM PC MAA, (zdimic@yubc.net)

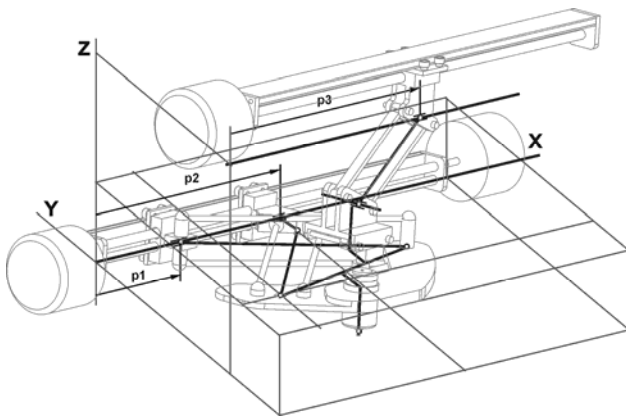
²⁾ Rađeno u okviru proteklog trogodišnjeg projekta MIS 3.02.0101 B Troosne paralelne mašine i tekućeg trogodišnjeg projekta TR6309B Petoosne paralelne mašine, u čijem finansiranju učestvuju Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Srbije i LOLA Sistem iz Beograda

2. KINEMATIČKI MODEL

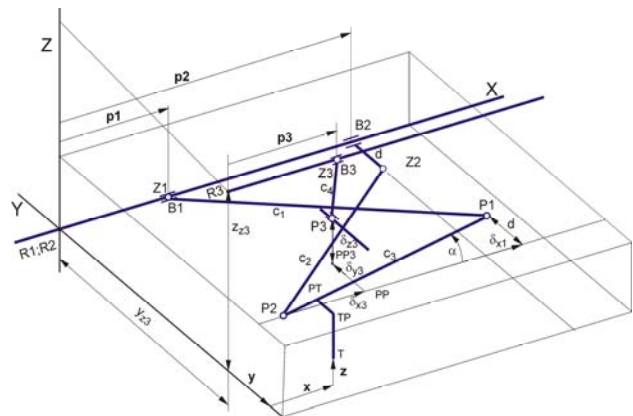
Platforma paralelnog mehanizma pn101 je pomoću dva para spojki sfernim zglobovima vezana za klizače p1 i p2. Sa trećim klizačem p3, platforma je vezana pomoću pasivnog translatorno obrtnog zgloba, slika 1. Komponente modela, da bi bile što lakše, su pretežno napravljene od aluminijuma (vođice, klizači, poklopac GV). Platforma je napravljena od plastike. Zavojna vretena su kupljena, dok je noseća struktura napravljena kao zavarena konstrukcija od šipkastog cevastog materijala kvadratnog poprečnog preseka.

Prve probe su vršene ručnim okretanjem zavojnih vretena, radi početnih provera stabilnosti i rada paralelnog mehanizma. Zatim su dodati i motori za ove tri translatorne ose. Razmatrane su varijante ugradnje koračnih motora (EKM) i motora jednosmerne struje. Kao konačno, usvojeno je rešenje sa koračnim motorima zbog lakše mogućnosti ostvarivanja upravljanja. Na pokretanoj platformi je postavljeno i osnaženo glavno vreteno, tako da model ima mogućnost obrade mekih materijala.

Geometrijski model sa slike 1 se za potrebe konkretnih izračunavanja, uprošćava na jednostavniji žičani kinematički model, prikazan na slici 2. Svaki par spojki se zamenjuje srednjom spojkom, a platforma linijom između tako osrednjenih zglobova, koji su obeleženi sa P1 i P2, slika 3. Pasivni translatorno obrtni zglob je takođe zamenjen linijama i klizačem.



Slika 2. Geometrijski i kinematički model



Slika 3. Kinematički model sa parametrima

Kinematički model sa parametrima za rešavanje inverzne i direktne kinematike dat je na slici 3. Koordinate karakterističnih tačaka mehanizma na bazi su : B1(p1; 0; 0); B2(p2; 0; 0); B3(p3; y_{z3}; z_{z3}); Z1=B1; Z2 (p2; -d; 0); Z3 = B3 ; Na pokretanoj platformi karakteristične tačke su: P1 (x_{p2} + δ_{x1}; y_{p2} + d; z_{p2}); P2 (x_{p2}; y_{p2}; z_{p2}); P3 (x_{p2} + δ_{x3}; y_{p2} + δ_{y3}; z_{p2} + δ_{z3}), gde je d = c₃ sin α .

Na osnovu kinematičkog modela mogu se uspostaviti sledeće geometrijske jednačine:

$$c_4^2 = (p_3 - x_{p3})^2 + (z_{z3} - z_{p3})^2; c_2^2 = (p_2 - x_{p2})^2 + (y_{p2} + d)^2 + z_{p2}^2; c_1^2 = (x_{p1} - p_1)^2 + (y_{p2} + d)^2 + z_{p1}^2 \quad (1)$$

Rešenje inverznog kinematičkog problema dobijeno je na osnovu kinematičkog modela i polaznih jednačina (1). Sva izračunavanja se vrše prema repernoj tački P2, od koje se lako može preračunati položaj vrha alata. Zadaje se: c₁, c₂, c₃, c₄, (α, d). Računa se sa (x_{p2}, y_{p2}, z_{p2}), ili sa (p₁, p₂, p₂). Neki od parametara mehanizma su: δ_{x1}, δ_{x3}, δ_{y3}, δ_{z3}, gde su (δ_{x1} = c₃ cos α); (δ_{y1} = d = c₃ sin α). Osnovni parametri realne mašine kao industrijskog prototipa su: c₁=1003mm, c₂=1026mm, c₃=1019mm, c₄=500mm. Odgovarajući parametri na realizovanom fizičkom modelu ove mašine su pet puta manji, odnosno: c₁=200.63mm, c₂=205.18mm, c₃=203.8mm, c₄=100mm.

Iz jednačina (1) i kinematičkog modela slede sledeće jednačine:

$$c_1^2 - c_2^2 = (x_{p1} - p_1)^2 + (y_{p2} + d)^2 + z_{p1}^2 - (p_2 - x_{p2})^2 - (y_{p2} + d)^2 - z_{p2}^2 \quad (2.1)$$

$$(z_{z3} - z_{p3})^2 = c_4^2 - (p_3 - x_{p3})^2 \quad (2.2)$$

$$c_2^2 = (p_2 - x_{p2})^2 + (y_{p2} + d)^2 + z_{p2}^2 \quad (2.3)$$

Rešenje direktnog kinematičkog problema (x_{p2}, z_{p2}, y_{p2}), dobijeno je na osnovu kinematičkog modela i jednačina 2.1, 2.2 i 2.3, respektivno. Rešenja IKP i DKP data su u Tablici 1.

Tablica 1. Rešenja IKP i DKP	
Rešenje Inverznog Kinematičkog Problema	Rešenje Direktnog Kinematičkog Pproblema
$p_3 = x_{p3} + \sqrt{c_4^2 - (z_{z3} - z_{p3})^2}$ $p_2 = x_{p2} + \sqrt{c_2^2 - [(y_{p2} + d)^2 + z_{p2}^2]}$ $p_1 = x_{p1} - \sqrt{c_1^2 - [(y_{p2} + d)^2 + z_{p1}^2]}$	$x_{p2} = \frac{s_2 - s_1^2 + p_2^2}{2(s_1 + p_2)}$ $z_{p2} = -s_4 - \sqrt{c_4^2 - (x_{p2} + s_3)^2}$ $y_{p2} = -d - \sqrt{c_2^2 - z_{p2}^2 - (x_{p2} - p_2)^2}$
$d = 30 \text{ mm}, \delta_{x3} = 100 \text{ mm}, \delta_{y3} = 5 \text{ mm}, \delta_{z3} = 55 \text{ mm},$ $z_{z3} = 120 \text{ mm}$	$s_1 = c_3 \cos \alpha - p_1, s_2 = c_1^2 - c_2^2, s_3 = \delta_{x3} - p_3,$ $s_4 = \delta_{z3} - z_{z3}, s_5 = s_2 - s_1^2 + p_2^2, s_6 = 2(s_1 + p_2)$

3. UPRAVLJANJE

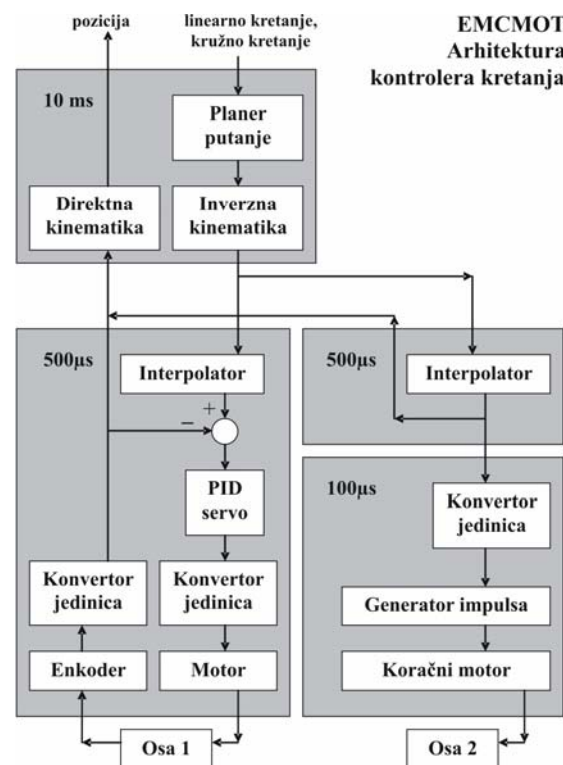
EMC sistemski softver [6] je izrađen na osnovi NIST-ove RCS (*Real-time Control System*) metodologije i programiran je korišćenjem NIST-ove RCS biblioteke. NIST-ova biblioteka olakšava instalaciju EMC sistemskog softvera na više UNIX i Microsoft platformi, obezbeđujući neutralni aplikativni programski interfejs (API) ka resursima operativnog sistema, kao što su deljene memorijske zone, semafori, tajmeri. EMC softver je napisan na C i C++ jezicima i može se instalirati na PC Linux, Windows NT i Sun Solaris operativne sisteme. U slučaju kada se upravlja konkretnim sistemom, tada je neophodno da EMC radi pod real-time verzijom Linux-a, koji obezbeđuje odgovarajući determinizam prilikom izvršavanja programa (tipično 200 ms). EMC sadrži četiri programska modula: kontroler kretanja (EMCMOT), kontroler diskretnih ulaznih/izlaznih signala, kontroler procesa koji ih koordiniše i kolekciju tekstualnih ili grafičkih korisničkih inerfejsa.

3.1 Kontroler kretanja EMCMOT

Kontroler kretanja, pokazan na slici 4, je napisan na jeziku C da bi se omogućilo lakše portovanje na real-time operativne sisteme. Kontrola kretanja uključuje kontrolu uzorkovanja pozicija osa, proračun sledeće tačke na trajektoriji, interpolaciju između uzorkovanih tačaka i proračun izlaznih vrednosti za motore. Kod servo sistema, izlaz se zasniva na PID kompenzacionom algoritmu.

Kontroler kretanja omogućava postavljanje softverskih granica radnih osa, interfejs ka graničnim i referentnim prekidačima radnih osa, PID servo kompenzaciju nultog, prvog i drugog reda, izbor maksimalne greške praćenja, izbor brzine i ubrzanja, pojedinačno pomeranje osa (kontinualno, inkrementalno, apsolutno), programabilnu direktnu i inverznu kinematiku.

Kontroler kretanja je projektovan prilično uopšteno. Inicijalizacione datoteke (sa istom sintaksom kao Microsoft Windos INI datoteke) se koriste za konfigurisanje parametara kao što su broj i tipovi osa (linearne ili obrtne), faktori skaliranja između uređaja u povratnoj sprezi (kao što su obrtni optički enkoderi, optičke merne letve i sl.) odabranih mernih jedinica za ose (npr. mm), pojačanje u servo petlji, trajanje servo i ciklusa planera putanje, kao i drugih sistemskih parametara. Kompleksna kinematika za robote i paralelne mašine se realizuje na jeziku C i povezuje sa postojećim sistemom kako bi se zamenile postojeće funkcije troosne ortogonalne kinematike. Takođe, realizovan na jeziku C, aplikativni programski interfejs (API), između kontrolera kretanja i spoljnog sveta, omogućava integraciju specifičnog korisničkog hardvera u EMC bez potrebe za bilo kakvom modifikacijom kontrolnog koda jezgra softvera.



Slika 4. Arhitektura kontrolera kretanja

Na slici 4 je dat prikaz upravljanja dvema osama, pri čemu osa 1 koristi servo motor, a osa 2 koristi koračni motor. Kod koračnog motora zadata pozicija je ujedno i vraćena vrednost u pozicionoj servo petlji softvera, tako da sistem praktično radi u otvorenoj petlji. Softverska rutina poredi izlaznu poziciju sa brojem akumuliranih impulsa i generiše upravljački koračni impuls ako je razlika veća od polovine impulsa. Kontroler kretanja je program koji se ciklično izvršava. Kada se upravlja stvarnom mašinom, kontroler kretanja zahteva real-time operativni sistem. U našoj instalaciji, koristili smo BDI 4.49 baziran na Debian Linux operativnom sistemu sa real-time ekstenzijom. Ovo daje sistemu determinističku upravljivost do oko 100 milisekundi. Kontroler kretanja koristi RT-Linux FIFO bafere (deljeni memorijski resurs) za prijem insrukcija ili slanje statusnih informacija i poruka o greškama.

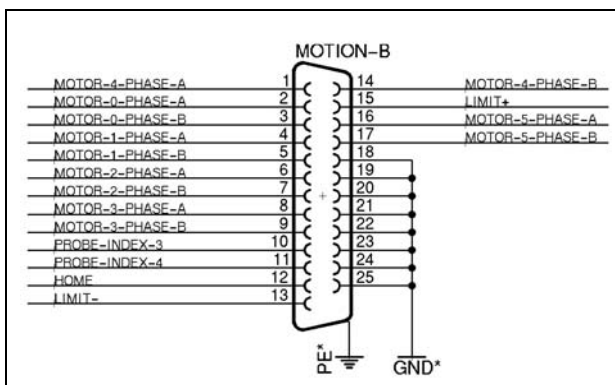
3.2 Kontroler diskretnih ulaznih/izlaznih signala EMCIO

Kontroler diskretnih ulaznih/izlaznih signala (slika 5) je napisan na jeziku C++, korišćenjem NIST-ove RCS biblioteke. Zasnovan je na hijerarhiji C++ klasa izvedenih iz NML_MODULE osnovne klase. Komunikacija između klasa ostvarena je korišćenjem NML-a (*Neutral Messaging Language*). Programski interfejs između diskretnog u/i kontrolera i spoljašnjeg sveta, napisan na jeziku C, omogućava priključenje korisničkog hardvera (sprežnih kartica za pogon mašine) bez potrebe za modifikacijom softvrskog jezgra. Programer mora implementirati funkcije (API) interfejsa za odgovarajuće korisničke kartice.

Diskretni u/i kontroler je implementiran kao hijerarhija kontrolera glavnog kretanja, kontrolera hlađenja i kontrolera pomoćnih uređaja (npr. estop, podmazivanje i sl.).

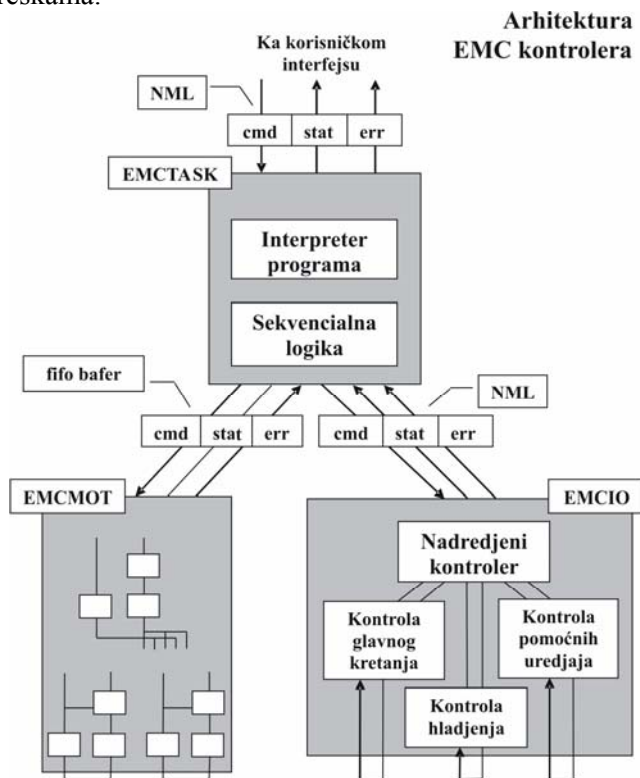
3.3 Kontroler procesa EMCTASK

Kontroler procesa (na vrhu slike 5) je projektovan slično diskretnom u/i kontroleru, korišćenjem NML_MODULE osnovne klase i RCS biblioteke. Odgovoran je za interpretiranje instrukcija G i M koda. Kontroler procesa koordinira aktivnosti kontrolera kretanja i diskretnog u/i kontrolera. Ove aktivnosti su sadržane u NC programu, odnosno nizu instrukcija G i M koda, koje kontroler procesa interpretira kao niz NML poruka i prosleđuje ih kontroleru kretanja ili diskretnom u/i kontroleru u odgovarajućim vremenskim trenutcima.



Slika 6. Veza koračnih motora sa paralelnim portom

povezan model mašine pn101 na paralelni port PC računara. EMC ima podršku za elektrokoračne motore preko paralelnog porta PC računara. Svaki paralelni port ima 12 bita za izlazne podatke i 5 bita za ulazne podatke.



Slika 5. Arhitektura EMC kontrolera

3.4 Eksterni programi

Pod eksternim programima se podrazumevaju programi kao što su grafički korisnički interfejsi (GUI) ili fleksibilni proizvodni sistemi (FSM), koji se koriste za pokretanje EMC-a. Eksterni programi komuniciraju sa EMC-om korišćenjem NML-a, slanjem poruka kao što su uključivanje mašine, prelazak na automatski režim, start programa, isključenje. Korisnički interfejsi mogu slati manuelne poruke, inicirane od operatera, kao što su pomeranje osa mašine u ručnom režimu ili slanje svih osa u referentnu poziciju.

3.5 Povezivanje koračnih motora

Na slici 6 prikazan je način na koji je

Izlazne linije paralelnog porta se koriste za upravljanje koračnim motorima. Prisustvo 12 bita za izlazne podatke znači da se u jednom trenutku može upravljati sa 6 koračnih motora. Ulazne linije paralelnog porta se koriste za priključenje prekidača krajeva hoda i referentnih pozicija. Prisustvo 5 bita za ulazne podatke znači da samo jedna osa može imati oba prekidača za krajeve hoda i jedan za referentnu poziciju. U slučaju troosnih sistema, može se učiniti kompromis tako što se pozitivni granični prekidači mapiraju na jedan ulaz, negativni na drugi, a referentni prekidači na treći ulaz. Postoji mogućnost priključenja još dva paralelna porta na računar, čime se dobija ukupno 36 izlaznih i 15 ulaznih linija.

3.6 Funkcije za inverznu i direktnu kinematiku

Ako se EMC koristi za upravljanje mašinama sa specifičnom kinematikom (roboti, mašine sa paralelnom kinematikom), potrebno je učiniti odgovarajuće izmene u jezgri EMC-ovog softverskog sistema. Izmene se odnose na zamenu standardnih, trivijalnih funkcija inverzne i direktne kinematike funkcijama specifičnim sa datu mašinu. Ovo podrazumeva realizaciju pomenutih funkcija na C programskom jeziku u nekoj korisničkoj datoteci (slika 7), uključenje datoteke u EMC, prevođenje i povezivanje softvera.

```

/*
 parkins.h
 Kinematics for 3 axis parallel
 machine
 Modification history:
 17-Oct-2006 created by Zoran Dimic
*/
#ifndef PARKINS_H
#define PARKINS_H

#define Xhome      210.6186
#define Yhome      (-163.5176)
#define Zhome      11.3364
#define d          30.00
#define c1         200.63
#define c2         205.18
#define c3         205.90
#define c4         100.00
#define pi         3.14159265358979323846
#define alfr       8.37742
#define alfr       ((pi/180.00)*alfr)
#define dx1        (c3*cos(alfr))
#define dy1        d
#define dx3        100.00
#define dy3        5.00
#define dz3        55.00
#define zz3        120.00
#define xr1        265
#define xr2        366
#define xr3        395
static char __attribute__((unused)) parkins_h[ ] =
"$Id: parkins.h,v 1.0 2006/10/17 10:25:42 paul Exp $";
#endif
/* PARKINS_H */

```

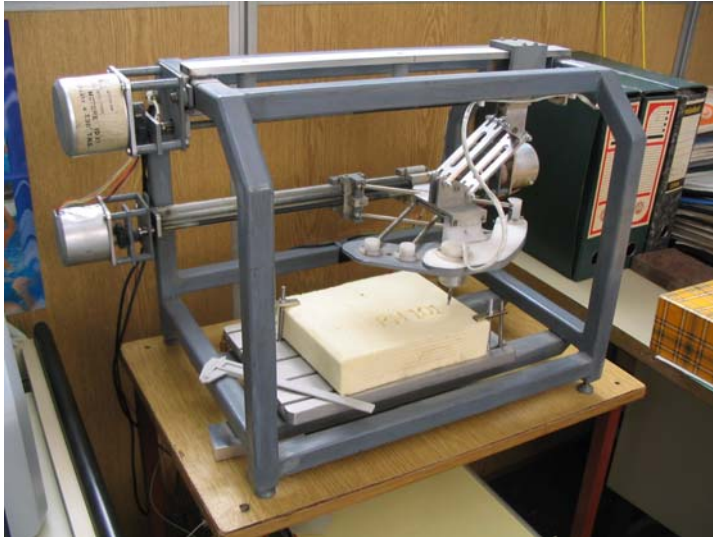
```

/*
 parkins.c
 Kinematics for 3 axis parallel
 machine
 Modification history:
 17-Oct-2006 created by Zoran Dimic
*/
#include "emcmot.h"          /* these decls */
#include "parkins.h"
#include <float.h>
#include <math.h>
/* ident tag */
#ifndef __GNUC__
#ifndef __attribute__
#define __attribute__(x)
#endif
#endif
static char __attribute__((unused)) ident[ ] =
"$Id: parkins.c,v 1.2 2005/08/12 11:37:42 paul Exp $";
int kinematicsForward(const double *joints,
                      EmcPose * pos,
                      const KINEMATICS_FORWARD_FLAGS * fflags,
                      KINEMATICS_INVERSE_FLAGS * iflags)
{
 double s1 = c3 * cos(alfr) - (xr1-(-1)*joints[0]);
 double s2 = c1*c1 - c2*c2;
 double s3 = dx3 - (xr3-(-1)*joints[2]);
 double s4 = dz3 -zz3;
 double s5 = s2 - s1*s1 + (xr2 -
 (-1)*joints[1])*(xr2-(-1)*joints[1]);
 double s6 = 2 * (s1+xr2-(-1)*joints[1]);
 pos->tran.x = s5/s6;
 pos->tran.z = -s4 - sqrt(c4*c4 - (pos->tran.x +
 s3)*(pos->tran.x + s3));
 pos->tran.y = -d - sqrt(c2*c2 -
 pos->tran.z*pos->tran.z -
 (pos->tran.x - (xr2-(-
 1)*joints[1]))*(pos->tran.x -
 (xr2-(-1)*joints[1])));
 pos->tran.x -= Xhome;
 pos->tran.y -= Yhome;
 pos->tran.z -= Zhome;
 pos->a = joints[3];
 pos->b = joints[4];
 pos->c = joints[5];
 return 0;
}
int kinematicsInverse(const EmcPose * pos,
                     double *joints,
                     const KINEMATICS_INVERSE_FLAGS * iflags,
                     KINEMATICS_FORWARD_FLAGS * fflags)
{
 double x,y,z;
 x = pos->tran.x + Xhome;
 y = pos->tran.y + Yhome;
 z = pos->tran.z + Zhome;
 joints[0] = -(xr1 - ((x + dx1) - sqrt(c1*c1 - ((y + d)*(y + d) + z*z))));
 joints[1] = -(xr2 - (x + sqrt(c2*c2 - ((y + d)*(y + d) + z*z))));
 joints[2] = -(xr3 - ((x + dx3) + sqrt(c4*c4 - ((z + dz3 - zz3)*(z + dz3
 - zz3))));
 joints[3] = pos->a;
 joints[4] = pos->b;
 joints[5] = pos->c;

 return 0;
}

```

Slika 7. Datoteke sa definisanim funkcijama inverzne i direktne kinematike



Slika9. Fizički model pn101

upravljanje je neophodna implementacija funkcija inverzne i direktne kinematike. Performanse ovog softvera daju mogućnost da se isti upotrebi i za upravljanje petoosnom hibridnom mašinom tipa glodalice, čije je konfigurisanje takođe realizovano [8]. Sinteza upravljanja ovog modela troosne paralelne mašine bila je planirana i za sticanje iskustava u radu sistema EMC1 [6,7] u okruženju Linux da bi se implementacija na petoosnu mašinu mogla lakše realizovati.

4. ZAKLJUČAK

Model mašine sa paralelnom kinematikom pn101 je iskorišćen za testiranje i verifikaciju upravljanja na bazi EMC softverskog sistema, koji radi pod Linux operativnim sistemom. U cilju testiranja i verifikacije izvršena je obrada test kontura u obliku kvadrata, krugova i graviranja logoa pn101.

EMC sistemski softver, predstavljen u ovom radu, predstavlja univerzalan *open-source* softverski paket, te je kao takav izuzetno pogodan za konfigurisanje upravljanja, ne samo mašina sa trivijalnom (serijskom) kinematikom, već i specifičnih mašina sa paralelnom kinematikom, za čije

5. LITERATURA

- [1] D. Milutinovic, M. Glavonjic, V. Kvirgic, S. Zivanovic, A New 3-DOF Spatial Parallel Mechanism for Milling Machines with Long X Travel, pp. 345-348, Annals of the Vol54/1, CIRP 2005.
- [2] Glavonjić, M., Živanović, S., Milutinović, D., Troosna paralelna mašina pn101, 31. JUPITER konferencija, 27. simpozijum NU - Roboti - FTS, Zbornik radova, ISBN 86-7083-508-8, str.3.1-3.5, Mašinski fakultet, Beograd, Zlatibor, april 2005.
- [3] Milutinović, D., Glavonjić, M., Kvirgić, M., Živanović, S., Novi paralelni mehanizam za glodalice sa dugačkom X osom, 31. JUPITER konferencija, 27. simpozijum NU - Roboti - FTS, Zbornik radova, ISBN 86-7083-508-8, str.3.6-3.11, Mašinski fakultet, Beograd, Zlatibor, april 2005.
- [4] Živanović, S., Konfigurisanje jedne troosne mašine sa paralelnom kinematikom, 30. Jubilarno savetovanje proizvodnog mašinstva SCG sa međunarodnim učešćem, Zbornik radova, ISBN 86-7776-009-1, str.119-124, Tehnički fakultet i Viša Tehnička škola Čačak, Vrnjačka banja, septembar 2005.
- [5] Dimić, Z., Sistemski softver za upravljanje troosnom glodalicom sa paralelnom kinematikom, 27. simpozijum NU - Roboti - FTS, Zbornik radova, ISBN 86-7083-508-8, str.3.12-3.15, Mašinski fakultet, Beograd, Zlatibor, april 2005
- [6] EMC - Enhanced Machine controller web site - www.linuxcnc.org
- [7] NIST - National Institute of Standards and Technology web site - www.nist.gov
- [8] M.Glavonjić, D. Milutinović, S. Živanović, Z. Dimić, Konfiguracija jedne hibridne petoosne mašine, 33. JUPITER konferencija, 29. simpozijum NU-Roboti-FTS, rad u štampi, Mašinski fakultet, Beograd-Zlatibor, maj 2007.

Saša Živanović, Zoran Dimić

CONTROLLING MODEL OF 3 AXIS PARALLEL KINEMATIC MACHINES BASED ON EMC SYSTEM SOFTWARE

Summary

This paper depicts structure of EMC software system for model of 3-axis parallel kinematics milling machine developed by Faculty of mechanical engineering.

Key words: controlling, parallel kinematics machine (PKM), stepper motors



Tabaković, S., Zeljković, M., Gatalo, R. ¹

PRIMENA SAVREMENIH PROGRAMSKIH OKRUŽENJA ZA ANALIZU RADNOG PROSTORA PARALELNIH MEHANIZAMA²

Rezime:

Istraživanja realizovana na polju paralelnih mehanizama poslednjih godina stvaraju široke mogućnosti za njihovu primenu u mašinama alatkama novije generacije. Pri tome se stvara alternativa konvencionalno građenim mašinama alatkama za obradu radnih predmeta složene konfiguracije. Ipak, puna primena koncepta paralelne kinematike u gradnji mašina alatki još uvek zahteva brojna teorijska istraživanja na ovom polju. U radu je opisana primena savremenih metoda numeričke matematike u procesu analize radnog prostora tri karakteristična tipa paralelnih mehanizama, kao i utvrđivanje kriterijuma za odabir njihovih elemenata u procesu projektovanja.

1.0 UVODNA RAZMATRANJA

Teorijske osnove po kojima su razvijeni mehanizami sa paralelnom kinematikom su nastale sredinom dvadesetog veka za potrebe razvoja simulatora letenja, a kasnije ukazale na potencijalno značajan prevac za dalji razvoj niza oblasti, a naročito u gradnji mašina alatki i robota. Uporedo sa razvojem ovih oblasti, i teorijska istraživanja koja imaju za cilj projektovanje novih ili usavršavanje postojećih mehanizama ovog tipa a koja se odnose na njihove vitalne karakteristike dobijaju na značaju.

Pored usavršavanja mehaničke strukture u oblasti gradnje mašina alatki jedan od pravaca daljeg razvoja predstavlja delimična ili potpuna automatizacija procesa projektovanja. U nastojanjima da se ove dve oblasti objedine u jednom, kompleksnom istraživačkom projektu, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu se već nekoliko godina ulažu napor da se, na bazi istraživanja radnog prostora mašina alatki na bazi paralelnih mehanizama, formiraju kriterijumi za izbor elemenata mehanizama.

2.0 OSNOVNE KARAKTERISTIKE RADNOG PROSTORA PARALELNIH MEHANIZAMA

Istraživanja koja su do sada realizovana na polju paralelne kinematike su pokazala da geomerijske karakteristike prostora dostupnog pokretnoj platformi (radni prostor) mehanizma predstavlja veoma važnu karakteristiku, koja umnogome određuje njihovu mogućnosu korišćenja u gradnji mašina alatki ili nekoj drugoj oblasti primene. Konkretno, utvrđeno je da dimenzije i oblik radnog prostora kod ovih tipova mehanizama ne odgovaraju radnom prostoru konvencionalnih mašina alatki (npr. glodalica za obradu prizmatičnih i strugova za obradu osno simetričnih delova). Osim toga, zapažaju se i značajne razlike u osobinama radnog prostora između tipova paralelnih mehanizama.

Sve ovo navodi na zaključak da je za potrebe projektovanja paralelnog mehanizma u području procesa koncipiranja mašina alatki neophodno proučiti uticaje koje na oblik i dimenzije radnog prostora mehanizama ostvaruju pojedini njegovi elementi, i to:

- dimenzije i oblik baze (nepokretne platforme) mehanizma,
- dimenzije štapova (ili odnos njihove maksimalne i minimalne dimenzije kod štapova promenjive dužine),
- gabariti samog mehanizma koji se mogu iskazati kroz odnos dimenzija baze i maksimalne dužine štapova.

¹ mr Slobodan Tabaković, dipl. ing., Prof. dr Milan Zeljković, dipl. ing., Prof. dr Ratko Gatalo, dipl. ing., Fakultet tehničkih nauka - Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, Vladimira Perića Valtera 2, tabak@uns.ns.ac.yu

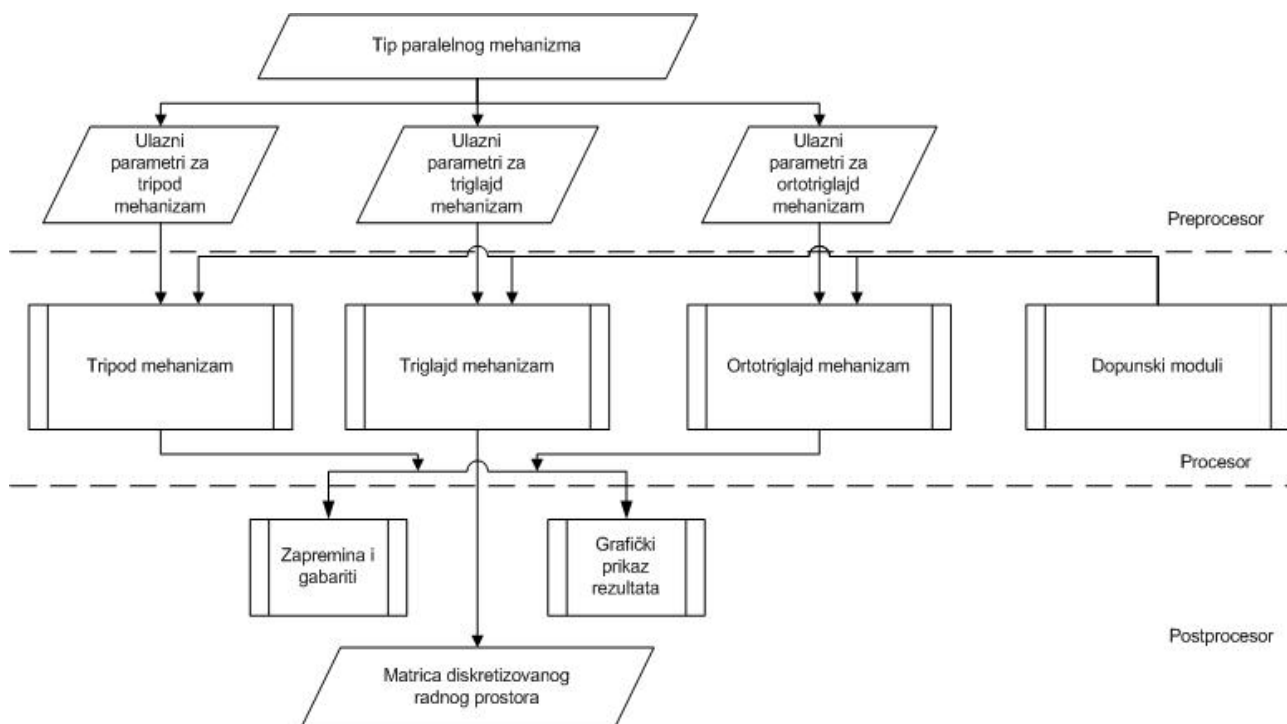
² Rad predstavlja deo rezultata istraživanja u okviru projekta "Unapređenje sistema tehničke pripreme u uslovima maloserijske proizvodnje primenom savremenih programskih paketa univerzalne namene " broj TR 6330A, koji finansira Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije i AD "FKL" – Temerin

Pored ovih kriterijuma, za razumevanje radnog prostora paralelnih mehanizama, neophodno je uvesti i dopunski koji predstavlja uticaj zapremine na oblik radnog prostora što se pokazalo veoma važnim za određene tipove mehanizama. To se manifestuje promenom oblika i dimenzija radnog prostora koji nastaju promenom parametara mehanizma, uz pojavu nehomogenih područja (šupljina) u njegovoj strukturi.

3.0 KONCEPCIJA PROGRAMSKOG SISTEMA ZA ANALIZU RADNOG PROSTORA

Formiranje kriterijuma za izbor i projektovanje paralelnih mehanizama u gradnji mašina alatki predstavlja kompleksnu problematiku koja podrazumeva sprovođenje niza veoma složenih analiza njihovih karakteristika i uticaja koje stvaraju pojedini elementi na radni prostor mehanizama. U okviru istraživanja koja kao krajnji cilj imaju upoznavanje sa osobinama paralelnih mehanizama, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, je realizovano kompleksno programsko rešenje „paralelni mehanizam“. Osnovna namena ovog programskog rešenja je definisanje matrične interpretacije i formiranje prostornog modela diskretizovanog radnog prostora za više karakterističnih tipova paralelnih mehanizama. Uvođenje teorije diskretizacije kontinuuma u probleme analize složenih problema iz oblasti mehanizama kakvo rešenje inverzne kinematike paralelnih mehanizama postavlja pred analizu radnog prostora, podrazumeva složenu matematičku obradu velikog broja nelinearnih jednačina. Rešavanje ovakvih zadataka u savremenim uslovima podrazumeva upotrebu specijalizovanih programskih okruženja, kakva su Matlab, Mathcad ili Mathematica, koja omogućavaju realizaciju teorijskih analiza uz pojednostavljenje opisa i obrade matematičkih problema povišene složenosti. Tretman kakav zahtevaju problemi analize diskretizovanog kontinuuma, uz zahteve generisanja rezultata u vidu kompleksnih matričnih izraza su favorizovali programsko okruženje Matlab (**Matrix Laboratory**), kao najpogodnijeg okruženja za operacije sa matricama, za realizaciju programskog sistema „paralelni mehanizam“.

U skladu sa tim je programski sistem „paralelni mehanizam“ realizovan kao modularno koncipirano, programsko rešenje koje poseduje tri osnovna podsistema: predprocesor, procesor i postprocesor, čija je struktura, u vidu blok šeme algoritma, prikazana na slici 1.



Slika 1. Blok šema programskog sistema paralelni mehanizam

Predprocesorski i postprocesorski podsistem programskog sistema „paralelni mehanizam“ su realizovani uz maksimalnu upotrebu resursa koje programsko okruženje Matlab-a omogućava, a koje podrazumeva grafički korisnički interfejs i podršku za manipulaciju i vizuelizaciju prostornih oblika. Rezultati analize dobijeni posle obrade u postprocesorskom podsistemu obuhvataju pored vrednosti zapremine i gabarita radnog prostora i njegov prostorni prikaz, kao i matricu koordinata tačaka koja omogućava

naknadnu analizu u cilju utvrđivanja matematičkih zakonitosti koje iz analize proističu. Osim toga procesorski podsistem je kao što se na slici 1. i vidi formiran iz više modula, od kojih tri ključna obrađuju kinematske zakonitosti karakterističnih tipova paralelnih mehanizma: tripod, triglajd i ortotriglajd. Ovakva koncepcija definisanja procesora programskog sistema ostavlja mogućnost njegove nadogradnje, prateći trendove razvoja oblasti paralelnih mehanizama. Na slici 2 su prikazani vizuelizovani računarski modeli paralelnih mehanizama koje je moguće analizirati u programskom sistemu „*paralelni mehanizam*“.



Slika 2. Karakteristični tipovi paralelnih mehanizama

Paralelni mehanizam tipa tripod, kao što se na slici 1. i vidi, se po strukturi elemenata razlikuje od mehanizama tipa triglajd i ortotriglajd, što podrazumeva značajne razlike između programskih modula koji sačinjavaju procesor programskog sistema.

4.0 METODOLOGIJA ANALIZE

Iz do sada izloženog se može zaključiti da tri mehanizma, za koje je programski sistem definisan, predstavljaju konceptijski srodna rešenja sa istim brojem elemenata pri čemu su osnovne razlike u:

- konstrukciono različitim tipovima baza koji kod tripod mehanizma čini trougaona struktura, bez pokretnih elemenata a kod druga dva mehanizma tri vođice sa klizačima paralelno ili upravno raspoređene u prostoru,
- konstrukciji štapova, koji su u dva slučaja (triglajd i ortotriglajd) fiksne a u trećem (tripod mehanizam) promenjive dužne.

Konstrukcione razlike koje postoje kod ova tri tipa paralelnih mehanizama rezultiraju značajnim razlikama u obliku i dimenzijama njihovog radnog prostora. U cilju verodostojnog poređenja radnih prostora i formiranja kriterijuma za njihovo projektovanje u toku istraživanja su vršene analize radnog prostora za veliki broj varijanti sva tri tipa mehanizma, kod kojih su dimenzije i karakteristike gradivnih elemenata (dimenzija baze, platforme kao i štapova) varirane za diskretne vrednosti vodeći pri tome računa o gabaritima celokupnog mehanizma. Na taj način je za svaki analizirani tip mehanizma dobijeno preko 90 rezultata sa dimenzijama, oblikom i karakteristikama radnog prostora.

Osim toga, imajući u vidu da su sva tri, ovde pomenuta, mehanizma zasnovana na konstrukciji veoma pogodnoj za gradnju na rekonfigurabilnim principima, što podrazumeva i gradnju različitih tipova paralelnih mehanizama primenom identičnih elemenata, su za sve sprovedene analize korišćene karakteristike identičnih:

- sfernih zglobova na bazi i pokretnoj platformi
- debljine baze i pokretne platforme
- dimenzija klizača i vođica

Takođe za analizu različitih mehanizama su korišćeni i identični dopunski kriterijumi koji se odnose na:

- parametre diskretizacije (gustinu čvorova mreže diskretizovanog prostora), što ima značajan uticaj na tačnost i vreme trajanja analize
- uslove kolizije (minimalno rastojanje između dva štapa prilikom kretanja u prostoru).

5.0 PRIKAZ REZULTATA SPROVEDENIH ANALIZA NA PRIMERU GABARITA RADNOG PROSTORA

Zbog velikog broja realizovanih analiza radnog prostora, a samim tim i velikog broja obrađenih informacija, u ovom radu će biti prikazan segment rezultata istraživanja koji pruža uvid u mogućnosti primene savremenih programskih okruženja tipa Matlab u teorijskim istraživanjima na ovom polju.

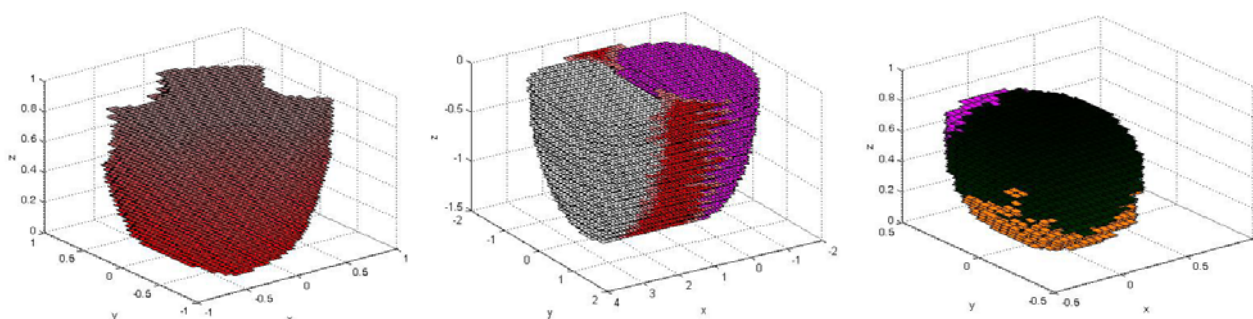
Konceptija postprocesora programskog sistema „paralelni mehanizam“ omogućava generisanje rezultata u tri oblika: numerički, vizuelno i u vidu matrice koordinata čvorova.

Numerička prikaz rezultata analize koja se vrši u postprocesoru programskog sistema „paralelni mehanizam“ podrazumeva izračunavanje gabaritnih dimenzija radnog prostora paralelnog mehanizma, kao i njegove zapremine i idealne zapremine za konvencionalnu mašinu alatku istih karakteristika. U tabeli 1. je prikazan pregled rezultata za jednu varijantu tripod mehanizma.

Mehanizam		Dimenzija matrice [$_x3$]	Gabariti [mm]						Zapremine [m^3]	
R_{baze}	S_{max}		x_{min}	x_{max}	y_{min}	y_{max}	z_{min}	z_{max}	$V_{par\ meh}$	$V_{idealno}$
500	1000	1562	-550	550	-500	500	44,4	694,4	0,19525	0,715
500	1250	9050	-800	1000	-900	900	17,3	967,3	1,13125	3,078
500	1500	24032	-1050	1250	-1150	1150	31,8	1231,8	3,004	6,348
500	1750	46556	-1300	1500	-1400	1400	41,9	1491,9	5,8195	11,368
500	2000	78143	-1550	1750	-1650	1650	49,4	1749,4	9,76788	18,513
750	1000	705	-300	300	-300	300	11,9	361,9	0,08813	0,126
750	1250	3416	-550	650	-550	550	42	692	0,427	0,858
750	1500	10778	-800	1000	-850	850	37,2	987,2	1,34725	2,907
750	1750	27169	-1050	1300	-1150	1150	17	1267	3,39613	6,75625
750	2000	51774	-1300	1550	-1400	1400	38,3	1538,3	6,47175	11,97
1000	1250	1102	-300	450	-400	400	41,6	291,6	0,13775	0,15
1000	1500	5507	-550	700	-600	600	12,4	62,4	0,68838	0,075
1000	1750	13921	-800	1000	-900	900	31,8	981,8	1,74013	3,078
1000	2000	29911	-1050	1350	-1200	1200	28,4	1278,4	3,73888	7,2
1250	1500	816	-300	500	-450	450	47,6	197,6	0,102	0,108
1250	1750	6517	-550	800	-700	700	12,2	612,2	0,81463	1,134
1250	2000	16983	-800	1050	-900	900	7	957	2,12288	3,1635
1500	1750	428	-300	550	-450	450	32,6	82,6	0,0535	0,03825
1500	2000	6075	-550	850	-750	750	45	545	0,75938	1,05

Tabela 1. Numerički prikaz rezultata analize

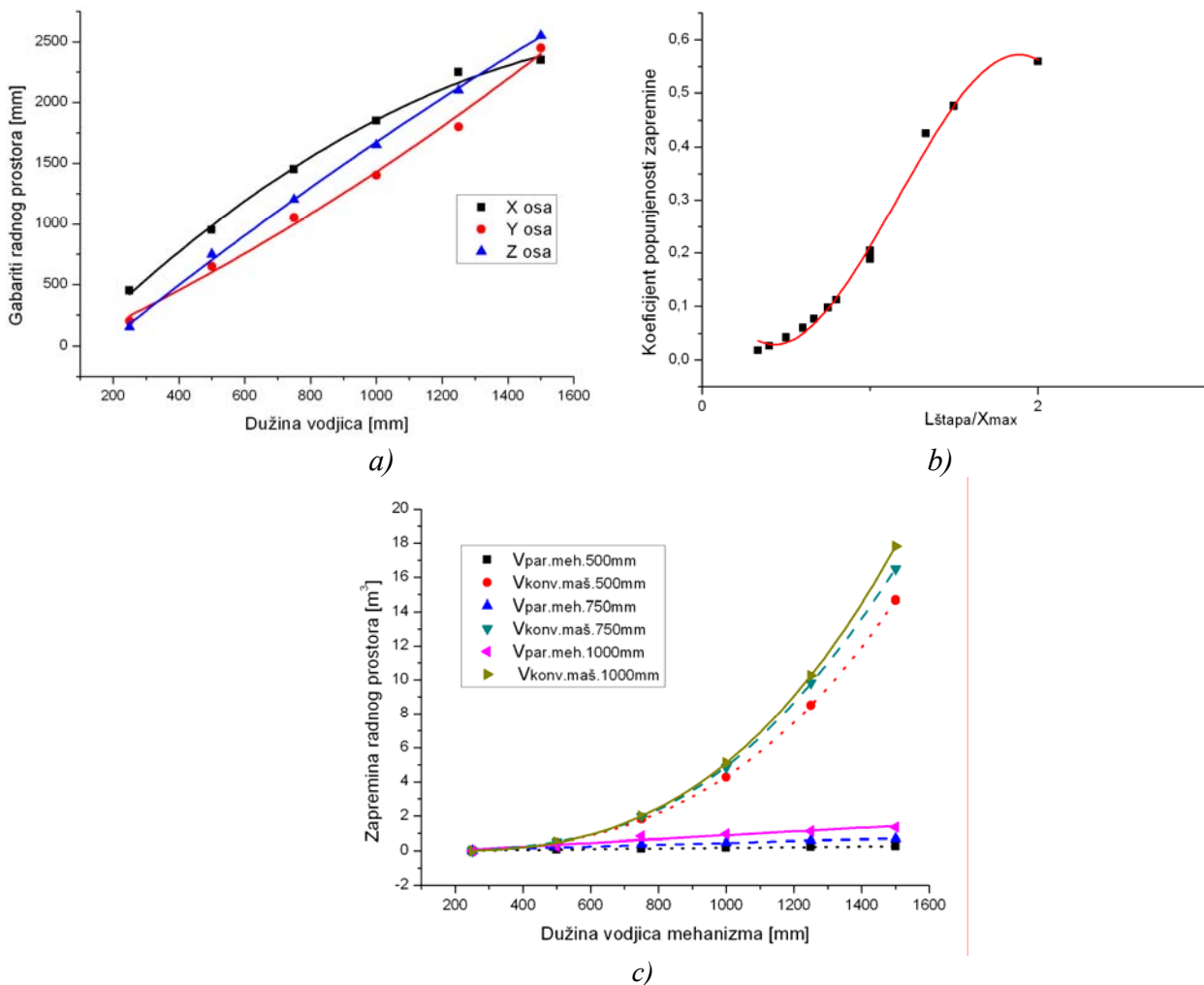
Grafički prikaz rezultata analize predstavlja vizuelnu prezentaciju diskretizovanog radnog prostora koja se realizuje u podsistemu za vizuelizaciju programskog okruženja Matlab i pruža mogućnosti prostorne interpretacije radnog prostora paralelnog mehanizma. Na slici 3. su prikazani primeri vizuelizovanog radnog prostora za sva tri tipa mehanizama.



Slika 3. Vizuelizovani radni prostor paralelnih mehanizama

Treći vid prezentovanja rezultata analize radnog prostora paralelnih mehanizama predstavlja matricna interpretacija radnog prostora koja podrazumeva formiranje matrice koordinata tačaka koje definišu radni prostor mehanizama (u vidu šeme brojeva: broj čvorova radnog prostora \times 3). Ovakva interpretacija rezultata

je veoma pogodna za dopunske analize u cilju pronalaženja međusobnih zakonitosti između pojedinih rezultata i utvrđivanje kriterijuma neophodnih za proces projektovanja mašina alatki na bazi paralelnih mehanizama. Dopunske analize i utvrđivanje kriterijuma za projektovanje mehanizama na osnovu analize njihovih radnih prostora spada u problematiku koja zahteva pronalaženje matematičkih zakonitosti između dobijenih rezultata analize uvođenjem aproksimativnih krivih. Iako je i ovaj segment obrade rezultata moguće implementirati u programski sistem „paralelni mehanizam“, u ovom slučaju su za takvu namenu korišćeni specijalizovani programski sistemi koji omogućuju primenu kompleksnih aproksimativnih metoda sa kontrolom kvaliteta aproksimacije. Na slici 4. su prikazani obrađeni rezultati analize koji se odnose na ortotriglajd mehanizam i predstavljaju: a) zavisnost gabaritnih dimenzija radnog prostora od dužine vodica na bazi mehanizma, b) zavisnost koeficijenta popunjenosti zapremine ($V_{\text{radnog prostora}}/V_{\text{idealno}}$) od karakteristika elemenata mehanizma i c) zavisnost zapremine radnog prostora mehanizma i idealnog radnog prostora od dužine vodica (sprovedeno u svrhu poređenja zapremina).



Slika 4. Rezultati analiza ortotriglajd mehanizma posle matematičke obrade i uvođenja aproksimativnih krivih

6.0 ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Istraživanja, čiji je jedan segment prikazan u ovom radu, predstavljaju pokušaj objedinjavanja naučnih aktivnosti u dve oblasti: usavršavanja paralelnih mehanizama i automatizacije projektovanja mašina alatki. Rezultati ovih istraživanja integrisani u jednu celinu predstavljaju određeni iskorak u procesu razvoja mašina alatki na bazi paralelnih mehanizama. Pri tome se mora naglasiti da integracija ovih sistema primenom specijalizovanih programskih okruženja kao što je *Matlab* značajno pojednostavljuje procese analiza.

Rezultati analize radnog prostora realizovani primenom programskog sistema „paralelni mehanizam“ su omogućili formiranje kriterijuma za izbor elemenata paralelnih mehanizama i njihovu optimizaciju, što je nezaobilazna karika u procesu razvoja programskih sistema za automatizovano projektovanje mašina alatki baziranih na ovim mehanizmima. Veoma važan detalj za dalja istraživanja predstavlja modularnost

programskog sistema „*paralelni mehanizam*“ što omogućava njegovu nadogradnju novim tipovima mehanizama.

Dalja istraživanja na polju analize radnog prostora paralelnih mehanizama ili hibridnih paralelno-serijskih mehanizama omogućuju formiranje baze znanja o potencijalnoj primenljivosti svakog od do sada realizovanih tipova mehanizama u oblasti projektovanja i realizacije mašina alatki.

7.0 LITERATURA

- [1] Conti, J., P., Clinton, C., M.: *Dynamic Variation of the Workspace of an Octahedral Hexapod Machine Tool During Machining*, Department of Mechanical Engineering & System Research, University of Maryland, TR 97-28
- [2] Dashy, A., K., Yeoy, S., H., Yangz, G., Cheny I., M.: *Workspace Analysis and Singularity Representation of Three-legged Parallel Manipulators*, Seventh International Conference on Control, Automation, Robotics And Vision, Singapore, 2002.
- [3] Stewart, D.: *A Platform with six Degrees of Freedom*, Proc. Instn. Mech. Engrs. 1965-66, Vol. 180, Pt. 1, No.15, pp. 371-386
- [4] Merlet, J., P.: *Designing a parallel manipulator for a specific workspace*, Periodični izveštaj sa projekta, Institut National De Recherche En Informatique Et En Automatique, 1995.
- [5] Tabaković, S., Gatalo, R., Zeljković, M., Janoš, T.: *A Concept of Automated Design of Modular Machine Tools with Parallel Kinematics Based on CAD Workpiece Model*, Machine Engineering, Vol 2. No 1-2, Wroclaw, Poland, 2002., pp. 171 – 182.
- [6] Tabaković, S., Gatalo, R., Zeljković, M.: *A Contribution To Workspace Analysis Of Machine Tools Based On Parallel Mechanism*, Machine Engineering, Vol 2., Wroclaw, Poland, 2007.
- [7] Wavering, A., J.: *Parallel Kinematic Machine Research at NIST: Past, Present, and Future*, First European-American Forum on Parallel Kinematic Machines, Theoretical Aspects and Industrial Requirements, Italy, 1998.

APPLICATION OF MODERN PROGRAMMING ENVIRONMENT FOR PARALLEL MECHANISM WORKSPACE ANALYSIS

Abstract:

Development realized on the field of parallel mechanism last years enabling his applying in machine tools building. That is alternative for conventional building machine tools in operation which made complex workpiece. However, full applying concept of parallel kinematics machine tool building requested numbers theoretical development on this field. In this paper is presented applying actual methods of numerical mathematic in process of analysis workspace three specialized type of parallel mechanism, and embedding criteria for selection his elements in projecting process.



УДК 621.924.1

Ю. В. Петраков, д.т.н., проф., В. А. Пасечник, к.т.н., доц.
НТУУ “Киевский политехнический институт”, г. Киев

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНЫХ 3-D ПОВЕРХОСТЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Рассматривается методика проектирования технологических процессов формообразования сложных поверхностей на станках с ЧПУ, ориентированная на использование САМ-систем. Методика предусматривает создание САД/САМ интегрированной системы, где выполняется моделирование процесса формообразования и при этом автоматически генерируется файл управления, который проверяется и автоматически трансформируется в управляющую программу в G-кодах. Система позволяет в интерактивном режиме корректировать все технологические параметры технологической обрабатывающей системы при их отклонении от номиналов в процессе выполнения технологической операции.

The methodology of planning of processes of shaping of complex surfaces on NC machine, oriented to CAM-system use, is examined. This methodology consists of creation of CAD/CAM integrated system, which the design of shaping process is performed in, and a control file is automatically checked up and transformed into control program in the form of G-codes. The system allows checking up all process parameters of the system and their deviation from the nominal values during machining process.

Детали со сложными рабочими поверхностями позволяют наиболее просто выполнять комплексные функции в разнообразных механизмах и оборудовании, благодаря чему находят все более широкое применение в современном машиностроении. В то же время, не смотря на использование станков с ЧПУ, которые позволяют автоматизировать процесс формообразования [1], их изготовление всегда связано со значительными трудностями как конструкторского, так и технологического характера. Высокие требования к точности формы и качеству поверхностного слоя требуют использования высокоскоростных методов обработки специальным лезвийным инструментом (*High Speed Machining*) или абразивных видов обработки инструментом специальной формы.

Для технологической подготовки изготовления деталей со сложными 3-D поверхностями и проектирования управляющих программ станков с ЧПУ широко используются САМ-системы. Наиболее совершенные САМ-системы содержат в своем составе САД-системы, где выполняется проектирование чертежа детали, твердотельное моделирование, проверка взаимного расположения поверхностей, подготовка файла геометрических данных к импорту в САМ-систему, которая связывает конструктивные элементы с соответствующими операциями обработки, что позволяет автоматически создавать управляющие программы [2]. Все эти функции выполняет модуль проектирования траекторий формообразующих движений.

Таким образом, результатом функционирования САМ-системы является создание управляющих программ для разных видов обработки. Так, например, возможности модуля фрезерования предусматривают выполнение обработки с использованием от 2,5 до 5 осей на вертикально- и горизонтально-фрезерных, агрегатных и многопозиционных станках с ЧПУ.

Условно станки с ЧПУ можно разделить на универсальные и специальные, причем специальные станки предназначены для обработки сложных поверхностей деталей с

наиболее оптимальной схемой формообразования. Однако при проектировании файла формообразующих движений, всегда исходят из конкретной кинематической схемы формообразования станка. В этом состоит существенная проблема, исключающая возможность использования известных САМ-систем для автоматизации подготовки программ обработки весьма широкого класса деталей. В таком случае необходимым условием автоматизации технологической подготовки производства является создание специальной САМ-системы, рассчитанной на особенности кинематической схемы формообразования. При этом реализуется метод «прямого» числового программного управления (DNC), предусматривающий организацию системы, схема которой представлена на рис.1. Причем, в соответствии с предлагаемой идеологией, такая система должна быть создана непосредственно на рабочем месте оператора или включена в локальную сеть.

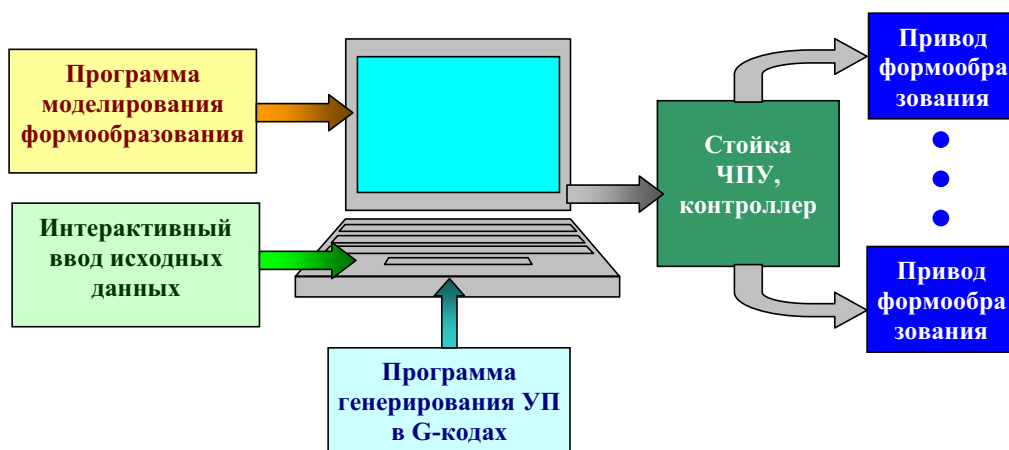


Рис. 1. Схема системы DNC

Как видно из схемы рис.1, разработанная методика основана на создании специального программного обеспечения, выполняющего моделирование процесса формообразования, результаты которого представляются в виде файла, содержащего дискретные массивы координат по каждой управляемой оси. Моделирующая программа может быть создана в любой объектно-ориентированной программной среде и основана на использовании аналитических зависимостей, полученных путем анализа геометрических соотношений схемы формообразования. Учитывая специфические особенности задания сложных 3-D поверхностей, в программе моделирования обязательно присутствие модулей выполняющих операции численного дифференцирования таблично заданных функций.

Программное обеспечение должно включать модуль интерактивного ввода данных, который используется не только при первичном моделировании, но и в процессе функционирования станка для оперативного введения изменяющихся параметров технологической обрабатываемой системы. Совершенно необходимой компонентой такой системы является модуль генерирования управляющей программы в G-кодах, которая непосредственно воспринимается соответствующе стойкой ЧПУ станка.

Примером решения такой общей проблемы разработки технологии обработки сложных поверхностей на станках с ЧПУ является обработка сложных поверхностей калибров для пильгерования труб (рис.2, а).

Форма калибра определяется из условия равномерного распределения усилия при прокатке труб для реализации свободного процесса деформирования и образуется в поперечном сечении эллипсами с коррекцией профиля. Обработка выполняется на специальном шлифовальном станке кругом, имеющем форму тора (рис.2, б).

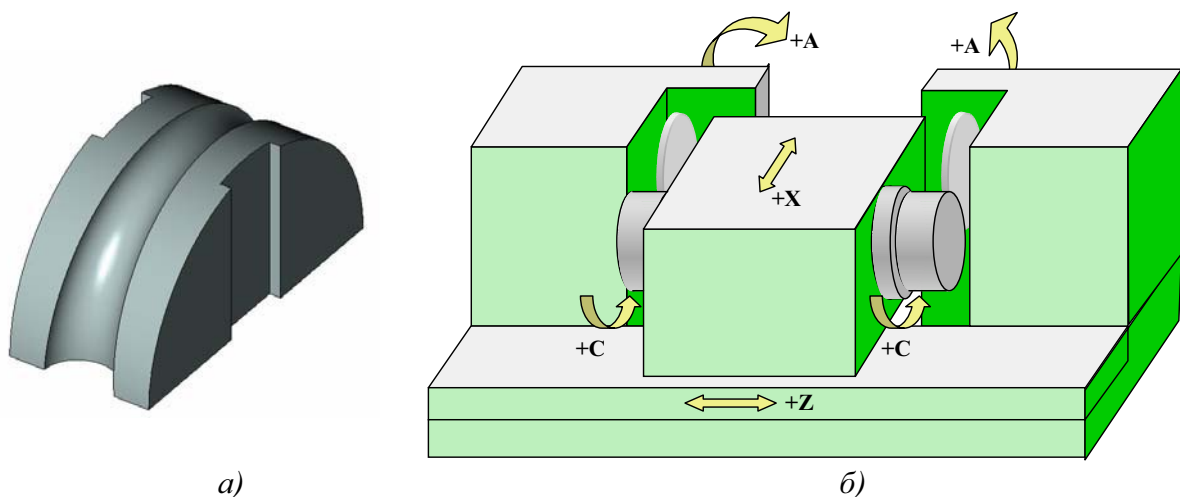


Рис. 2. Калибр пильгерования труб (а) и схема станка для его изготовления (б)

За основу взят станок ЛЗ-250, выполняющий обработку с управлением формообразующими движениями, которые обеспечивают синхронное с вращением детали движение бабки детали по двум координатам, а также поворот шлифовальной бабки. Поворот шлифовальной бабки необходим для ориентирования шлифовального круга параллельно профилю при обработке. Такое движение является обязательным при формообразовании шлифовальным кругом с исходной инструментальной поверхностью в виде тора, потому что в противном случае будет происходить значительное искажение профиля калибра и нарушение требуемой точности формообразования.

Изготовление достаточно широкой номенклатуры калибров разных размеров на таком станке требует проектирования и изготовления новых копиров и кулачков, его переналадка связана со значительными потерями времени и ресурсов. Обеспечение станка системой ЧПУ с соответствующими сервоприводами поможет снять проблему и значительно улучшить экономические показатели. Модернизация станка предусматривает установку четырех сервоприводов с системой управления WL4M, что обеспечивают возможность формообразования профиля калибров по исходной кинематической схеме (рис. 2, б). Станок одновременно обрабатывает две детали, которые являются парными при реализации процесса пильгерования. Детали установлены в приспособлениях шпинделя, который вращается по угловой управляемой координате C . Шпиндель расположенный на бабке, установленной на крестовом столе и выполняющей движения формообразования по координатам X и Z . Шлифовальные бабки кроме движения поперечной подачи (на рис. 2. б не показано) поворачиваются по координате A для согласования положения круга с профилем в месте обработки.

В связи с отсутствием систем автоматизированной подготовки производства для изготовления таких деталей на специальных станках с ЧПУ, предложена методика, базирующаяся на интеграции CAD/CAM систем и полностью решающая проблему подготовки управляющих программ формообразующих движений для подобных станков.

В соответствии с общими принципами создания систем DNC (см. рис.1) в разработанной CAD/CAM системе выполняются не только традиционные операции проектирования и подготовки файла профиля калибра, моделирование процесса формообразования с целью создания файла CLDATA, но и проверка взаимодействия детали и шлифовального круга по данным автоматически сгенерированного файла (рис. 3).

Созданный файл данных, представленный в G-кодах, передается на станок с ЧПУ для выполнения технологической операции. Поскольку при моделировании схемы

формообразования учитывается диаметр шлифовального круга, который при функционировании станка, из-за периодической правки, изменяется, необходимо наличие обратной связи, автоматически инициирующей проведение повторного моделирования и генерирование нового файла управляющей программы.

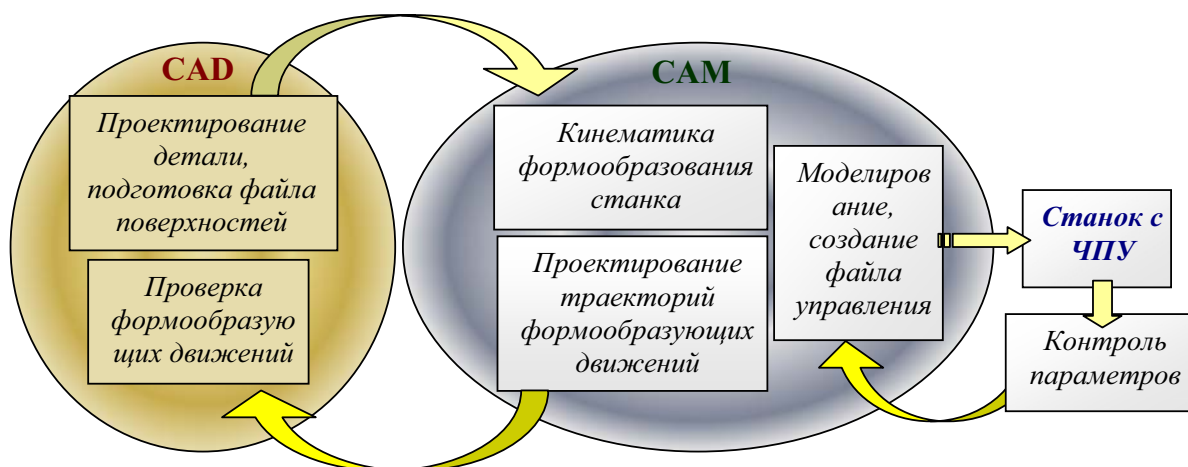


Рис. 3. Схема интегрированной CAD/CAM системы

Приведем несколько наиболее важных задач, которые нуждаются в решении при работе в предложенной системе.

Конструкторская задача. На этапе проектирования профиля калибра образованном в поперечном сечении эллипсами, необходимо проверить его плавность по двум координатам: глубине и ширине профиля. Исходные данные, которые задают профиль калибра, обычно, представляются в виде таблицы, подготовленной в Microsoft Excel - файл формата *.xls. Для расчета управляющей программы станка с ЧПУ необходимы следующие данные:

1. глубина $H_p = f_1(\varphi)$ профиля;
2. ширина $B = f_2(\varphi)$ профиля;

при условии, что все заданные сечения описываются эллипсами и известен шаг изменения полярной координаты φ (рис. 4). Кроме того, задаются следующие геометрические параметры: R_0 , R_k , φ_0 , S , смысл которых ясен из рис.4.

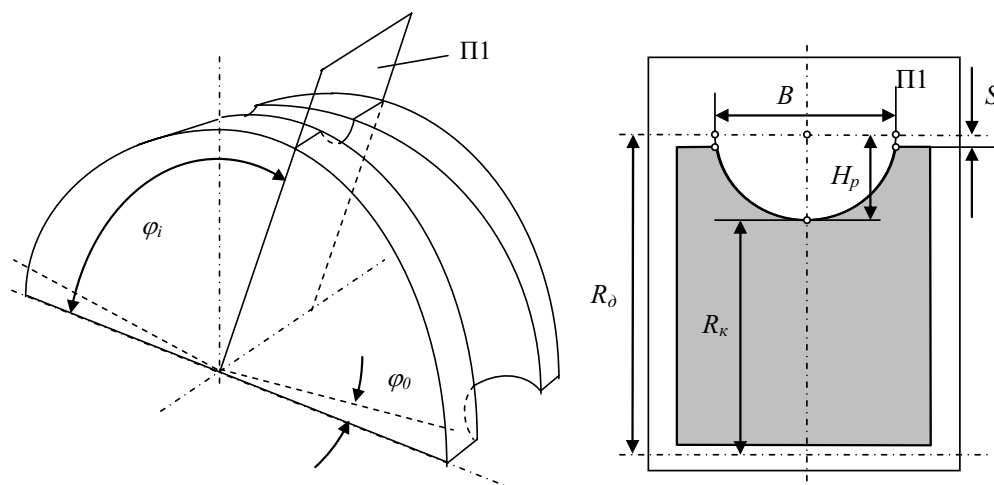


Рис. 4. Геометрические параметры профиля калибра

Для проверки плавности профиля калибра и, если необходимо, его сглаживания, была разработана прикладная программа, интерфейс которой представлен на рис. 5. Инструкции для работы с программой появляются при нажатии кнопки “Help”.

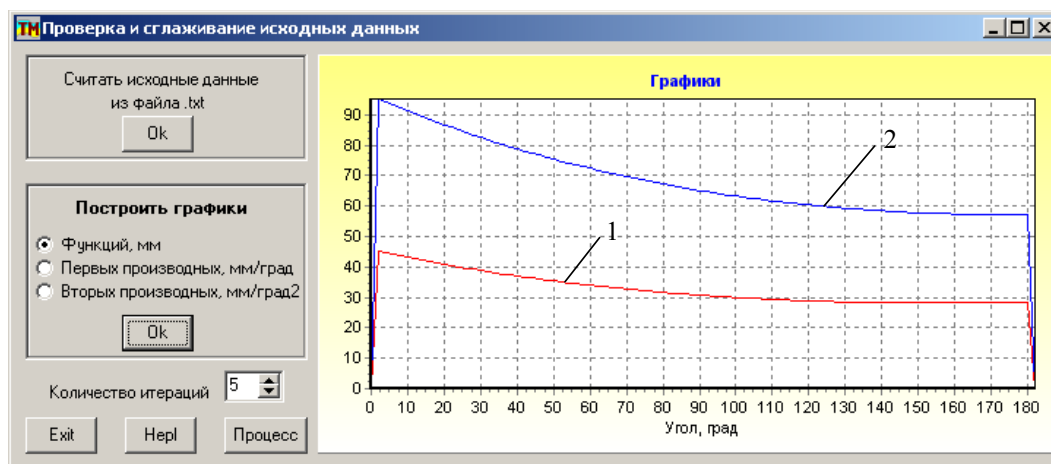


Рис. 5. Интерфейс программы

В графическом поле строятся графики изменения ширины B (линия 2) и глубины H_p профиля (линия 1) в функции угла φ . Программа позволяет визуально оценить плавность исходных данных по графикам первых и вторых производных, которые рассчитываются по рекуррентным соотношениям как, соответственно, первые и вторые разделенные разницы исходной функции. На рис. 6. представлены результаты оценки исходных данных в виде графиков первых (рис. 6, а) и вторых (рис. 6, б) производных: линия 1 - от глубины, линия 2 - от ширины ручья.

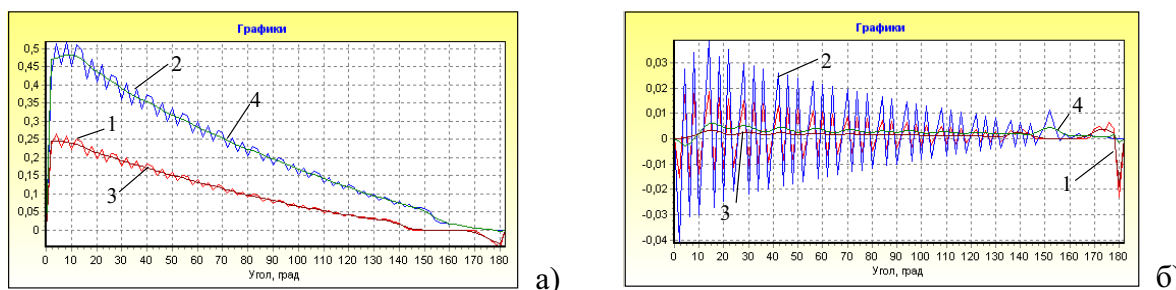


Рис. 6. Результаты расчета и сглаживания

Как видно из полученных графиков, исходные данные не отличаются плавностью, что в дальнейшем обязательно приведет к разным коллизиям управляющей программы и реальных формообразующих движений станка с ЧПУ. Поэтому в прикладной программе заложена возможность провести коррекцию исходных данных. Для сглаживания исходных данных необходимо выбрать количество итераций (рекомендовано 5) и нажать кнопку «Процесс». Сглаживание выполняется по первым производным в соответствии с зависимостью:

$$\dot{a}l_{i+1} = (\dot{a}_i + 2\dot{a}_{i+1} + \dot{a}_{i+2})/4, \quad (1)$$

где $\dot{a}, \dot{a}l$ - первые производные: исходное значение и новое, расчетное значение соответственно, i – номер узла.

Далее выполняется восстановление функции по рассчитанным значениям производных. Вычислительный процесс повторяется в соответствии с заданным количеством итераций. Результаты сглаживания можно увидеть также в виде графиков, причем

программа позволяет представить одновременно старые и новые значения по функциям, первой и второй производным. На рис. 6 представлены результаты сглаживания исходных данных после 5-ти итераций (линии 3 и 4 соответственно). Разработанной прикладной программой можно пользоваться при подготовке результатов и для других профилей калибров, а также при проектировании новых калибров.

Технологическая задача. В соответствии со схемой шлифования профиля калибра обработка осуществляется при вращении детали вокруг своей оси и перемещении шлифовального круга от прохода к проходу. Для обеспечения равных расстояний между строками проходов по профилю удобно выбрать в качестве задающей координаты полярный угол α , который определяет положение центра округления шлифовального круга относительно центра эллипса каждого сечения профиля (рис. 7).

Выбор шага $\delta\alpha$ изменения полярного угла профиля зависит от желаемой высоты Rz гребешка микронеровностей обработанной поверхности. Для определения зависимости $Rz=f(\delta\alpha)$, ввиду того, что полуоси эллипса мало отличаются между собой, можно заменить эллипс окружностью 1 (рис. 7) с радиусом R_δ .

На рис. 7 показанные два положения шлифовального круга (2 и 3), радиусом r_κ округления, которые отличаются на величину шага $\delta\alpha$ изменения полярного угла α . Высота образующегося гребешка определяется следующим образом. Из геометрических соотношений $\triangle BO_1O$ по теореме синусов имеем:

$$\angle O_1BO = \frac{R_\delta - r_\kappa}{r_\kappa} \sin \frac{\delta\alpha}{2}. \quad (2)$$

Следовательно,

$$\angle BO_1O = \pi - \delta\alpha/2 - \angle O_1BO. \quad (3)$$

Из геометрических соотношений $\triangle BO_1O$ по теореме косинусов:

$$OB = \sqrt{r_\kappa^2 + (R_\delta - r_\kappa)^2 - 2r_\kappa(R_\delta - r_\kappa)\cos \angle BO_1O}. \quad (4)$$

Окончательно получаем:

$$Rz = R_\delta - OB. \quad (5)$$

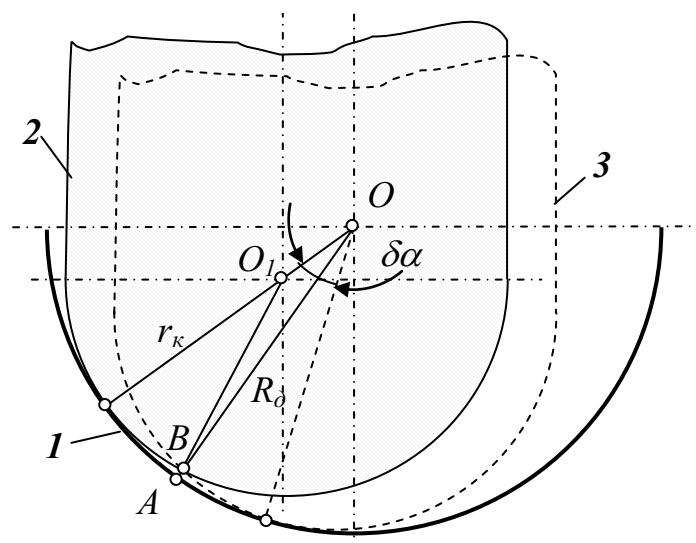


Рис. 7. К выбору шага изменения полярного угла профиля

Таким образом, на высоту гребешков микронеровностей обработанного профиля влияют как радиус r_k округления периферии шлифовального круга, так и шаг $\delta\alpha$ изменения полярного угла профиля (при заданном радиусе детали). Для оценки такого влияния разработана прикладная программа, математическим ядром которой являются приведенные выше зависимости (2-5). Интерфейс программы представлен на рис. 8. Инструкции для работы с программой появляются на дополнительном интерфейсе при нажатии кнопки “Help”.

В соответствующие поля интерфейса следует вводить радиус профиля калибра, равный максимальному радиусу на всей его длине. Радиус округления шлифовального круга выбирается так, чтобы он не превышал минимальный радиус профиля калибра на всей его длине.



Рис. 8. Интерфейс прикладной программы

Анализ полученных результатов показывает, что максимальная высота гребешков существенно зависит от шага изменения полярного угла α . При выборе шага изменения полярного угла α следует помнить, что уменьшение шага вызывает увеличение времени обработки и объема данных программы станка с ЧПУ. Рекомендуется при черновой обработке принимать шаг угла α , равный 5° , а при чистовой – 1° , что обеспечит высоту Rz гребешка около 1 мкм.

Моделирование. В соответствии с предложенным алгоритмом управления циклом шлифования всего профиля калибра на первом этапе необходимо рассчитать координаты центра округления шлифовального круга при обработке одного произвольного сечения профиля. На рис. 9 представлено сечение канавки калибра при полярном угле поворота детали $\varphi = \varphi_r$, которое, в соответствии с техническим заданием, представляет собой эллипс с осями:

$$DE = B \text{ и } OC = H_p, \quad (6)$$

где B – ширина профиля, H_p – глубина профиля.

Уравнение эллипса в декартовой системе координат XOY имеет вид:

$$\frac{x^2}{B^2} + \frac{y^2}{H_p^2} = 1. \quad (7)$$

Для описания профиля удобно выбрать начало координат в точке O_6 и представить профиль в полярной системе координат $R=f(a)$, где R – полярный радиус, a – полярный угол ($-90^\circ \leq a \leq 90^\circ$). Координаты произвольной точки A эллипса в декартовой системе координат XOY определяются простыми соотношениями:

$$x = R \sin \alpha, \quad y = R \cos \alpha. \quad (8)$$

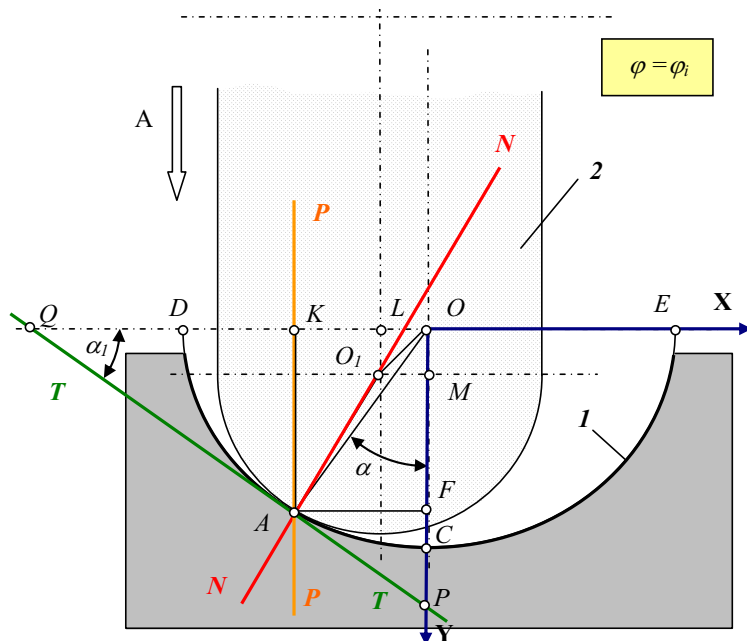


Рис. 9. Схема расчета координат шлифовального круга

Подставив (8) в (7), после простых алгебраических преобразований, получим функцию профиля в полярной системе координат:

$$R = \sqrt{\frac{B^2 H_p^2}{H_p^2 \sin^2 \alpha + B^2 \cos^2 \alpha}} \quad (9)$$

Шлифовальный круг 2 при обработке профиля калибра должен всегда располагаться по касательной к профилю в точке контакта. Для произвольной точки A на рис. 9 показано положение нормали NN' , на которой должен располагаться центр O_1 круга радиусом r_k . Следовательно, для каждой точки профиля необходимо найти соответствующие координаты центра шлифовального круга. Уравнение касательной к эллипсу в точке A имеет вид:

$$\frac{x_A x}{B^2} + \frac{y_A y}{H_p^2} = 1. \quad (10)$$

Угол между касательной и осью OX может быть определен из $\triangle AFP$:

$$\alpha_1 = \arctan \frac{OP - y_A}{x_A}. \quad (11)$$

С другой стороны, из уравнения (10) касательной, при $x=0$ получаем:

$$OP = \frac{H_p^2}{y_A}. \quad (12)$$

Подставив (12) в (11), после простых алгебраических преобразований находим угол наклона касательной:

$$\alpha_1 = \arctan \left(\frac{H_p^2}{x_A y_A} - \frac{y_A}{x_A} \right). \quad (13)$$

Теперь можно определить координаты центра шлифовального круга:

$$\begin{cases} x_k = x_A - r_k \sin \alpha_1 \\ y_k = y_A - r_k \cos \alpha_1 \end{cases} \quad (14)$$

При выборе радиуса округления шлифовального круга, среди других ограничений необходимо выполнить условие $r_k < R_{min}$, где R_{min} – минимальный радиус кривизны профиля калибра. Для проверки такого условия, в первую очередь, необходимо рассчитать массив радиусов кривизны профиля. Здесь целесообразно использовать численный метод, по следующей процедуре:

$$\begin{aligned} \delta_i &= \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2}; \\ \beta_i &= \arcsin \frac{y_i - y_{i+1}}{\delta_i}; \quad r_i = \frac{\delta_i}{\beta_{i+1} - \beta_i}. \end{aligned} \quad (15)$$

Теперь необходимо рассмотреть сечение плоскостью, которая обозначена как PP на рис. 9. На рис. 10 представлено такое сечение, где шлифовальный круг 1, двигаясь по эквидистанте 3, взаимодействует с деталью 2 в той же точке A , что и на рис. 9. Скорость V точки A , являющейся концом вектора R_m материального профиля сечения, является векторной суммой двух скоростей:

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2, \quad (16)$$

где V_1 – скорость изменения радиуса-вектора R_m , V_2 – линейная скорость вращения детали в точке A .

Модули этих составляющих скоростей определяются по известным зависимостям:

$$V_1 = \frac{dR_m}{d\varphi} \omega; \quad V_2 = R_m \omega, \quad (17)$$

где ω – угловая скорость вращения детали, φ – угол поворота детали.

Таким образом, при обработке в точке A профиля, центр шлифовального круга должен находиться на эквидистанте к соответствующему сечению профиля в точке O_k . Следовательно, при повороте детали на угол φ координаты центра круга в полярной системе координат с полюсом в точке O_d соответственно: угол φ_l и радиус $R_s = O_d O_k$.

Легко видеть, что

$$\angle O_k A O_d = 180^\circ - \gamma. \quad (18)$$

Угол γ может быть определен из геометрических соотношений схемы по рис. 10 с учетом зависимостей (16) и (17):

$$\gamma = \arctan \frac{dR_m / d\varphi}{R_m}. \quad (19)$$

Радиус-вектор R_s определяется из $\triangle O_k A O_d$:

$$R_s = \sqrt{R_m^2 + R_k^2 + 2R_m R_k \cos \gamma}, \quad (20)$$

а угол $\delta\varphi = \varphi - \varphi_l$:

$$\delta\varphi = \arcsin \left(\frac{R_k}{R_s} \sin \gamma \right). \quad (21)$$

Теперь рассмотрим положение шлифовального круга и детали на виде A по рис. 9. Схема взаимодействия при повороте шлифовального круга 2 по нормали NN к контуру профиля показана на рис. 11. Шлифовальный круг 2 обрабатывает траекторию 1 на профиле калибра. Угол β наклона нормали к оси X в любой точке обрабатываемой траектории можно рассчитать по зависимости:

$$\beta = \arcsin \left(\frac{dx / d\varphi}{\delta D} \right), \quad (22)$$

где $\delta\Delta$ – увеличение дуги траектории за шаг изменения полярного угла φ .

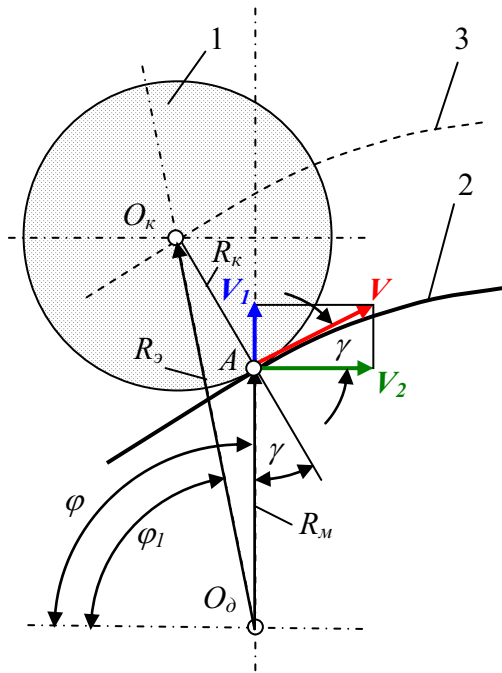


Рис.10. Сечение плоскостью PP на рис. 9

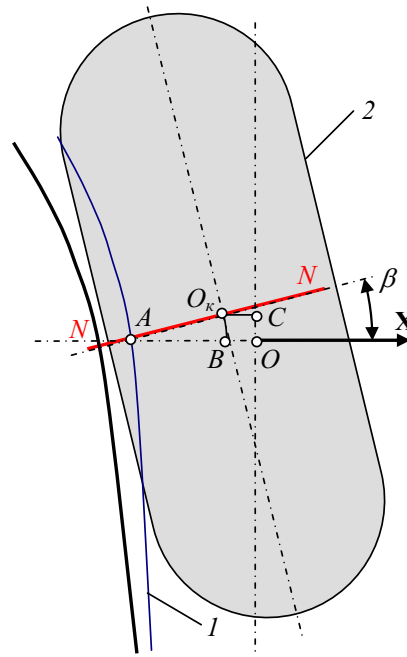


Рис. 11. Вид A по рис. 9

Поворот шлифовального круга по нормали к траектории обработки в точке A вызовет изменение координаты x и полярного угла координаты R_3 . Из геометрических соотношений рис. 11 с учетом (14) получаем:

$$x_k = x_A - r_k \cos \alpha_1 \cdot \cos \beta, \quad (23)$$

а изменение $\delta\varphi_1$ полярного угла координаты R_3 , в добавление к зависимости (21) для $\delta\varphi$, определяется из зависимости:

$$\delta\varphi_1 = \frac{r_k \cos \alpha_1 \cdot \sin \beta}{R_d}, \quad (24)$$

где R_d – радиус детали в точке обработки.

Таким образом, при расчетах по приведенным выше зависимостям для каждого сечения профиля калибра, при условии задания функции $R_M(j)$ в виде таблицы с равномерным шагом изменения полярного угла φ , образуются таблицы функции $R_3(\varphi_1)$ и $x_k(\varphi_1)$ с неравномерным шагом изменения полярной координаты φ_1 . Поэтому, перед формированием файла управления станком с ЧПУ, выполняется процедура интерполяции, которая обеспечивает исходную таблицу с равномерным шагом изменения аргумента.

По представленным выше зависимостям, которые составляют математическую модель геометрического взаимодействия шлифовального круга и профиля калибра при формообразовании, была разработана прикладная программа, интерфейс которой представлен на рис.12.

Программа проводит диагностику возможности формообразования при заданных исходных параметрах и автоматически выполняет моделирование одного цикла обработки профиля калибра. В процессе моделирования в графическом окне интерфейса происходит анимация движений взаимодействия шлифовального круга и детали в соответствии с кинематической схемой формообразования модернизированного станка. В результате создается файл управления, который является исходным для разработки программы для системы ЧПУ в G-кодах.

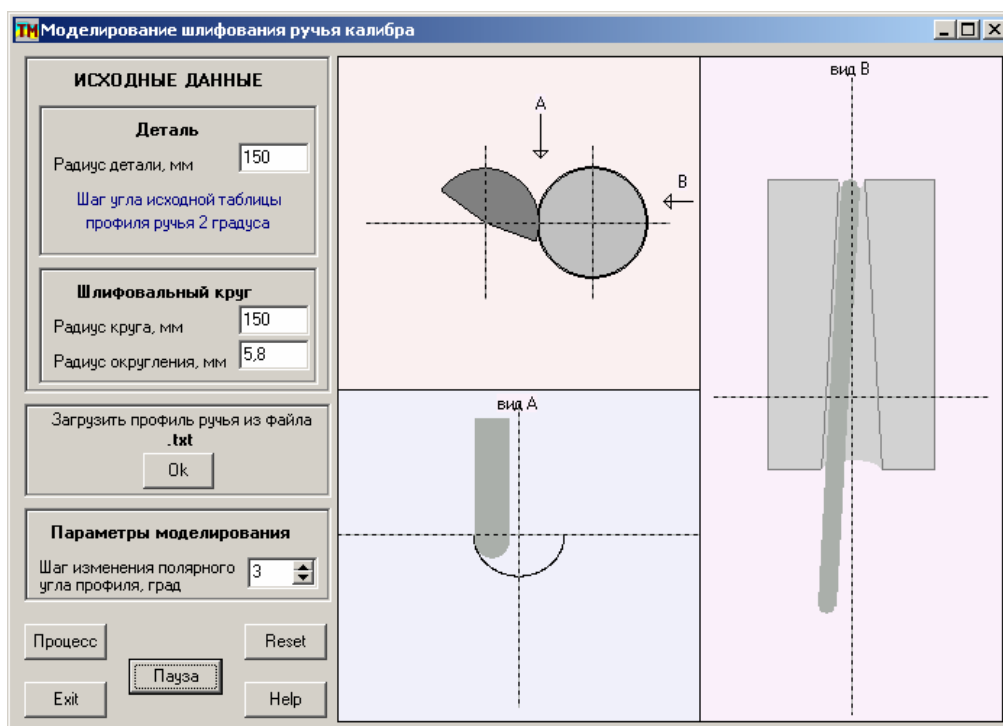


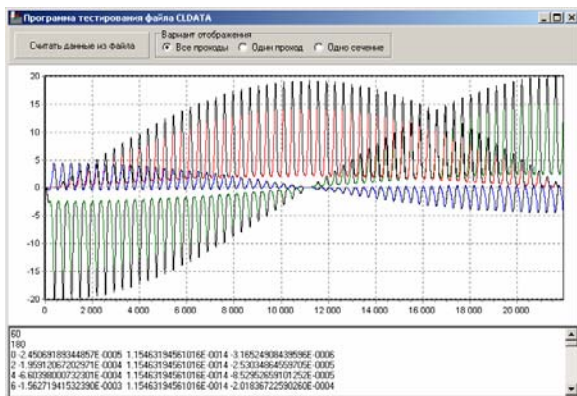
Рис. 12. Интерфейс прикладной программы моделирования

Проверка. В соответствии со схемой функционирования интегрированной CAD/CAM системы (см. рис. 3), после генерации файла управления, он проходит проверку на отсутствие ошибок геометрического формообразования. Начальная проверка может проводиться средствами модулей разработанной системы (рис. 13, а-в) или в других системах (рис. 13, г). Так встроенный модуль проерки позволяет численно оценить закон управления всем циклом обработки (рис. 13,а), законом управления одного прохода (рис. 13,б) или в одном отдельно взятом поперечном сечении (рис. 13,в). Альтернативная проверка проводилась в CAD-системе T-FLEX CAD 3D, где предварительно была построена параметрическая модель технологической среды взаимодействия шлифовального круга и профиля калибра (рис.13,г).

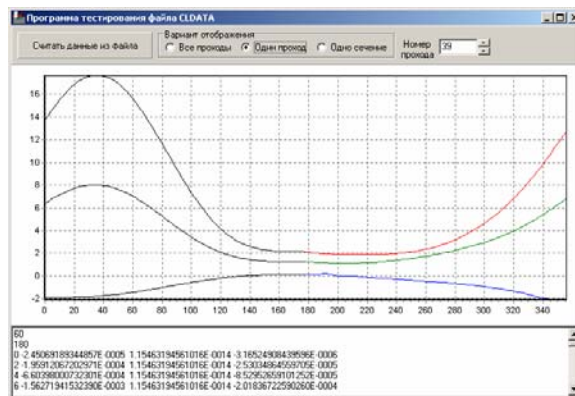
В процессе моделирования появляется возможность проверить пересечение геометрических 3-D моделей шлифовального круга и профиля калибра для каждого соединения управляемых координат, которые были рассчитаны на предыдущем этапе, и определить величину и положение пятна контакта шлифовального круга с деталью. Такая информация может быть также использована при оптимизации режима резания, учете усилий в упругой технологической обрабатывающей системе.

Проверка разработанной методики автоматизированной подготовки программ формообразующих движений для управления специальными станками с ЧПУ показала ее высокую эффективность, что позволяет рекомендовать ее к использованию на предприятиях, как при проектировании кинематики формообразования и при технологической подготовке производства. Созданная интегрированная CAD/CAM система прошла практическую проверку на модернизированном станке (рис. 14).

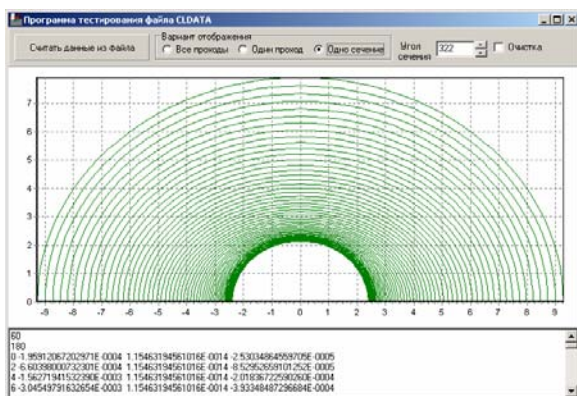
Проведенные измерения профиля прошлифованного на созданном станке калибра ХПТ-32 подтвердили адекватность всех использованных математических моделей и созданных программных средств. По предварительным оценкам производительность операции возросла в 1,8 раза. Станок вместе с разработанной CAD/CAM системой передан на производство Южного трубного завода, экономическая эффективность будет уточнена по фактическим результатам работы.



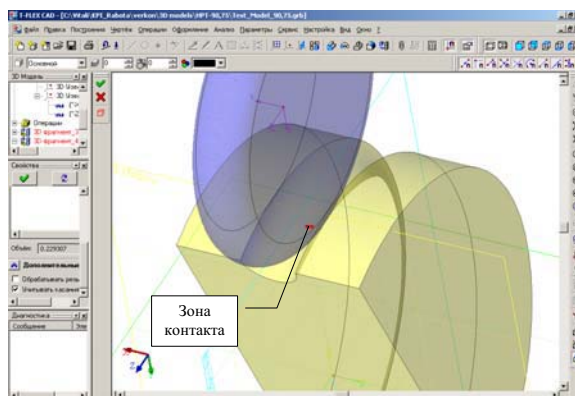
а)



б)



в)



г)

Рис. 13. Проверка взаимодействия формообразования



Рис. 14. Четырехкоординатный шлифовальный станок с ЧПУ

Список использованной литературы:

1. Радзевич С. П. Формообразование поверхностей деталей (Основы теории). Монография – К.: „Растан”, 2001.- 592 с.
2. Интеллектуальные возможности современных САМ-систем // CAD/CAM/CAE Observer. №4.- 2002. С.2-7



DIGITALNO PRAKTIČNO PRAĆENJE: ALGORITAM SA VEKTORSKIM VREMENOM DOSTIŽIVOSTI

*Mihajlo J. Stojčić*¹

Rezime:

U ovom radu posmatramo stacionarni nelinearni digitalni sistem, koji je matematički predstavljen diferencnim jednačinama sa izdvojenim upravljanjem. Data je nova definicija praktičnog praćenja sa vektorskim vremenom dostiživosti. Takođe, dat je novi kriterijum i upravljački algoritam koji, uprkos djelovanju poremećaja iz skupa dozvoljenih poremećaja, obezbjeđuje praktično praćenje sa vektorskim vremenom dostiživosti.. Simulacija dobijenih rezultata izvršena je na manipulatoru sa dva rotaciona zgloba, čime je pokazana ispravnost predložene teorije.

Ključne riječi: digitalni sistemi, praktično praćenje, kriteriji i upravljački algoritmi

1. UVOD

Za mnoge objekte tipično je da je njihovo željeno dinamičko ponašanje vremenski promjenljivo (avion, robot, brod, automobil, ...), te da su u toku rada podvrgnuti dejstvu poremećaja. U tom slučaju, zadatak upravljanja je da, uprkos dejstvu predviđenih ili nepredviđenih poremećaja, svojim djelovanjem na objekat obezbijedi zahtjevanu bliskost između njegovog stvarnog i željenog dinamičkog ponašanja. Kraće rečeno, upravljanje treba da obezbijedi praćenje.

Generalno razlikujemo dva koncepta praćenja: ljapunovski i praktični koncept praćenja. Oba ova koncepta uvodi Grujić; ljapunovski (u referencama [5] do [10] rada [1]) i praktični koncept, prvo za kontinualne [1], a zatim i za diskretne sisteme [2]. Praktični koncept je kasnije razvijan radovima [3,4] istog autora, te radom [6] za kontinualne sisteme i radom [7] za digitalne sisteme.

Praćenje u ljapunovskom smislu zahtjeva postojanje Δ okoline početnog željenog izlaza \mathbf{y}_{d0} , koja garantuje da će na neograničnom vremenu ($t \rightarrow \infty$), svaki stvarni izlaz konvergirati njegovom željenom izlazu ($\|\mathbf{y}_d(k) - \mathbf{y}(k)\| \rightarrow 0$), čim je njegov početni izlaz \mathbf{y}_0 unutar te Δ okoline ($\|\mathbf{y}_{d0} - \mathbf{y}_0\| < \Delta$).

Praktični koncept praćenja polazi od tri grupe unaprijed definisanih skupova (usvojenih ili tehnički određenih) i to:

- vremenski skupovi: $Z_n, Z_n = [0, n_p[$, ($n_p \in \mathbb{N}$, $n_p \in]0, \infty[$) – diskretno vrijeme) skup na kojem je ostvareno praćenje; skup vremena smirenja ili dostiživosti $Z_{(i)}$, $Z_{(i)} = [n_{(i)}, n_p \mathbf{1}]_{s,r}$, gdje su vektori \mathbf{n}_s i \mathbf{n}_r , sledstveno, vektori vremena n_{s_i}, n_{r_i} smirenja i dostiživosti za svaki i -ti izlaz. Izraz $k \in Z_{(i)}$ je u smislu $k \in [n_{(i)_i}, n_p[$. Oba ova vektora su funkcije vektora početne greške izlaza \mathbf{e}_0 , $\mathbf{n}_{(i)} = \mathbf{n}_{(i)}(\mathbf{e}_0)$,

¹Univerzitet Banja Luka, Mašinski fakultet, Republika Srpska, B i H e-mail address : mstojcic@rskoming.net

- skupovi: željenih izlaza \mathbf{S}_{yd} , skup ostvarivih upravljanja \mathbf{S}_u i skup dopustivih poremećaja \mathbf{S}_z . Ovim skupovima je definisan zadatak praćenja (\mathbf{S}_{yd}) kao i konstruktivna i tehnička ograničenja upravljanog objekta ($\mathbf{S}_u, \mathbf{S}_z$).
- skupovi dozvoljenih stvarnih grešaka izlaza na odgovarajućim vremenskim skupovima: skup početnih E_I , trenutnih E_A i krajnjih E_F , $E_F \subseteq E_A$ grešaka izlaza. Ovim skupovima se određuje željeni kvalitet praćenja i svi oni su vremenski nepromjenljive povezane okoline nulte greška $\mathbf{0}_e$. Na osnovu skupa željenih izlaza i vremenskih skupova, skup grešaka izlaza preslikavamo u odgovarajuće, vremenski promjenljive, skupove dozvoljenih stvarnih izlaza: početni $\mathbf{Y}_I, k=0$, trenutni $\mathbf{Y}_A(k), k \in Z_n$ i krajnji skup stvarnih izlaza $\mathbf{Y}_F(k), k \in Z_{(\cdot),(\cdot)} =_{s,r}$, gdje su skupovne funkcije $\mathbf{Y}_{(\cdot)}(k)$ definisane kao:

$$\mathbf{Y}_{(\cdot)}(k) = \{ \mathbf{y} : \mathbf{y}(k) = \mathbf{y}_d(k) - \mathbf{e}(k), \mathbf{e}(k) \in E_{(\cdot)} \}, \quad (\cdot) =_{I,A,F}$$

Praktično praćenje (PP) je ostvareno ako postoji upravljanja $\mathbf{u}(\cdot) \in \mathbf{S}_u$, koje će da prevede izlaz sistema iz skupa početnih izlaza \mathbf{Y}_I u skup krajnjih izlaza $\mathbf{Y}_F(k)$ na odgovarajućim vremenskim skupovima, pri čemu ni u jednom trenutku stvarni izlaz ne smije da napusti skup trenutnih izlaza $\mathbf{Y}_A(k)$. U isto vrijeme poremećaji pripadaju unaprijed dozvoljenom skupu \mathbf{S}_z . Zavisno od kvaliteta praćenja razlikujemo tri vida PP i to: (i) *praćenje* - stvarni izlaz mora da ostane unutar skupa $\mathbf{Y}_A(k)$, (ii) *praćenje sa vremenom smirenja* - važi (i) a u svakom trenutku $k \in Z_s$ izlaz pripada skupu $\mathbf{Y}_F(k)$, (iii) *praćenje sa vremenom dostiživosti* - važi (i) i u toku vremena $k \in Z_r$ stvarni i željeni izlaz su jednaki $\mathbf{y}(k) = \mathbf{y}_d(k)$.

Praćenje je dinamička osobina koja se odnosi na prostor izlaza. Za sintezu upravljanja koristi se greška izlaza, pri čemu je iskorišten fundamentalni upravljački princip - princip negativne povratne veze po izlazu. Kod praktičnog praćenja digitalnih sistema, kontinualni objekat se aproksimira svojim digitalnim modelom a kao kontroler koristi se digitalni računar. Veza između objekta i računara je ostvarena preko interfejsa koji sadrži A/D i D/A pretvarače. Skupovi željenih izlaza, dopuštenih grešaka izlaza, vremenski skupovi, skup dozvoljenih poremećaja, te željeni način (algoritam) ponašanja izlaza pohranjeni su u računaru. U svakom diskretnom trenutku računar "čita" podatke o trenutnim izlazima, stanjima i poremećajima, na osnovu kojih i memorisanih podataka generiše upravljanje objektom. U ovom radu posmatramo praktično praćenje stacionarnog nelinearnog digitalnog sistema sa vektorskim vremenom dostiživosti.

2. POSTAVKA PROBLEMA

U nastavku posmatramo stacionarni nelinearni digitalni sistem, čiji je matematički model (sa svim aktuatorima i sensorima) predstavljen sledećim sistemom vektorskih diferentnih jednačina:²

$$\begin{aligned} \mathbf{f}(\mathbf{x}_k, \mathbf{x}_{k+1}, \dots, \mathbf{x}_{k+\alpha}, \mathbf{z}_k) &= \mathbf{B}\mathbf{b}(\mathbf{u}_k) \\ \mathbf{y}_k &= \mathbf{g}(\mathbf{x}_k, \mathbf{z}_k) \end{aligned} \quad (1)$$

gdje su: $\mathbf{x}_k \in \mathbb{R}^n, \mathbf{z}_k \in \mathbb{R}^p, \mathbf{u}_k \in \mathbb{R}^m, \mathbf{y}_k \in \mathbb{R}^r$ vektori: stanja, poremećaja, upravljanja i izlaza sledstveno. Funkcije: $\mathbf{f} : \mathbb{R}^{(\alpha+1) \times n} \times \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^n$, $\mathbf{g} : \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^r$ i $\mathbf{b} : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^m$, opisuju internu dinamiku sistema, izlaz i upravljanje sledstveno. Matrica $\mathbf{B} \in \mathbb{R}^{n \times m}$ je matrica upravljanja, pri čemu se pretpostavlja da postoji matrica $\mathbf{C} \in \mathbb{R}^{m \times n}$ takva da je $\det(\mathbf{C}\mathbf{B}) \neq 0$. Važi sledeći odnos dimenzija vektora $r \leq m \leq n$ ³.

²koristimo oznake: \mathbb{R} - skup realnih brojeva, $\mathbf{x}_k = \mathbf{x}(k)$ - vrijednost vektora \mathbf{x} u trenutku k , $k \in Z_n$ -

diskretni trenutak $t_k = kT$, $T = t_{k+1} - t_k$ - vrijeme odabiranja, mala masna slova označavaju vektore a obična slova skalare

³za realne sisteme broj upravljanja nije nikad veći od broja stanja, niti je broj izlaza veći od broja upravljanja. Matrice \mathbf{B} i \mathbf{C} imaju puni rang $\text{rang}(\mathbf{B}) = \text{rang}(\mathbf{C}) = m \leq n$.

Na početku dajemo definiciju idealnog praćenja [2]:

Definicija 1: Objekat (1) ostvaruje idealno praćenje ako i samo ako je jednačina $\mathbf{y}(k) = \mathbf{y}_d(k)$ zadovoljena za svako $k \in Z_n$. \square

Dakle, potreban uslov idealnog praćenja je $\mathbf{y}_0 = \mathbf{y}_{d0}$, ili ekvivalentno $\mathbf{e}_0 = \mathbf{0}_e$, tj. greška izlaza, definisana sa $\mathbf{e}_k = \mathbf{y}_{dk} - \mathbf{y}_k$ ⁴, u početnom trenutku mora biti jednaka nuli. U tom slučaju, koristeći sistem (1) i pretpostavku $\det(CB) \neq 0$, funkcija upravljanja postaje

$$\mathbf{b}[\mathbf{u}_N(k)] = (CB)^{-1} C[\mathbf{f}(\mathbf{x}_N(k), \mathbf{x}_N(k+1), \dots, \mathbf{x}_N(k+\alpha), \mathbf{z}_N(k))],$$

gdje su indeksom $_N$ označene nominalne vrijednosti vektora stanja, poremećaja i upravljanja, $\mathbf{x}_N, \mathbf{z}_N, \mathbf{u}_N$, sledstveno. Međutim, praćenje nije idealno čim je $\mathbf{e}_0 \neq 0$, te je zbog toga potrebno korigovati prethodno nominalno upravljanje. Ova korekcija će zavisiti od trenutne greške izlaza, tako da upravljanje u k -tom, $k \in Z_n$, trenutku postaje:

$$F\mathbf{b}(\mathbf{u}_k) = F(CB)^{-1} C[\mathbf{f}(\mathbf{x}_k, \mathbf{x}_{k+1}, \dots, \mathbf{x}_{k+\alpha}, \mathbf{z}_k)] + \mathbf{p}(\mathbf{e}_k).$$

Vektorskom funkcijom $\mathbf{p}(\cdot) \in \mathbb{R}^r, \mathbf{p}: \mathbb{R}^r \rightarrow \mathbb{R}^r$ je označena ova korekcija. Dimenzija ove funkcije je ista kao i vektora izlaza, dok joj vrijednost zavisi od greške izlaza $\mathbf{e}(\cdot)$ i/ili od njenih derivacija i/ili integrala. Matrica $F \in \mathbb{R}^{r \times m}$ prilagođava dimenzije pojedinih sabiraka u gornjoj jednačini i odabrana je tako da zadovolji uslov $\det(FF^T) \neq 0$ ⁵, što je moguće, jer je $r \leq m$. Uslov $\det(FF^T) \neq 0$, dozvoljava:

$$\mathbf{b}(\mathbf{u}_k) = F^T(FF^T)^{-1} \{F(CB)^{-1} C[\mathbf{f}(\mathbf{x}_k, \mathbf{x}_{k+1}, \dots, \mathbf{x}_{k+\alpha}, \mathbf{z}_k)] + \mathbf{p}(\mathbf{e}_k)\}.$$

Ova jednačina predstavlja zakon promjene funkcije upravljanja za slučaj neidealnog - realnog praćenja.

U nastavku uvodimo sledeće pretpostavke koje mora da ispunjava objekat (1) da bi ostvario PP.

[P1.] Sve komponente vektora izlaza \mathbf{y}_k i vektora poremećaja \mathbf{z}_k su mjerljive u svakom trenutku $k \in Z_n$ \square

[P2.] Sve komponente vektora stanja \mathbf{x}_k su mjerljive ili se mogu izračunati kao $\mathbf{x}_k = \mathbf{g}^I(\mathbf{y}_k, \mathbf{z}_k)$. Komponente vektora $\mathbf{x}_{k+i}, i = 1, \dots, \alpha$ su poznate za svako $k \in Z_n$ \square

[P3.] Vektorske funkcije: interne dinamike $\mathbf{f}(\cdot)$, izlaza $\mathbf{g}(\cdot)$ i upravljanja $\mathbf{b}(\cdot)$ su poznate. Postoji inverzna funkcija $\mathbf{b}^I(\cdot)$ funkcije $\mathbf{b}(\cdot)$ u odnosu na \mathbf{u}_k i ona je jedinstvena: $\mathbf{u}_k \equiv \mathbf{b}^I[\mathbf{b}(\mathbf{u}_k)]$ \square

[P4.] Postoje matrice $C \in \mathbb{R}^{m \times n}$ i $F \in \mathbb{R}^{r \times m}$ takve da $\det(CB) \neq 0$ i $\det(FF^T) \neq 0$, sledstveno. \square

3. DEFINICIJA PP SA VEKTORSKIM VREMENOM DOSTIŽIVOSTI (VVD)

Definicija: Objekat (1) upravljan sa $\mathbf{u}(\cdot) \in \mathbf{S}_u$ ostvaruje PP sa VVD $\mathbf{n}_r(\mathbf{e}_0)$ u odnosu na $\{n_p, \mathbf{Y}_I, \mathbf{Y}_d(\cdot), \mathbf{S}_{y_d}, \mathbf{S}_z\}$ ako i samo ako za svaki par $[\mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)] \in \mathbf{S}_{y_d} \times \mathbf{S}_z$ postoji $\mathbf{u}(\cdot) \in \mathbf{S}_u$ takvo da $\mathbf{y}_0 \in \mathbf{Y}_I$ povlači:

$$\mathbf{y}[k; \mathbf{y}_0; \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{u}(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)] \in \mathbf{Y}_d(k), \forall k \in Z_n, \quad \text{i}$$

$$\mathbf{y}[k; \mathbf{y}_0; \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{u}(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)] = \mathbf{y}_d(k), \forall k \in [n_r(\mathbf{e}_0), n_p] \mathbb{1}. \quad \square$$

Definicija PP sa VVD dao je Grujić [2], i ona je data preko prostora greške izlaza i sa skalarnim vremenom

⁴ $\mathbf{e}(k) \mathbf{e}_k = \mathbf{e}(k) = \mathbf{e}[k; \mathbf{e}_0; \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{u}(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)] \in \mathbb{R}^r$, opisuje zakon promjene greške u odnosu na početnu grešku \mathbf{e}_0 i željeni izlaz \mathbf{y}_d usled dejstva upravljanja \mathbf{u} i poremećaja \mathbf{z} ; $\mathbf{e}(k)$ - označava vrijednost greške u trenutku k

⁵ za slučaj da je broj izlaza veći od broja upravljanja - ulaza $r > m$, onda je $FF^T \in \mathbb{R}^{r \times r}$ te je $\det(FF^T)$, uvijek jednaka nuli, jer je $\text{rang}(FF^T) = \min(\text{rang}F, \text{rang}F^T) = m < r$. Upravljanje u ovom slučaju nije moguće.

dostiživosti. Gore predložena definicija je data preko prostora izlaza jer to proističe iz same prirode praćenja, i preko vektorskog vremena dostiživosti. Ovo određuje novi kvalitet praćenja, jer je preko vektora vremena dostiživosti omogućeno da se za svaki izlaz posebno odrediti vrijeme dostiživosti. Slična definicija za kontinualne sisteme data je u [6]. Pojam vektorskog vremena se prvi put javlja u [5].

4. KRITERIJUM I UPRAVLJAČKI ALGORITAM

U narednom tekstu koristimo sledeće oznake: $M(\cdot) \in \mathbb{R}^{r \times r}$ -dijagonalna matrica funkcija $\mu_i(n_{ri}; e_{i0}), \mu_i(\cdot): \mathbb{N} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, i = \{1, \dots, r\}$ za svaki izlaz posebno; $\mathbf{s}(\cdot)$ - vektor funkcija znaka $\text{sign}(\cdot): \mathbb{R} \rightarrow \{-1, 0, 1\}$. $\mathbf{u}_m, \mathbf{u}_M$ - vektori minimalne i maksimalne vrijednosti upravljanja ($\mathbf{u}_m, \mathbf{u}_M \in \mathbf{S}_u$).

Teorema 1. [Kriterij PP sa VVD] *Da bi objekat (1) upravljao sa $\mathbf{u}(\cdot) \in \mathbf{S}_u$ ostvarivao PP sa VVD $\mathbf{n}_r(\mathbf{e}_0) \in]\mathbf{0}, n_p \mathbf{1}]$ u odnosu na $\{n_p, \mathbf{Y}_I, \mathbf{Y}_A(\cdot), \mathbf{S}_{yd}, \mathbf{S}_z\}$ dovoljno je da upravljanje $\mathbf{u}(\cdot)$ obezbeđuje:*

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{e}(k; \mathbf{e}_0; \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{u}(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)) &= -M(\mathbf{n}_r; \mathbf{e}_0) \mathbf{s}(\mathbf{e}_k), \\ \forall [k, \mathbf{e}_0, \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)] &\in Z_n \times E_I \times \mathbf{S}_{yd} \times \mathbf{S}_z \end{aligned} \quad (2)$$

i da je za svako $i \in \{1, 2, \dots, r\}$ ispunjeno

$$\mu_i(n_{ri}; e_{i0}) \begin{cases} = \frac{|e_{i0}|}{n_{ri}}, & e_{i0} \neq 0; \\ \in \mathbb{R}, & e_{i0} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

□

Teorema 2. [Algoritam PP] *Neka pretpostavke (P1-P4) važe i neka je $\mathbf{S}_u = \{\mathbf{u}(\cdot): \mathbf{u}_m \leq \mathbf{u}(k) \leq \mathbf{u}_M\}$, sa funkcijom upravljanja:*

$$\begin{aligned} \mathbf{b}(\mathbf{u}_k) &= F^T (FF^T)^{-1} \{F(CB)^{-1} C \mathbf{f}(\mathbf{x}_k, \dots, \mathbf{x}_{k+\alpha}, \mathbf{z}_k) + \Delta \mathbf{e}_{k-1} + \\ &M(\mathbf{n}_r; \mathbf{e}_0) \mathbf{s}(\mathbf{e}_{k-1})\}; \forall [k, \mathbf{e}_0, \mathbf{y}_d(\cdot), \mathbf{z}(\cdot)] \in Z_n \times E_I \times \mathbf{S}_{yd} \times \mathbf{S}_z. \end{aligned} \quad (4)$$

Objekat (1) upravljao sa $\mathbf{u}(\cdot) \in \mathbf{S}_u$ ostvaruje praktično praćenje sa VVD $\mathbf{n}_r(\mathbf{e}_0) \in]\mathbf{0}, n_p \mathbf{1}]$ u odnosu na $\{n_p, \mathbf{Y}_I, \mathbf{Y}_A(\cdot), \mathbf{S}_{yd}, \mathbf{S}_z\}$ ako za svaku komponentu $i \in \{1, 2, \dots, r\}$, funkcija $\mu_i(n_{ri}; e_{i0})$ zadovoljava jednačinu (3).

□

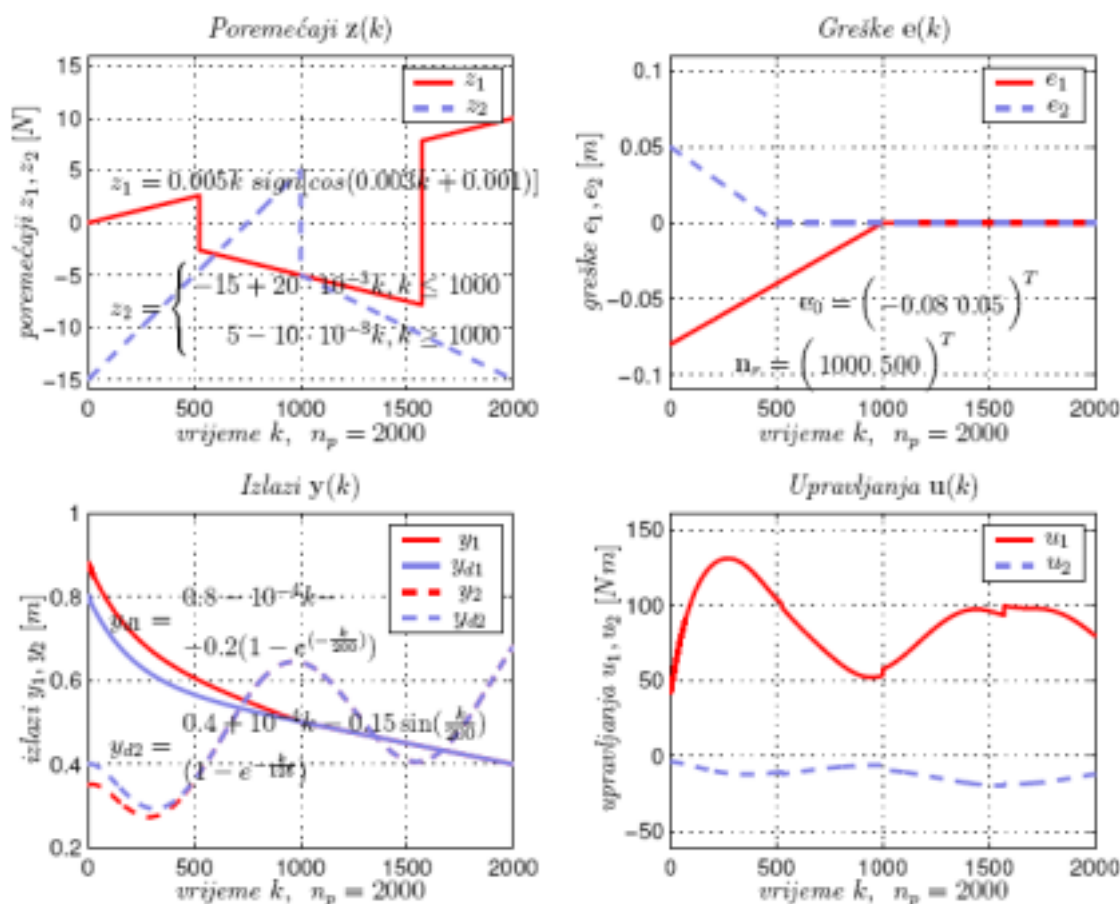
DOKAZ: Dokazi teorema 1. i 2. su zbog nedostatka prostora izostavljeni. Dokazi ovih teorema su detaljno dati u [7].

□

5. SIMULACIJA

Simulacija algoritma iz teoreme 2. izvršena je na manipulatoru sa dva rotaciona zgloba. Obrtni momenti motora u zglobovima manipulatora su komponente vektora upravljanja, dok su promjene koordinata krajnje tačke manipulatora izlazi sistema. Kao poremećaj javlja se spoljašnja sila $\mathbf{F}_{sp}(t)$ koja djeluje na krajnju tačku. Detaljni podaci o ovom objektu dati su u [7] i [8]. Rezultati simulacije predstavljeni su na slici 1., pri čemu su usvojene sledeće vrijednosti skupova:

$$\begin{aligned} E_I &= \{(-0.10 \quad -0.08)^T \leq \mathbf{e}(\cdot) \leq (0.10 \quad 0.08)^T\}, \\ E_A &= \{(-0.10 \quad -0.08)^T \leq \mathbf{e}(\cdot) \leq (0.10 \quad 0.08)^T\}, \\ E_F &= \{(-0.02 \quad -0.01)^T \leq \mathbf{e}(\cdot) \leq (0.02 \quad 0.01)^T\} \end{aligned}$$



Slika 1. Rezultati simulacije algoritma iz teoreme 2.

$$\mathbf{s}_z = \{\mathbf{z} : -20 \leq z \leq 20\} [N], \quad \mathbf{s}_u = \{\mathbf{u} : u_m \mathbf{1} \leq \mathbf{u} \leq u_M \mathbf{1}\} [Nm], u_m = -160 Nm, u_M = 160 Nm$$

$$\mathbf{s}_{y_d} = \left(\mathbf{y}_d : \mathbf{y}_d(k) = \begin{pmatrix} 0.8 - 10^{-4}k - 0.2 \left(1 - e^{-\frac{k}{200}}\right) \\ 0.4 + 10^{-4}k - 0.15 \left(\sin \frac{k}{200}\right) \left(1 - e^{-\frac{k}{125}}\right) \end{pmatrix} \right),$$

$$Z_n = [0, 2000[, n_p = 2000, Z_r = [n_r, n_p \mathbf{1}], n_r = (1000 \ 500)^T, \mathbf{e}_0 = (-0.08 \ 0.05)^T m.$$

Vrijeme na kojem se posmatra praćenje $\tau = 2s$, perioda odabiranja $T = 10^{-3}s$ (usvojeno na osnovu lineari-zovanog modela i Šenonove teoreme) tako da je diskretno vrijeme $n_p = 2000$, što je i vrijeme na kojem je ostvareno PP. Iz rezultata simulacije vidimo da su stvarni izlazi objekta dostigli željene izlaze (greška = 0) za unaprijed usvojeno vrijeme, te da je u toku vremena $k \in Z_r$, zadovoljeno $\mathbf{y}(k) = \mathbf{y}_d(k)$.

6. ZAKLJUČAK

Vrijednost funkcije $\mu_i(\cdot)$ u jednačini (3) je odabrana tako da početnu grešku u toku vremena $k \in Z_n / Z_r$ umanjuje do nulte vrijednosti. Algoritam je tako podešen da kada greška dostigne nultu vrijednost ona dalje ne može da se promjeni⁶, bez obzira na vrijednost funkcije $\mu_i(\cdot)$, tako da za $k \in Z_r$ važi $\mathbf{y}(k) = \mathbf{y}_d(k)$.

⁶zbog $\Delta e_i(k) = -\mu_i \operatorname{sign}[e_i(k)] = 0 \Rightarrow e_i(k+1) = e_i(k) = 0$, jer je $\operatorname{sign}[e_i(k)] = \operatorname{sign}(0) = 0$

Iz rezultata simulacije je vidljivo da upravljanje sintetizovano na bazi algoritma datog u teoremi 2. prisiljava objekat (1), koji je pod dejstvom poremećaja, da ostvari praktično praćenje sa **VVD**. Za sintezu upravljanja iskorištena je negativna povratna veza po izlazu, gdje se kao kontroler koristi se digitalni računar u povratnoj vezi.

LITERATURA:

- [1].Lj.T.Grujić: *Stabilnost naspram praćenja u sistemima automatskog upravljanja*, Saopštenja JUREMA 29, Zagreb, 1984, dio I, strana 1-4
- [2].Lj. T. Grujić: *Fenomeni, koncepti i problemi automatskog praćenja: vremenski diskretni stacionarni nelinearni sistemi s promjenljivim ulazima*, Zbornik radova I Medjunarodnog seminara "Automat i robot", Beograd, 28-30. maj 1985. strana 402-421
- [3].Lj. T. Grujić: *Tracking Versus Stability: Theory*, (Tutorial Paper), Computing and Computers for control systems, P.Borne et al.(editors), J.C. Baltzer AG, Scientific Publishing Co., IMACS 1989, pp 165-173
- [4]. Lj. T. Grujić: *Tracking Control Obeying Prespecified Performance Index*, Computing and Computers for control systems, P.Borne et al. (editors), J.C. Baltzer AG, Scientific Publishing Co., IMACS 1989, pp 229-233
- [5].Ljubomir T. Grujić and William Pratt Mounfield: *PD-Control for Stablewise Tracking With Finite Reachability Time: Linear Continuous-Time MIMO Systems With State-Space Description*, Int. J. of Robust and Nonlinear Control, Vol.3, 341-360, (1993)
- [6]. D. V. Lazić: *Analiza i sinteza praktično pratećeg automatskog upravljanja*, Doktorska disertacija, Beograd 1995
- [7].Mihajlo J. Stojčić: *Praktično praćenje digitalnih sistema automatskog upravljanja*, Doktorska disertacija, Banja Luka, Mart 2005
- [8].Mihajlo J. Stojčić: *Digital practical tracking: algorithms with vector settling time* Theoret. Appl. Mechanics, Vol.32, No.1, pp. 79–93, Belgrade 2005

Digital practical tracking: Algorithm with vector reachability time

Abstract

In this paper we treated stationary digital system, that mathematical is described by difference equations with separate control. The new definition of practical tracking with vector reachability time is given. Also, the new criterion and the control algorithm that ensure practical tracking with vector reachability time are given, even though at the same time disturbances, that belong to the set of the admitted disturbances, act to the object. The simulation results worked out in an manipulator with two free joints verify the theory.

Key words: digital systems, practical tracking, criteria and control algorithms



ESTIMATION OF ROBOT POSITIONING ERRORS

K.Menyhardt¹, M.Toth-Tascau²

ABSTRACT

This paper presents a systematic approach for estimating the positioning errors of an industrial robot and corresponding corrections applied in joints in order to improve the robot accuracy. The effect of geometric parameters choice on robot calibration is examined. The literature on the subject is reviewed, and the various possible choices for geometrical modeling are examined. The study is concerned on the influence of the link length variations upon the positioning accuracy. A theoretical robot structure was employed as an experimental system in order to evaluate the efficacy of the approach.

1. INTRODUCTION

The positioning and orientation accuracy of industrial robots varies by manufacturer, robot type and robot age. The errors between the actual situation and the desired situation can be estimated and measured. The magnitude of these errors can be as low as a tenth of a millimeter, or as high as several centimeters. Using kinematic calibration, these errors can be reduced to less than a millimeter in most cases.

In metrology, calibration of an equipment results in maintaining the relationship of the equipment capability with a traceable national or international standard. In the case of robot calibration, it is a process by which the accuracy of a robot manipulator is enhanced to high orders of magnitude. It normally consists of three steps: *modeling, measuring* and *error compensation* [3].

In the paper, the effect of geometric parameters choice on robot calibration is examined. The literature on the subject is reviewed, and the various possible choices for geometric modeling are examined.

The most important parameters related to robot calibration are: accuracy, repeatability and resolution. Each of these depends of the various aspects.

The objectives of the robot performance assessment are [2]:

- identify the main sources of error which perturb the accuracy of the robot end effector;
- decide if the robot or the work-cell must be calibrated;
- compute the expected improvement in accuracy due to calibration.

The performance of the robot is assessed by making mathematical models of the characteristics of the error sources in each of its sub systems such as the joint, the robot links or its gripper. The robot performance is strongly influenced by many different factors that include, but are not limited to: robot geometry as result of modeling and manufacturing process (manufacturing tolerances), joint compliance, elasticity of each link caused by the effects of gravity, payload and inertia, friction, temperature, loading, etc.

Taking into account all these effects of errors on the positioning, the accuracy of the end-effector can be evaluated. The error sources are identified and sorted into three categories:

- systematic errors, which do not vary with time, such as parallelism, concentricity and link length;
- pseudo-systematic errors, which are time-variant yet predictable, such as temperature-induced effects;
- random errors, which vary with time and cannot be predicted, such as encoder noise.

Once the error budget has been established and the error magnitudes estimated, various statistical methods may be used to evaluate their effects when they work in combination.

High accuracy is really difficult to accomplish. Thus calibration will play an increasingly important role in automation systems of the future, employing robots and off-line programming systems.

2. COORDINATE TRANSFORMATION AS ERROR SOURCE

In order to describe the robot actions, several attached frames are used (figure 1). The errors between the actual situation and the desired situation have to be estimated and compensated. The position and

¹ Karoly Menyhardt, Politehnica University of Timisoara, tel. 0040-256-403637, e-mail: karoly_m@cmpicsu.upt.ro

² Politehnica University, Timisoara, Romania, mirela@cmpicsu.upt.ro

orientation of the robot end effector are functions of relative positioning of each robot link. Thus, a robot kinematic structure is often described mathematically using a representation of the position and orientation of each link relative to the previous one. In order to obtain the relationships between joint coordinates and operational coordinates, Denavit-Hartenberg convention can be used.

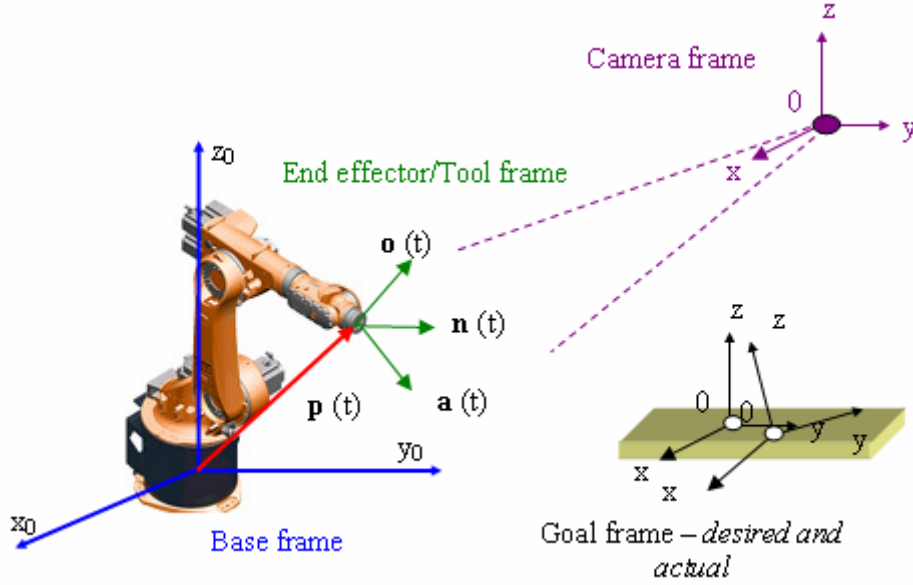


Fig. 1. Standard reference frames

The relative situation of a robot link with respect to the previous one depends on four geometrical parameters ${}^{i-1}\mathbf{T}_i = f(\alpha_i, \ell_i, \theta_i, d_i)$: link length ℓ_i , link twist α_i , distance d_i and angle θ_i , where:

$${}^{i-1}\mathbf{T}_i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & \ell_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & \ell_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

The matrix ${}^0\mathbf{G}_n$ describing the position and orientation of the robot end effector is obtained by multiplying the transfer matrices ${}^{i-1}\mathbf{T}_i$ describing the relative situations of the robot links:

$${}^0\mathbf{G}_n = {}^0\mathbf{T}_1 \cdot {}^1\mathbf{T}_2 \cdot \dots \cdot {}^{i-1}\mathbf{T}_i \cdot {}^i\mathbf{T}_{i+1} \cdot \dots \cdot {}^{n-1}\mathbf{T}_n, \quad (2)$$

The study case is concerned only with positioning of the robot end effector. The theoretical positional components are p_x , p_y , and p_z from ${}^0\mathbf{G}_n$ matrix.

Let be $E(x_E, y_E, z_E)$ the point describing the desired end effector position (E generates the robot trajectory), and $E^r(x_E^r, y_E^r, z_E^r)$ the point describing the real end effector position (figure 2). The position vector of this point with respect to the fixed reference frame \mathfrak{R}_0 , is:

$${}^0\mathbf{P}_E = {}^0\mathbf{G}_n \cdot {}^n\mathbf{P}_E \quad (3)$$

where:

$${}^0\mathbf{P}_E = \begin{bmatrix} {}^0x_E & {}^0y_E & {}^0z_E & 1 \end{bmatrix}^T \quad (4)$$

$${}^n\mathbf{P}_E = \begin{bmatrix} {}^nx_E & {}^ny_E & {}^nz_E & 1 \end{bmatrix}^T \quad (5)$$

Taking into account a certain robot having n degrees of freedom, the total number of D-H parameters is $4n$: n parameters represent the joint variables and $3n$ parameters define the robot geometry. Taking into account the D-H elementary variations, the positioning errors are also due to the elementary variations of these $4n$ parameters:

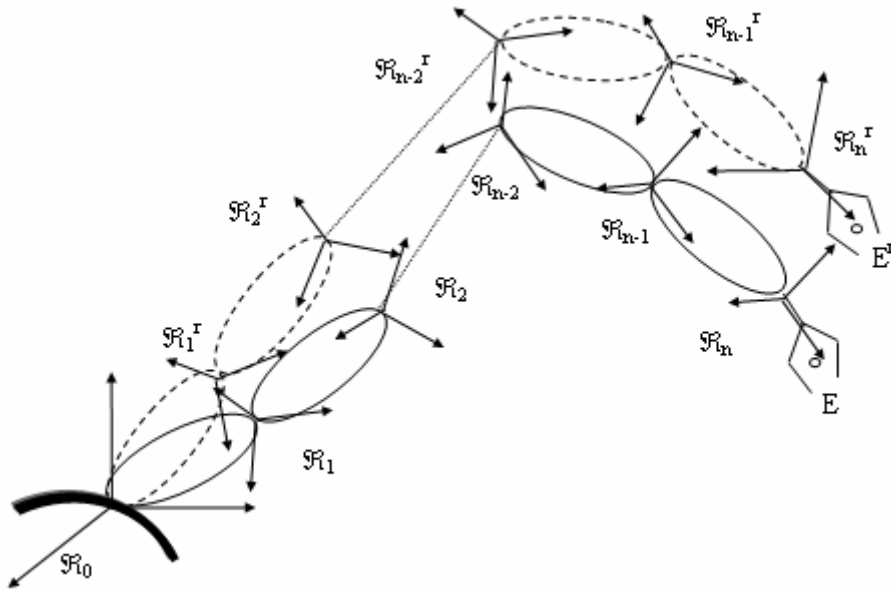


Fig. 2. Theoretical and actual positions of the robot

$$\begin{aligned}
 \alpha_i^r &= \alpha_i + d\alpha_i \\
 \ell_i^r &= \ell_i + d\ell_i \\
 \theta_i^r &= \theta_i + d\theta_i \\
 d_i^r &= d_i + dd_i
 \end{aligned} \tag{6}$$

Thus, with respect to the fixed reference frame \mathfrak{R}_0 , the real position of point E can be calculated using the following equation:

$${}^0\mathbf{P}_E^r = {}^0\mathbf{G}_n^r \cdot {}^n\mathbf{P}_E^r \tag{7}$$

where:

$${}^0\mathbf{P}_E^r = \begin{bmatrix} {}^0x_E^r & {}^0y_E^r & {}^0z_E^r & 1 \end{bmatrix}^T \tag{8}$$

$${}^n\mathbf{P}_E^r = \begin{bmatrix} {}^nx_E^r & {}^ny_E^r & {}^nz_E^r & 1 \end{bmatrix}^T \tag{9}$$

The position vector of the real point E with respect to the fixed reference frame \mathfrak{R}_0 is obtained from:

$${}^0\mathbf{G}_n^r = {}^0\mathbf{T}_1^r \cdot {}^1\mathbf{T}_2^r \cdot \dots \cdot {}^{i-1}\mathbf{T}_i^r \cdot {}^i\mathbf{T}_{i+1}^r \cdot \dots \cdot {}^{n-1}\mathbf{T}_n^r, \tag{10}$$

where

$${}^{i-1}\mathbf{T}_i^r = f(\alpha_i^r, \ell_i^r, \theta_i^r, d_i^r) = f(\alpha_i + d\alpha_i, \ell_i + d\ell_i, \theta_i + d\theta_i, d_i + dd_i) \tag{11}$$

The positioning error results:

$${}^0d\mathbf{P}_E = {}^0\mathbf{P}_E^r - {}^0\mathbf{P}_E \tag{12}$$

where ${}^0d\mathbf{P}_E$ is the matrix of position errors of point E:

$${}^0d\mathbf{P}_E = \begin{bmatrix} {}^0dx_E & {}^0dy_E & {}^0dz_E & 0 \end{bmatrix}^T, \tag{13}$$

and:

$$\begin{cases}
 {}^0dx_E = {}^0x_E^r - {}^0x_E \\
 {}^0dy_E = {}^0y_E^r - {}^0y_E \\
 {}^0dz_E = {}^0z_E^r - {}^0z_E
 \end{cases} \tag{14}$$

The positioning error is obtained as the norm of the individual position errors for each axis:

$$|e_p| = \sqrt{{}^0dx_E^2 + {}^0dy_E^2 + {}^0dz_E^2} \tag{15}$$

Robot manufacturing inevitably introduces some position and orientation errors. These errors occur even in the zero robot position [1].

The main effect on the robot accuracy comes from the length of the robot links, thus the study is concerned on the influence of the link length variations upon the positioning accuracy.

Taking into account the situation errors, the relationship between the desired situation and the real one is:

$$\mathbf{G}^r = \mathbf{G} + d\mathbf{G} \quad (16)$$

where

$$d\mathbf{G} = {}^0\Delta \cdot \mathbf{G} \quad (17)$$

and

$${}^0\Delta = \begin{bmatrix} 0 & -{}^0\delta_z & {}^0\delta_y & {}^0dx \\ {}^0\delta_z & 0 & -{}^0\delta_x & {}^0dy \\ -{}^0\delta_y & {}^0\delta_x & 0 & {}^0dz \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

represents the differential operator.

The vector of elementary displacements with respect to the fixed reference frame is

$${}^0\mathbf{D} = [{}^0dx \quad {}^0dy \quad {}^0dz \quad {}^0\delta_x \quad {}^0\delta_y \quad {}^0\delta_z]^T \quad (19)$$

In order to compensate these errors, the robot differential model has to be solved.

$${}^{G_n}\mathbf{D} = \mathbf{J}_r \cdot \mathbf{D}_q \quad (20)$$

where

- ${}^{G_n}\mathbf{D}$ represents the vector of elementary displacements with respect to the reference frame attached to the last link of the robot;
- \mathbf{J}_r represents the robot Jacobean;
- \mathbf{D}_q represents the vector of elementary displacements in joint.

The corrections that must be applied in joints are obtained form \mathbf{D}_q vector:

$$\mathbf{D}_q = (\mathbf{J}_r)^{-1} \cdot {}^{G_n}\mathbf{D} \quad (21)$$

In the same manner can be studied the influence of each D-H parameter and any composition of them.

3. CASE STUDY

In order to present how errors between the desired and actual situation of the robot end effector affect the overall positioning, an example will be used. The robot having six degrees of freedom (figure 3) was chosen because the coordinate transformation is already known and it contains both rotation and translational joints [4]. The studied case will demonstrate the uncertainty in accuracy and repeatability of the end effector positioning.

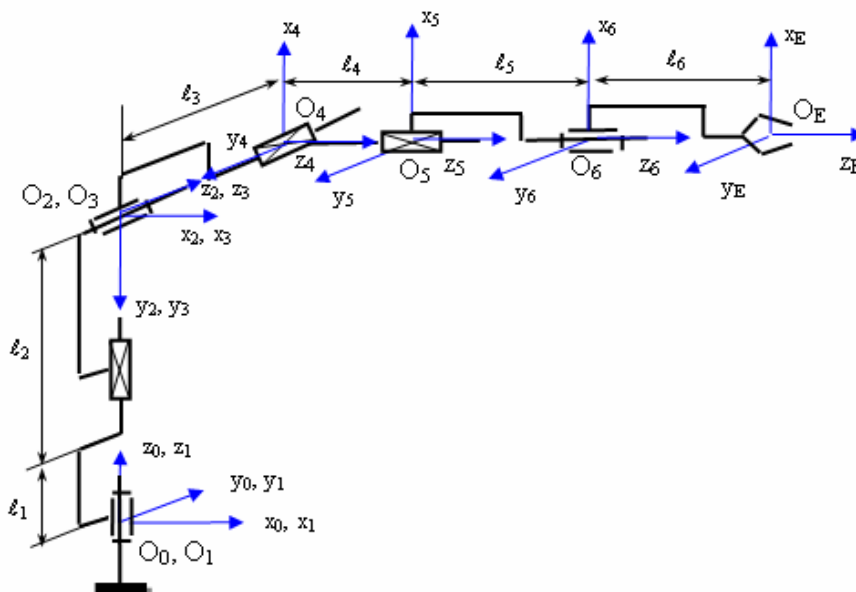


Fig. 3. Kinematical scheme of the robot

$$\begin{aligned}
n_x &= C_1 S_3 C_6 + S_1 S_6 \\
n_y &= S_1 S_3 C_6 - C_1 S_6 \\
n_z &= C_3 C_6 \\
o_x &= -C_1 S_3 S_6 + S_1 C_6 \\
o_y &= -S_1 S_3 S_6 - C_1 C_6 \\
o_z &= -C_3 S_6 \\
a_x &= C_1 C_3 \\
a_y &= S_1 C_3 \\
a_z &= -S_3 \\
p_x &= C_1 C_3 (\ell_4 + \ell_5 + q_5) - S_1 (\ell_3 + q_4) \\
p_y &= S_1 C_3 (\ell_4 + \ell_5 + q_5) + C_1 (\ell_3 + q_4) \\
p_z &= -S_3 (\ell_4 + \ell_5 + q_5) + \ell_1 + \ell_2 + q_2
\end{aligned} \tag{22}$$

In order to solve this problem, the Matlab computing medium was used. The vector of elementary displacements is obtained through a series of matrix multiplications. Using this method, the systems resources are heavily used, over 3GB of memory being requested by Matlab for these operations. The resulting matrices can be used for further calculus, but are impractical for displaying or printing, occupying tens or hundreds of pages in their most complex form. Functions of simplification for the forms of the matrix elements have been applied at each successive step, but only with small improvement on the final results.

The mathematical equations have been applied on numerical values, in series of thousands of pairs of values, for every variable D-H parameter. The conclusion based upon the results, was that the vector of elementary displacements does not depend on any of the D-H variables, but rather on the length, and more exactly on the elementary variation of the length of the links.

Thus, many cases were studied, in the paper being presented only three generic scenarios: the first in which the lengths of the links grew from the first toward the last link, a second case where the links had the same length and the third case where the lengths shrank from the first toward the last link.

Taking into account the robots dimensions we considered the same relative tolerance for each link, expressed in per thousands of link length.

In the first scenario, based upon series of 252000 iterations (per sample of lengths and elementary displacements), several combinations of link lengths were computed, resulting a standard deviation ($f = stdev(dq_i)$) for the elementary displacements that can be approximated ($R^2 = 0.9996$) with a linear function of $0.4048 * t + c1$ for dq2, $0.1753 * t + c2$ for dq4 and $0.1518 * t + c3$ for dq5 (t – s the tolerance for the length of the link, and $c1, c2, c3$ are constants for the specific function). The standard deviation was calculated upon the sets of elementary deviation resulted from the 252000 iterations, because the min-max value variation of the elementary displacements were varying nonlinearly and thus being inconclusive for the set of iterations. In figures 4 through 6 are presented the correlations between the tolerance and the standard deviation per elementary displacement for the links.

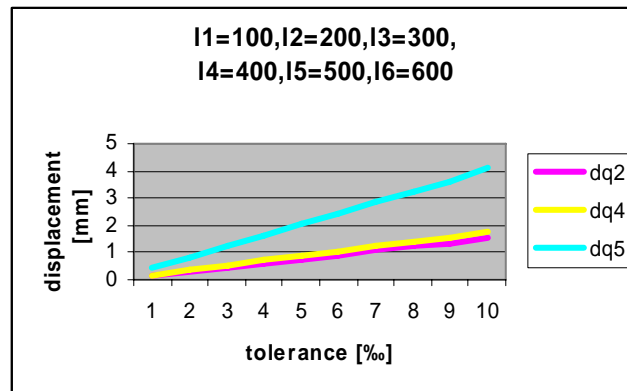


Fig. 4. Correlation between tolerance and displacement for increasing order of link lengths

In the second scenario, based upon series of 226000 iterations, the standard deviation could be approximated ($R^2=0.9996$) with a linear function of $0.3*t+c1$ for dq2, $0.2121*t+c2$ for dq4 and $0.3*t+c3$ for dq5.

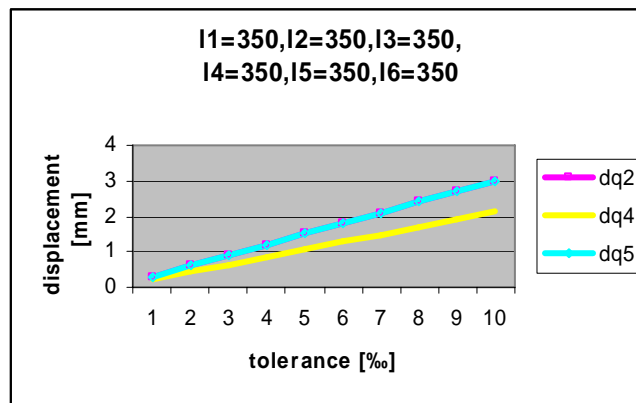


Fig. 5 Correlation between tolerance and displacement for same order of link lengths

In the third scenario, based upon series of 252000 iterations, the standard deviation could be approximated ($R^2=0.9996$) with a linear function of $0.481*t$ for dq2, $0.25*t+c2$ for dq4 and $0.2246*t+c3$ for dq5.

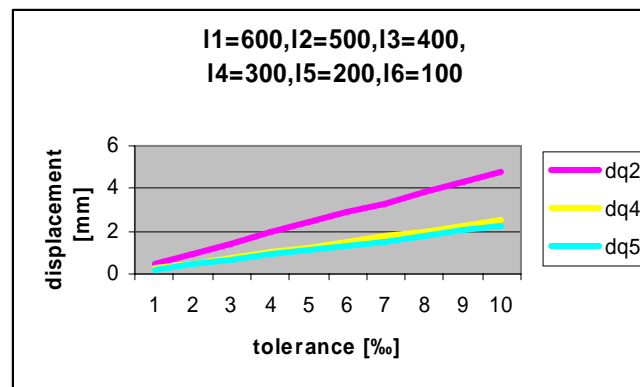


Fig. 6 Correlation between tolerance and displacement for decreasing order of link lengths

The obtained elementary displacements in joints could be used as corrections in order to compensate the evaluated errors.

4. CONCLUSIONS

Based on the current research and similar studies on different robot architectures, a model could be compiled which can predict easily and efficiently the corrections that must be applied to robot arm in real-time. These corrections of positioning can be applied in many cases where there is no sufficient processing power for complex mathematical operations. The study can be extended for all the four D-H parameters and any robot architecture. The algorithm proposed by this study can also be applied in the design phase of a robot to estimate possible errors in robot end effector positioning.

5. REFERENCES

- [1] K.L. Conrad, P.S.Shiakolas, T.C.Yih, *Robotic calibration issues: Accuracy, repeatability and calibration*, Proceedings of the 8th Mediterranean Conference on Control & Automation (MED 2000), Rio, Patras, Greece, 17-19 July 2000
- [2] F. Didot, P. Spanoudakis, F. Geuens, J. Van Den Bossche, *Performance Assessment and Calibration Strategies for Space Robots*, Vol. 4 No 4 Published December 1994
- [3] K Sivayoganathan, D Al-Dabass, *Simulation and robot calibration*, <http://ducati.doc.ntu.ac.uk/uksim/papers>
- [4] M.Toth-Tascau, *Cinematica si dinamica robotilor inteligenti*, Editura Politehnica Timisoara, 2002



Најдан Вуковић¹, Зоран Миљковић², Михаило Лазаревић³

СИМУЛАЦИЈА ХОДА ИНСЕКТ РОБОТА ПО РАВНОМ ТЕРЕНУ

Резиме

У раду је приказан начин кретања шестоножног инсект робота по идеално равном терену. У општем случају, инсект робот се као ходајућа машина креће по неравном терену, али ради ваљаног усвајања модела неопходно је да се првобитно анализира кретање по идеално равном терену. Шеме кретања су приказане у хоризонталној равни, док су кретања ножних елемената механизма приказана у бочној (сагиталној) равни. Симулација кретања је урађена у Matlab® окружењу. У раду је разматрана и стратегија имплементације контролера на бази вештачких неуронских мрежа у циљу генерисања покрета инсект робота.

Кључне речи: инсект робот, кретање ходањем, симулација, вештачке неуронске мреже

1. УВОД

Мобилни роботи већ дуже време представљају област роботике која се све више развија и налази широке дијапазоне њихове нове апликације. Основни разлог проширења примене као и интезивирања истраживања у овој области је могућност примене мобилних робота у срединама које су делимично или пак у потпуности непогодне за људски рад у њима. На основу тога, лако се може закључити да мобилност представља изузетно важно својство мобилних робота. Начин остваривања кретања робота приликом промена положаја у простору и извршавања постављених задатака је једна од његових основних карактеристика и назива се локомоција. Постоје разни видови остваривања локомоције мобилних робота од којих ће овде бити наведени само основни: по шинама, по стази, помоћу точкова, помоћу гусеница и помоћу ногу [3]. Посматрано са становишта мобилности, последње три врсте поседују својства која су неопходна да би робот функционисао у неструктурисаним срединама, док кретање по шинама и по стази показује изузетно висок ниво зависности робота од окружења чиме се мобилност и могућност истраживања околине значајно смањује.

Међутим, последњих година приметно је повећано интересовање у области истраживања и развоја мобилних робота који своје кретање по подлози остварују ходањем. У поређењу са мобилним роботима који кретање по подлози остварују посредством точкова или гусеница, ходајући мобилни роботи показују боље карактеристике у домену мобилности, савлађивања препрека а самим тим и истраживања околине [1]. Основна предност ходајућих робота се огледа у њиховој могућности постављања ногу на тачно одређена места у циљу савлађивања препрека, због чега истраживање и развој у овој области роботике омогућавају проширење примене мобилних робота у неструктурисаним и неприступачним срединама чиме се и аутономност робота доводи на значајно виши ниво [4,5].

¹ **Најдан Вуковић**, дипл.инж., Студент докторских студија, Катедра за производно машинство, Машински факултет Универзитета у Београду, najdan23@EUnet.yu

² **Др Зоран Миљковић**, ванредни професор, Катедра за производно машинство, Машински факултет Универзитета у Београду, zmiljkovic@mas.bg.ac.yu

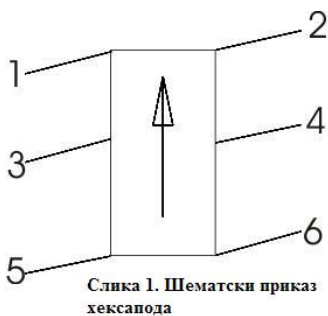
³ **Др Михаило Лазаревић**, ванредни професор, Катедра за механику, Машински факултет Универзитета у Београду, mlazarevic@mas.bg.ac.yu

Садржај овог рада је организован у четири тематске целине. У првом делу су дефинисани основни појмови који се користе приликом анализе хода као и приказ основних врста хода. Усвојени модел хексапода је описан у другом делу рада, где су приказани и резултати симулације хода. У трећем делу рада приказана је могућност имплементације контролера на бази вештачких неуронских мрежа у циљу извршења покрета ногу. И на крају, у завршном делу рада, дат је закључак.

2. ТЕОРЕТСКЕ ОСНОВЕ АНАЛИЗЕ ХОДА

Ход се остварује наизменичним покретима ногу, који су координисани са кретањем тела, у циљу остваривања кретања и савлађивања препрека сходно условима околине у којој се робот креће. Да би ходање робота по познатом или непознатом терену било остварено, неопходно је извршити анализу хода где се под анализом хода подразумева успостављање узрочно-последичних веза у циљу генерисања, дефинисања и имплементације одређеног хода. Анализа хода робота може бити извршена аналитичким поступком и/или графичким поступком. Применом аналитичког поступка омогућено је успостављање веза између основних карактеристика хода у аналитичком облику чиме је посматрани ход једнозначно одређен. С друге стране, графичким методама се дефинишу основне геометријске карактеристике хода и њиховим приказом у равни врши се анализа посматраног хода. Једна од многобројних графичких метода ће бити приказана у оквиру анализе таласног хода робота, а остале методе се могу видети у [1]. У односу на графичке методе, аналитичке методе пружају потпуније информације о ходу захваљујући функционалним зависностима које у целости дефинишу одређени ход робота, док графичким методама није могуће извршити потпуну анализу, односно успоставити везу између оних карактеристика хода које могу бити приказане у равни. Препорука је [1] да се приликом анализе посматраног хода примене и аналитички и графички поступци у циљу свеобухватнијег сагледавања основних карактеристика.

2.1 Дефинисање основних појмова анализе хода



Слика 1. Шематски приказ хексапода

У овом делу рада ће бити уведени и дефинисани основни појмови који су у употреби приликом анализе хода. У том циљу, на слици 1. се може видети шематски приказ шестonoжног ходајућег робота са уобичајеним начином означавања ногу. Вектор приказан на слици 1. дефинише правац и смер кретања робота. Биће уведени само основни појмови док се шира и комплетнија појашњења могу видети у референци [1].

- Фаза хода у којој је нога константно ослоњена на подлогу и служи као ослонац за тело, назива се фаза ослонца.
- Фаза хода у којој нога прави искорак у смеру кретања робота назива се фаза искорача ноге или краће искорак.
- Време трајања једног циклуса T је време које је потребно да нога заврши комплетан циклус хода који се састоји од једне фазе ослонца и једне фазе искорача.
- Фактор оптерећења ноге β представља однос времена трајања фазе ослонца и укупног времена трајања циклуса T , у којој i -та нога носи део тежине робота. Помоћу фактора оптерећења β могуће је дефинисати времена трајања две основне фазе хода: $t_o = \beta T$; $t_i = (1 - \beta)T$.
- Фазна разлика i -те ноге (обележава се са ϕ_i) представља однос времена током ког контакт са подлогом произвољне i -те ноге касни за контактом са подлогом реперне ноге бр. 1, према укупном времену трајања једног циклуса T .
- Релативна фазна разлика (обележава се са ϕ_{i-j}) i -те ноге у односу на произвољно изабрану j -ту ногу представља однос времена током ког почетак фазе ослонца i -те ноге заостаје за почетком фазе ослонца j -те ноге. Наравно, ако је j -та нога заправо нога бр.1 онда је релативна фаза идентички једнака фазној разлици i -те ноге.
- Локална фазна разлика i -те ноге (обележава се са ψ_i), представља фазну разлику тренутне позиције стопала у односу на произвољну ногу након завршетка искорача и почетка фазе ослонца ноге и дефинише се као $\psi_i = F(t - \phi_{i-j})$, где је t фаза j -те ноге након завршетка

искорака. У већини случајева за фазу t усваја се фаза ноге број један. $F(X)$ представља фракциони део реалног аргумента X и дефинисан је на следећи начин:

$$F(X) = X - [X] \quad (1)$$

где је са $[X]$ означен први цео број мањи или једнак броју X .

- Регуларним ходом се називају оне врсте хода у коме је фактор оптерећења i -те ноге једнак фактору оптерећења j -те ноге, односно $\beta_i = \beta_j = \beta$; $i, j = 1, 2, \dots, n$ где је n редни број посматране ноге.
- Ход је симетричан уколико фазна разлика између суседних ногу једног пара (парови 1-2, 3-4, 5-6 за хексапод) износи једну половину укупног времена трајања циклуса T .
- Ход је периодичан ако се након сваког циклуса T понављају идентична стања једне исте ноге за n узастопних корака током времена t . У сваком другом случају ход робота је непериодичан.
- Шема ослањања робота на подлогу представља пројекцију на хоризонталну раван тачака додира ногу робота са подлогом. Многоугао у истој хоризонталној равни, чија су темена тачке које формирају шему ослањања назива се полигон ослањања робота. У општем случају, додир између ноге робота и подлоге ће бити површински контакт (преко стопала ноге) али ради дефинисања горњих појмова, површина додира је апроксимирана тачком.
- Аналитичка формулација одређеног хода представља следећу математичку зависност $g = g(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_n)$.
- Најкраће растојање мерено од пројекције тежишта робота на хоризонталну раван до страница полигона ослањања се назива резерва стабилности (Слика 2.).
- Предња и задња резерва стабилности представљају растојања пројекције тежишта робота на хоризонталну подлогу од страница полигона ослањања, мерена у правцу кретања робота.
- Уздужна резерва стабилности S (резерва стабилности хода) за периодичан ход дефинисана је као минимум предње и задње резерве стабилности, односно $S = \min\{S_l \text{ предње}, S_l \text{ задње}\}$, током целог циклуса T (Слика 2.).



Слика 2. Резерве стабилности и полигон ослањања

2.2 Основне врсте ходава

У општем случају све врсте ходава могуће је представити као статичке или динамичке ходове. Статички ход је онај ход при коме пројекција тежишта на полигон ослоњања робота никада не излази изван граница самог полигона, током хода. За разлику од статичког хода, динамички ход карактерише константно осциловање пројекције тежишта у смислу изласка изван области дефинисаности полигона ослањања и накнадни повратак у исту. У статичком ходу приметан је доминантан утицај кинематике механизма док у динамичком ходу примаран утицај на карактеристике хода и његову стабилност имају динамичке карактеристике робота. Важно је напоменути могућност изненадног и наглог заустављања робота услед наилаaska на неподвижну препреку што може резултирати падом робота уколико се кретање одвија динамичким ходом. Приликом кретања статичким ходом не постоји опасност од пада приликом наглог заустављања померања ногу.

Већина развијених ходајућих робота има имплементиран статички начин ходања, док се на примени динамичког хода управо врше интензивна истраживања. Опште посматрано, основна карактеристика на чијим основама може бити извршена класификација свих статичких ходава је периодичност. Наиме, сходно уведеној дефиницији која дефинише периодичност као појам, сви статички ходови могу бити сврстани у две групе: периодични ходови и непериодични ходови робота.

2.3 Избор врсте хода

Према претходно дефинисаним основним појмовима, а приликом анализе хода робота, могуће је приметити разноврсност и велики број фактора који утичу на избор и генезу хода. Неки од управо споменутих фактора су: карактеристике терена по коме робот треба да оствари своје кретање, захтеви

у погледу остваривања жељене стабилности робота и жељене брзине кретања робота, проблеми директно везани за управљање у циљу остваривања претходних захтева, утрошак енергије који је потребан ради остваривања покрета, итд. [1]. Анализом постављених захтева могуће је уочити да облик и карактеристике терена по коме ће се робот кретати имају пресудан значај, с обзиром да овај фактор утиче на дефинисање и остваривања осталих захтева. У некој најопштијој класификацији, могуће је дефинисати два основна типа терена: раван терен и нераван терен. Раван терен може бити дефинисан као терен који нема препреке које могу спречити или успорити кретање робота. На неравном терену могуће је присуство препрека различитих облика и димензија које имају утицај на кретање робота као и на могућност кретања.

У циљу комплетније анализе терена по коме ће се кретање робота ходањем обављати, и раван и нераван терен моделирају се површинском мрежом чији су елементи квадратног или правоугаоног облика и представљају могуће положаје стопала ноге који се називају ћелије. У току хода робота по терену, дуж путање кретања могуће је дефинисати ћелије на које роботу није допуштено да стави стопало ноге у циљу одржања равнотеже. Ове забрањене ћелије могу настати услед постојања недовољно квалитетне структуре подлоге у одређеној области терена као и због могућности колизије робота или неког елемента робота са околином [1]. На основу горњих ставова, могуће је дефинисати две основне врсте терена:

- Идеални терен је терен на коме, дуж планиране путање робота, нису дефинисане забрањене ћелије, у смислу постављања стопала ноге у циљу одржања равнотеже;
- Реалан терен, на коме су дефинисане ћелије на које робот не сме да стави стопало своје ноге.

У приложеној табели 1. се могу видети основне врсте хода као и погодни терен за употребу [1]. Детаљна анализа свих хода је дата у [1].

Врсте хода		Терен
Периодични ходови	Таласни ход	Идеалан
	Ход једнаке фазе	Идеалан
	Инверзни таласни ход	Идеалан
	Инверзни ход једнаке фазе	Идеалан
	Спретни ход	Реалан
	Континуални ход дефинисане дужине корака	Реалан
Непериодични ходови	Ход дефинисане дужине корака са прекидима	Реалан
	Ход за нераван терен	Нераван терен
	Ход за реалан терен	Нераван реални терен
	Слободни ход	Реалан

У наставку рада ће бити дата кратка анализа таласног хода. Таласни ход је симетричан, спада у регуларне врсте хода и представља широко распрострањено решење у великом броју развијених робота [1,4,5,6]. Кретање приликом таласног хода започиње задња нога робота, наставља средња нога а завршава предња нога [1]. Посматрано у бочној равни, кретање ногу током n узастопних корака има облик таласа, одакле и потиче име ове врсте хода. Основне једначине које дефинишу овај тип хода су [1]:

$$\phi_{2m+1} = F(m\beta) \quad (2)$$

где m представља ногу после ноге број један са леве стране робота $m=1,2,\dots,n-1$, а $F(X)$ је фракциона функција реалног броја X . За шестоножни инсект робот је:

$$\phi_3 = \beta, \quad \phi_5 = 2\beta - 1 \quad (3)$$

где се фактор оптерећења креће у границама $0.5 \leq \beta \leq 1$. Фазне разлике ногу са десне стране су:

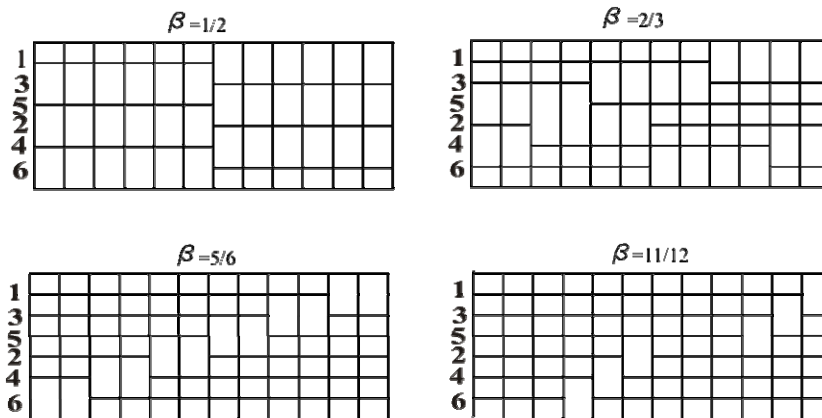
$$\phi_{2i} = F(1/2 + \phi_{i-1}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Табела 1. Основне врсте хода Четири основне врсте таласног хода [1,4,5] су приказане у табели 2.:

Врсте таласног хода	Вредност фактора оптерећења ноге β
Трипод таласни ход	1/2
Укрштени таласни ход	2/3
Спорији укрштени таласни ход	3/4
Спори таласни ход	5/6 или 11/12

Табела 2. Основни типови таласног хода

Из приложене табеле 2. се види да трипод таласни ход представља најбржи начин хода, с обзиром да нога робота проводи половину укупног времена циклуса у искорак, а другу половину у фази ослонца ноге. Остале врсте таласног хода су знатно спорије, управо због повећања дужине трајања фазе ослонца ноге.



Слика 3. Приказ дијаграма хода за таласни ход

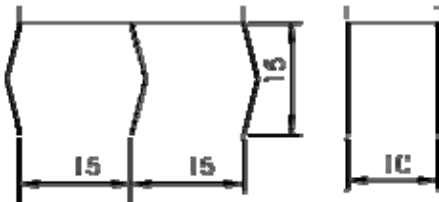
или укрштеним таласним ходом постоји могућност искорака више од једне ноге у истом временском тренутку, за разлику од остале две врсте таласног хода, где у сваком временском тренутку једна и само једна нога искорачује у правцу кретања робота.

На слици 3. се могу видети дијаграми, и то за претходно дефинисане врсте таласног хода. На ординати су нанесени редни бројеви ногу робота, а свака пуна хоризонтална линија представља фазу ослонца док непопуњени део између две пуне линије (две фазе ослонца) представља фазу искорака. На основу приложених дијаграма хода који описују врсте таласног хода могуће је извести следећи закључак: у току кретања робота трипод таласним ходом

3. УСВОЈЕНИ МОДЕЛ ШЕСТОНОЖНЕ ХОДАЈУЋЕ МАШИНЕ

3.1 Опис модела

У циљу спровођења симулације хода усвојен је хексапод модел чије основне геометријске карактеристике су приказане на слици 4. Нога модела има два степена слободе који представљају ротације око оса, нормалних на бочну раван, у зглобу кука и зглобу колена ноге. Контакт i -те ноге са подлогом је идеализован, односно, стопала су занемарена па је површина контакта апроксимирана тачком. Такође, удар ноге о подлогу који настаје на крају искорака, као и трење приликом фазе ослонца су занемарени, чиме је остварен континуитет брзине. Усвојено је да се робот креће са леве на десну страну.



Слика 4. Модел хексапода

3.2 Генерисање трајекторија реперних тачака механизма

У циљу дефинисања облика трајекторија реперних тачака развијен је велики број метода [2,6,7]. Наиме, у [7] снима трајекторије реперних тачака удова цврчка који хода по покретној траци и тако снимљене трајекторије "увози" у инверзни кинематички проблем на основу кога дефинише кретање и облик трајекторија осталих тачака механизма. За реперну тачку i -те ноге усвојена је она тачка на ноzi која је у току фазе ослонца ноге у контакту са подлогом. С друге стране у [2], уводи метод базиран на вештачким неуронским мрежама. Основна идеја овог приступа није у константном праћењу тачно дефинисане трајекторије током кретања већ генерисање оног покрета ноге који је могуће остварити у складу са условима терена, чиме се роботу "препушта" одлука о временском тренутку започињања корака, брзини извођења покрета и дужини корака. Ово решење проблема обезбеђује далеко виши ниво аутономности робота, што у непознатој околини има пресудан значај.

У овом раду је усвојен приступ сличан приступу који може бити виђен у [6], односно трајекторије врха ноге (стопала) су облика циклоиде:

$$\{r_{si}\} = [x_{si} \ y_{si}]^T = \left[V \left(t - \frac{T}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right) \quad y_{\max} \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right) \right]^T \quad (5)$$

где су: V -брзина кретања робота; t -време; y_{\max} -амплитуда и T -период циклоиде. У циљу одређивања непознатих трајекторија неопходно је познавати кретање тела робота. У првој приближности, могуће је усвојити константну брзину кретања робота, а с обзиром да се робот креће по идеално равном

терену, не постоји потреба за променом висине тежишта у току кретања. На основу претходног става, усваја се константна вредност брзине кретања као и константна вредност у координате тежишта робота, односно вектор положаја i -тог кука је:

$$\{r_{ki}\} = [x_{ki} \ y_{ki}]^T = [Vt \ H]^T \quad (6)$$

где су V -брзина кретања робота ; t -време ; H -висина тежишта робота.

Након усвојеног облика трајекторија стопала и дефинисаних вектора положаја који описују кретање i -тог кука, могуће је решити инверзни кинематички проблем и одредити законе промене непознатих величина:

$$\{r\} = \{r_{ki}\} - \{r_{si}\} ; \{r\} = f(q) \Rightarrow \{q\} = f^{-1}(r) \quad (7)$$

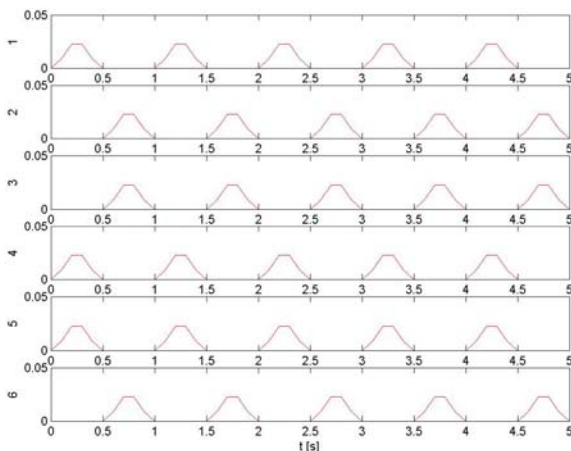
где је q -вектор унутрашњих кордината.

3.3 Приказ резултата симулације

Према дефиницијама основних појмова, за изабрану врсту хода и за усвојени фактор оптерећења β , једнозначно је одређена фазна разлика ϕ_i i -те ноге. Другим речима, у потпуности су дефинисани временски тренуци почетка и краја искорака и фазе ослонца за i -ту ногу. За потребе симулације усвојено је да се хексапод креће трипод таласним ходом константном брзином кретања. Основне карактеристике хода су дате у табели 3.:

Период трајања циклуса T	1 [s]
Фактор оптерећења β	0.5
Време трајања фазе ослонца ноге t_o	0.5 [s]
Време трајања искорак ноге t_i	0.5 [s]

Табела 3. Карактеристике трипод таласног хода
Дијаграм узастопних положаја елемената механизма (тзв. *стик дијаграм*) дат је на наредној

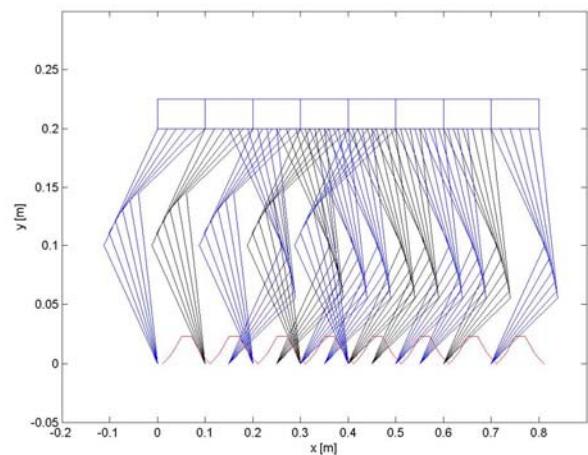


Слика 6. Трајекторије стопала

упоредни приказ трајекторија стопала за свих шест ногу. На апсциси је нането време (у овом случају време трајања пет циклуса), док су на ординати приказане усвојене трајекторије стопала облика циклоиде. На дијаграмима се види да кретање започињу ноге 1-4-5 искорак у истом временском тренутку, након чега следи фаза ослонца и искорак за ноге 2-3-6. Свака крива на дијаграму представља искорак посматране ноге док "празан ход" између два искорака представља фазу ослонца.

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА КОНТРОЛЕРА ПОКРЕТА НОГЕ ИНСЕКТ РОБОТА НА БАЗИ ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА

Традиционални приступ дефинисања трајекторија реперних тачака ножних елемената механизма на основу кога се решава инверзни кинематички проблем и одређују зависности унутрашњих координата, угаоних брзина и угаоних убрзања, се напушта и тежи се аутономном начину генерисања покрета, у коме се инсект роботу, сходно дефиницији аутономности [2,3]



Слика 5. "Стик" дијаграм модела
слици 5. У циљу растерећења слике, приказане су позиције само оних ногу које су завршиле искорак и налазе се у фази ослонца. На слици 5. је приказано пет узастопних циклуса. Плавом бојом су означене позиције за први, трећи и пети корак док су црном дате позиције за други и четврти корак. На слици 5. су црвеном бојом приказане трајекторије врха ноге за ногу под редним бројем шест. На следећој слици 6. је дат

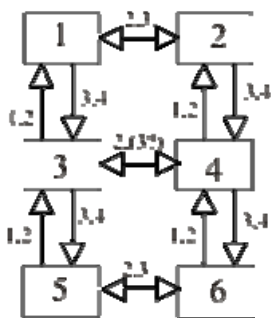
препушта одлука о тренутку почетка искорака, брзини покрета и дужини корака. У реалним условима, традиционални приступ би доприносио смањењу мобилности, агилности у дефинисаном временском интервалу, као и аутономности инсект робота услед немогућности извршења унапред дефинисане трајекторије у *on-line* режиму. Управо описани проблеми који се јављају применом традиционалног приступа, представљају основни разлог преласка на виши ниво генерисања покрета инсект робота у коме аутономност у понашању и доношењу одлука игра главну улогу. Стога, имплементација парадигме вештачке интелигенције представља могуће решење и правац даљег истраживања у овој области. У том циљу, у наставку рада ће бити описана имплементација контролера покрета ноге на бази вештачких неуронских мрежа, као једне од парадимги вештачке интелигенције, у циљу генерисања кретања инсект робота - хексапода.

4.1 Дефинисање проблема истраживања

Да би се извршила успешна имплементација контролера на бази вештачких неуронских мрежа неопходно је дефинисати и у потпуности познавати механизме који генеришу покрете ногу. У том циљу, истраживачи су се окренули ка природи и већ постојећим решењима у домену хода инсеката. Посматрањем инсеката током хода, могуће је уочити и успоставити везу између основних карактеристика примењеног хода и окружења у коме се инсект креће, чиме се омогућује постављање модела *сензорска информација - генерисани покрет*.

На основу истраживања датих у [2] дефинисана су четири основна правила генерисања покрета ногу код инсеката:

1. Искорак ноге одлаже искорак прве наредне ноге.
2. Почетак фазе ослонца ноге побуђује искорак наредне и суседне ноге.
3. Активни утицај ноге, испред посматране ноге, на посматрану ногу.
4. Координација покрета са ногом испред посматране ноге.



Слика 7. Шематски приказ правила

Постоје још два правила али се њихов утицај на избор и извршење покрета ноге за сада не узима у обзир [2], с обзиром да се поставља модел одређен основним механизмима генерисања покрета ногу инсект робота. На слици 7. су приказана описана правила. Сваки од правоугаоника представља неуро контролер који управља једном и само једном појединачном ногом. Стрелице које повезују неуро контролере представљају шематски приказ правила која генеришу и управљају покретима ногу. Смерови стрелица одговарају смеру дејства посматраног правила. Важно је нагласити да за сваку ногу хексапода постоје само два стања у којим се нога може наћи: фаза искорака и фаза ослонца ноге. Ако посматрамо само нпр. ногу бр.1 можемо приметити да постоје три правила који утичу на кретање ове ноге и којима нога бр.1 утиче на кретање суседних ногу:

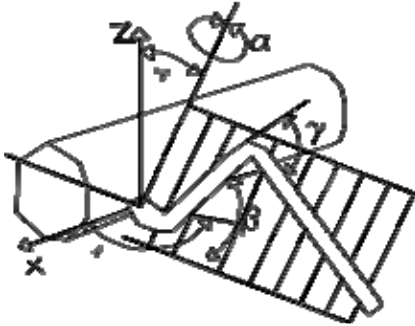
- правила бр.1 и бр.2 представљају утицај треће ноге на ногу бр.1
- правила бр.3 и бр.4 представљају механизам преко кога нога бр.1 остварује свој утицај на остале ноге, сходно фази кретања у којој се налази
- правила бр.2 и бр.3 представљају међусобни утицај између ногу бр.1 и бр.2

Међутим, уведена правила имају изузетно значајну улогу, не само као генератори покрета, већ свако од њих доприноси и повећању стабилности инсект робота. Наиме, у току кретања ни у једном тренутку времена, посматрана нога и две суседне ноге (нпр. ноге бр.3 и бр.6 су суседне ноге за ногу бр. 5) не би требало да буду у истој фази [1,4,5]. Ако посматрамо ногу бр.5 и уколико би ова нога заједно са ногама бр.3 и бр.6 била у искорак у истом тренутку времена, стабилност инсект робота би се значајно смањила, што може довести и до пада робота. Увођењем описаних правила хода онемогућен је искорак суседних ногу у истом временском тренутку.

На основу свега реченог о механизмима који генеришу покрете код хексапод робота, може се уочити основна идеја. Наиме, сви процеси који се дешавају током кретања по подлози су међусобно повезани и активност једног неуро контролера има утицаја на активност осталих преко међусобних веза. Основна предност, на овај начин дефинисаних генератора покрета, је у децентрализацији процеса генерисања покрета [2], чиме се допушта појединачној ноzi да "донесе" одлуку о промени фазе у којој се тренутно налази уколико је та промена неопходна. Постоје веровања [2] да чак и код инсеката не постоји централни генератор покрета већ да свака нога "има слободу" у доношењу одлуке о промени фазе хода.

4.2 Контролер покрета ноге на бази вештачких неуронских мрежа

У овом делу рада ће бити представљен контролер покрета ноге инсект робота на бази вештачких неуронских мрежа развијен на Универзитету у Билефелду [2]. Основна идеја на којој је конципиран развој система контролера покрета ногу робота је имплементација експериментално утврђених механизма код инсеката током хода, који су описани у претходном делу рада.



Слика 8. Модел ноге инсект робота слободу су α, β, γ и углови ψ и ϕ су конструктивне карактеристике.

Три основна подсистема контролера ноге су :

- подсистем за контролу фазе искорача ноге (*swing net*),
- подсистем за контролу фазе ослонца ноге (*stance net*), и
- подсистем за избор активности ноге (*selector net*).

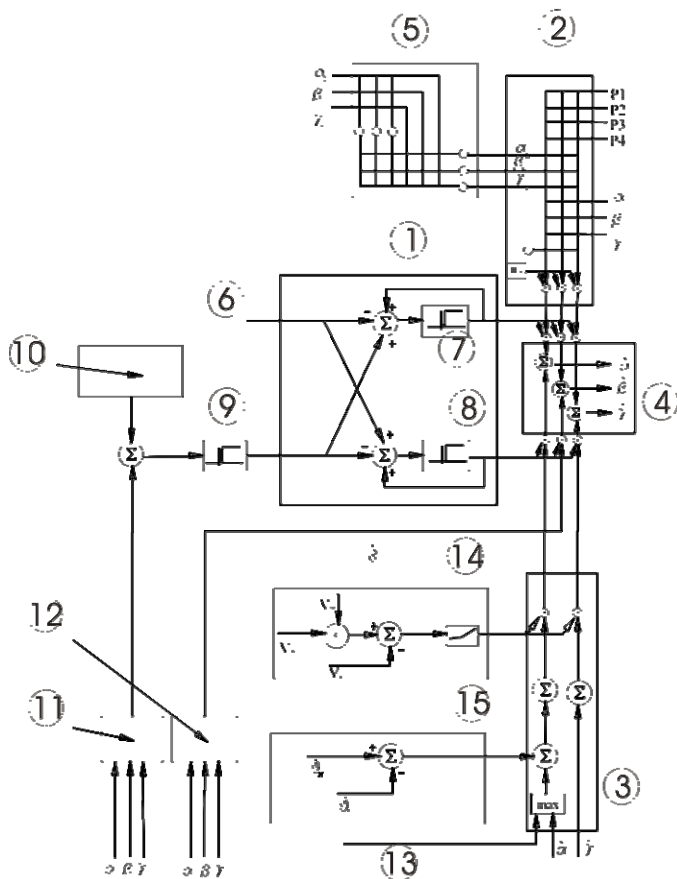
Подсистем за избор активности ноге на основу сензорске информације одређује у којој фази се нога тренутно налази и на основу тога активира одговарајући подсистем контролера. Подсистем за избор активности ноге састоји се од: сензора који прима информације о контакту стопала ноге са подлогом, јединице која врши активацију искорача ноге, јединице која врши активацију фазе ослонца ноге и јединице за контролу почетка искорача ноге.

Активација подсистема за контролу искорача ноге се врши преко подсистема за контролу почетка искорача. Наиме, овај подсистем је трослојни перцептрон са три улаза, два неурона у скривеном слоју и једним излазом. Улаз су тренутне вредности углава α, β, γ , а излаз овог подсистема представља позицију ноге након које следи активација подсистема за искорак. Практично, овај подсистем дефинише праг активације фазе искорача.

Подсистем за контролу искорача ноге је вештачка неуронска мрежа типа перцептрона са два слоја, шест улазних величина и три излазне величине. Улазне величине су углови $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$ и тренутне вредности углава α, β, γ , а излаз из мреже су угаоне брзине $\dot{\alpha}, \dot{\beta}, \dot{\gamma}$. Скуп обучавајућих парова за које је извршено обучавање мреже су резултати експерименталног истраживања спроведеног на живим инсектима. Важно је напоменути да углови $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$ представљају резултат координације покрета посматране ноге са ногом испред ње и дефинишу жељену крајњу позицију ноге након завршетка искорача. Координација се одвија преко подсистема за координацију искорача посматране ноге. Подсистем је вештачка неуронска мрежа типа перцептрона са три скривена слоја, три улазне величине и три излазне величине. Улаз у мрежу чине тренутне вредности углава који дефинишу покрете прве следеће ноге $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$, а излаз су углови $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$, који представљају жељену позицију посматране ноге. Иако је по структури прилично једноставан, подсистем за контролу искорача ноге је у могућности да изврши генерализацију у случају оних ситуација за које мрежа није тренирана [2].

Подсистем за контролу фазе ослонца ноге је сложенији у односу на подсистем за контролу искорача ноге. Подсистем функционише на основу принципа позитивне повратне спреге на локалном нивоу. Наиме, информација са сензора који читава тренутне вредности углава α, γ се путем позитивне повратне спреге "враћа" назад до мотора који наставља са управљањем i -тим зглобом ноге. Ако замислимо да се врши управљање само једним зглобом у одређеном временском тренутку и да су остали зглобови, у истом временском тренутку, неуправљани (пасивни), онда ће померање једног зглоба имати утицај и на остале зглобове посматране ноге. На основу позитивне повратне спреге, пасивне ротације, у зглобовима који нису активно управљани, ће постати активне, што доводи до активног управљања свим зглобовима једне ноге. Међутим, овај принцип не може бити употребљен за све углове ноге. Уколико би исти принцип био употребљен и за угао ноге β онда би и најмања

позитивна побуѓа са сензора резултирала константном променом висине тела, а утицај промене на сваку појединачну ногу испољило би се неконтролисаним покретима тела робота. У циљу спречавања описаног проблема, за одређивање вредности угла примењена је вештачка неуронска мрежа типа перцептрон, са три слоја, три улазне величине α, β, γ , пет неурона у скривеном слоју и једним излазом $\dot{\beta}$. Мрежа је обучена помоћу експерименталних података одређених посматрањем хода инсеката, а увођењем ове мреже обезбеђена је континуална промена угла β .



Слика 9. Шематски приказ контролера

Ред. бр.	Опис подсистема контролера
1.	Избор активације (искорак или фаза ослонца)
2.	Подсистем за контролу фазе ослонца ноге
3.	Подсистем за контролу искорака ноге
4.	Излаз контролера
5.	Подсистем за координацију искорака посматране ноге са ногом испред
6.	Сензорска информација о контакту стопала ноге са подлогом
7.	Активација искорака ноге
8.	Активација фазе ослонца ноге
9.	Праг активације искорака ноге
10.	Утицај механизма бр.1,бр.2 и бр.3
11.	Контрола почетка искорака ноге
12.	Контрола висине тела
13.	Контрола хода унапред
14.	Утицај брзине кретања робота на покрете ноге
15.	Утицај скретања робота на покрете ноге

Табела 4. Опис подсистема контролера

На крају, један комплетан циклус ће бити описан у циљу потпунијег приказа функционисања контролера покрета ноге. Нека се посматрана нога налази у фази искорака. Подсистем за искорак ноге има потпуну контролу над моторима, подсистем за координацију покрета одређује жељену позицију ноге на основу положаја прве наредне ноге, а сензори врше мерење стварне позиције ноге. Након тога, "проласком" ових информација кроз мрежу, одређују се вредности угаоних брзина. На самом крају искорака, сензор на стопалу ноге прима информацију о контакту стопала са подлогом, врши се активација подсистема за контролу фазе ослонца који преузима потпуну контролу над моторима. Након почетка фазе ослонца, извршава се усклађивање актуелних вредности излаза контролера са брзином кретања робота и могућим маневром скретања. Како се фаза ослонца ближи крају и положај посматране ноге је све ближи оном положају након кога се врши активација подсистема за искорак. Детаљна анализа контролера је дата у оквиру референце [2].

5. ЗАКЉУЧАК

У раду је приказана кратка анализа хода шестоножног мобилног робота и дефинисани су основни појмови анализе хода. Анализиран је и терен по коме ће се робот кретати као и утицај карактеристика терена на избор и генезу хода. Дате су основне карактеристике таласног хода који је и примењен на модел хексапода и приказани су резултати спроведене симулације. Основна претпоставка која је уведена у анализу је периодичност покрета ногу робота, сходно карактеристикама трипод таласног хода. Иако у кретању, са гледишта аутономности кретања мобилног робота, ништа није периодично, у првом приближењу, ради ваљаног усвајања модела, може

се увести поменути апроксимација. Дефинисање трајекторије референтне тачке ноге (стопало) у току искорача и даље остаје један од нерешених проблема, што је један од праваца даљег истраживања. Иако усвојени модел представља само апроксимацију кретања ходањем робота у равни, чак и на овом моделу се може уочити сва комплексност и мултидисциплинарност самог процеса.

Након тога, дат је опис контролера покрета ноге робота на бази вештачких неуронских мрежа у циљу генерисања хода инсект робота. Контролер се састоји из више подсистема, а за основне подсистеме је дат и кратак опис функције коју обављају у оквиру система и начин на који се то извршава. *Walknet* [2] као пример једноставног контролера инсект робота, у коме је за подсистеме контролера примењена вештачка неуронска мрежа типа перцептрона, показује задовољавајуће резултате упркос великој комплексности процеса ходања.

Основна мана контролера је његов потпуно кинематички приступ проблему генерисања покрета ноге. У циљу развоја комплетнијег контролера, неопходно је анализирати и динамичка својства ногу инсеката и дефинисати основне механизме који се јављају том приликом. Тако добијене информације требало би имплементирати у контролер и упоредити са кинематичким приступом. Увођење динамичких карактеристика хода у анализу је такође један од праваца даљег истраживања, што би сигурно утицало и на саму структуру контролера, у погледу броја подсистема, као и њихових функција. Даље, један од праваца унапређења самог контролера био би упоредни приказ примене више типова вештачких неуронских мрежа и више различитих структура истог типа мреже, а анализа овако добијених резултата одредила би оптимални тип и оптималну структуру за сваки тип мреже.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Song, S.-M and Waldron, K.J., **Machines That Walk: The Adaptive Suspension Vehicle**, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1989.
- [2] Cruse, H., Dean, J., Durr, V., Kindermann, Th., Schmitz, J., Schumm, M., *A Decentralized, Biologically Based Network for Autonomous Control of (Hexapod) Walking*, in Ayers J., Davis J.L, Rudolph A., (eds) , **Neurotechnology for Biomimetic Robots**, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2002.
- [3] Миљковић З., **Системи вештачких неуронских мрежа у производним технологијама**, Машински факултет Универзитета у Београду, 2003.
- [4] Porta J.M., Celaya E., *Gait Analysis for Six-Legged Robots*, Technical Report IRI-DT-9805, Institut di Robotica I informatica Industrial, Barcelona, 1998.
- [5] Celaya E, Porta J.M., Angulo V.R., *Reactive Gait Generation for Varying Speed and Direction*, CLAWAR 98., pp. 83-88, 1998.
- [6] Silva M.F., Tenreiro J.A., Lopes A.M., *Modelling and Simulation of artificial locomotion systems*, Robotica, Vol. 23, pp. 595-606, Cambridge University Press, 2005.
- [7] Laksanacharoen S., Quinn R.D., Ritzmann R.E., *Modeling of Insect's Legs by Inverse Kinematics Analysis*, Proceedings of the 2nd International Symposium on Adaptive Motion of Animals and Machines, pp. FrA-I-2, Kyoto, 2003.

SIMULATION OF THE INSECT ROBOT WALKING OVER LEVEL TERRAIN

Abstract

This paper presents a simulation procedure for insect robot walking over level and perfect terrain. At first glance, focusing on the level walking gaits can be understood as neglecting the rough terrain, but, on the other hand, the gait analysis should be performed for the gaits over level and perfect terrain in order to establish the model. Gait pattern was studied in the horizontal plane while lateral motion sequences were analyzed in the sagittal plane. The simulation was performed in Matlab[®] environment. Finally, at the end of the paper, simple controller of the leg movement, based on the artificial neural networks, is presented.

Key words: *insect robot, gait analysis, simulation, artificial neural networks*



УДК 539.43

РАССЕЯННОЕ РАЗРУШЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ.

Бобырь Н.И., Яхно Б.О.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев, Украина.

На основе положений континуальной механики поврежденности изложен инженерный метод оценки кинетики накопления рассеянных повреждений в металлических конструкционных материалах при их упругопластическом деформировании и малоциклового усталости. В условиях сложного напряженного состояния установлено, что в качестве параметра поврежденности, с учетом двух видов разрушения (отрыва и среза), целесообразно, в общем виде сложного нагружения, принимать удельную энергию дополнительных напряжений с учетом дуги пластического деформирования в цикле.

Ключевые слова: малоцикловая усталость, эффект Баушингера, феноменологические модели накопления повреждений, удельная энергия дополнительных напряжений.

Введение.

Процессы эксплуатационного нагружения конструкционных материалов сопровождаются зарождением, ростом и накоплением микроповреждений [1-12]. Для условий малоциклового усталости стадия накопления рассеянных повреждений (РП) в высоконагруженных зонах несущих элементов конструкции составляет до 90% от общего их ресурса (схема накопления повреждений и разрушения при сложном напряженном состоянии представлена на рис.1). Знание и учет кинетики накопления РП в конструкционном материале в зависимости от сложных термосиловых процессов технологической и эксплуатационной нагруженности позволяет расчетными методами более достоверно прогнозировать ресурс эксплуатации названных элементов конструкций на стадии их инженерного проектирования.

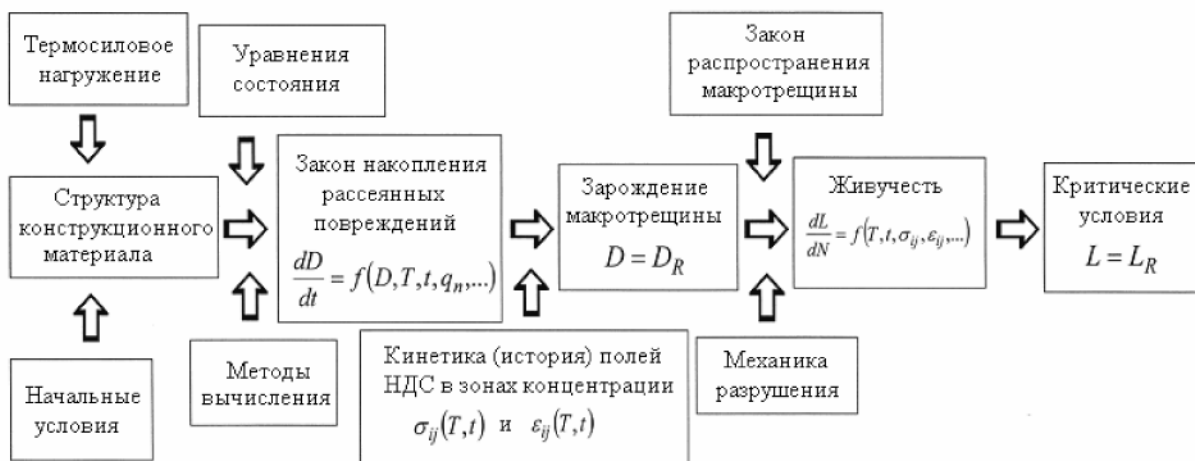


Рис.1. Поврежденность и предельное состояние конструктивных элементов.

Для решения названной проблемы наиболее перспективным для инженерного использования является феноменологический подход, когда в качестве количественного параметра используются силовые, деформационные или энергетические величины [13-15]. Этот подход базируется на основных положениях континуальной механики повреждений (КМП). Основные положения КМП сформулированы Л.М.Качановым и Ю.Н.Работновым применительно к процессам ползучести [3,4]. В то же время на сегодня пока не разработано однозначно признанной достоверной методики определения закономерностей зарождения и накопления РП на стадии зарождения макротрещины [16]. В первом приближении в качестве параметра поврежденности, как правило, используют скалярную величину и закон ее изменения в зависимости от термосиловых условий нагружения. В общем случае модель поврежденности входит в систему определяющих уравнений, достоверность которых играет основную роль в точности расчета ресурса эксплуатации элементов конструкций на малоцикловую усталость.

Исследование циклической прочности широкого класса металлических материалов и конструктивных элементов при одноосном напряженном состоянии с широким использованием физических методов показало, что основную роль в процессах накопления РП играют микронеоднородности структуры материала и связанные с ним дополнительные напряжения (в литературе их называют микронапряжения), макропроявлением которых выступает эффект Баушингера [8, 14, 17-19]. Позднее в работе [5] на основе положений термодинамики необратимых процессов КМП получила дальнейшее научное обоснование и развитие. Однако на сегодня пока отсутствует

единый экспериментально обоснованный подход по исследованию кинетики накопления РП и критериев разрушения на стадии зарождения макротрещины при сложном малоцикловом нагружении.

В связи с этим целью настоящей работы является установление закономерностей накопления повреждений в зависимости от истории нагружения с последующей разработкой обобщенной феноменологической модели поврежденности металлических конструкционных материалов.

В данной работе приведены результаты исследований по определению обобщенного феноменологического параметра, который позволяет описывать закономерности кинетики накопления РП для условий сложного малоциклового нагружения.

Основная часть.

Энергетические трактовки компонент параметра поврежденности D_{ij} рассмотрены на основе термодинамики необратимых процессов и удельной энергии дополнительных напряжений как два, на сегодня, наиболее перспективных подхода [8, 16, 17]. При этом компоненты тензора эффективных напряжений $\sigma_{ij}^{(\text{эф})}$ с учетом параметра поврежденности определены следующим образом [3, 5, 9, 13]:

$$\sigma_{ij}^{(\text{эф})} = \frac{\sigma_{ij}^{(\text{ист})}}{1 - \delta_{ij} D_{ij}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{ij}^{(\text{ист})}$ – компоненты тензора истинных напряжений, δ_{ij} – символ Кронекера.

Для начально изотропных конструкционных материалов, в первом приближении, принято параметр поврежденности как скаляр D , который зависит от интенсивности необратимых деформаций в цикле $\Delta \varepsilon_{ip}$ и числа циклов N сложного малоциклового нагружения. Тогда текущее значение скалярного параметра D согласно

термодинамического подхода определено, как $D = \int_0^N \frac{d\Omega}{\Omega_D}$, а согласно концепции

удельной энергии дополнительных напряжений, как $D = \int_0^N \frac{d\Psi}{\Psi_D}$. В этих зависимостях Ω_D

и Ψ_D - предельные значения удельных энергий согласно названных подходов,

соответственно. Они могут быть определены из базовых экспериментов для данного конструкционного материала. Сравним величины этих энергий для условий активного и малоциклового нагружений при растяжении и кручении.

В работе принято, что накопление повреждений изменяет деформированное состояние первоначально изотропного материала только через эффективное напряжение. Таким образом деформированное состояние поврежденного материала представлено определяющими уравнениями для неповрежденного материала, в потенциале которого напряжения заменены эффективным напряжением.

Исходя из понятия о свободной энергии Гельмгольца, термодинамический потенциал для изотермического процесса (Ω_D) после интегрирования численно равен удельной энергии деформирования материала [5]. Для условий одноосного активного нагружения величина $\Omega_D^{(\sigma)}$ показана на рис.2. Для этого диаграмму деформирования при одноосном растяжении согласно зависимости (1) условно разделено на истинную и эффективную. Эффективная диаграмма деформирования отражает действительно существующие в конструкционном материале напряжения с учетом накопленных повреждений.

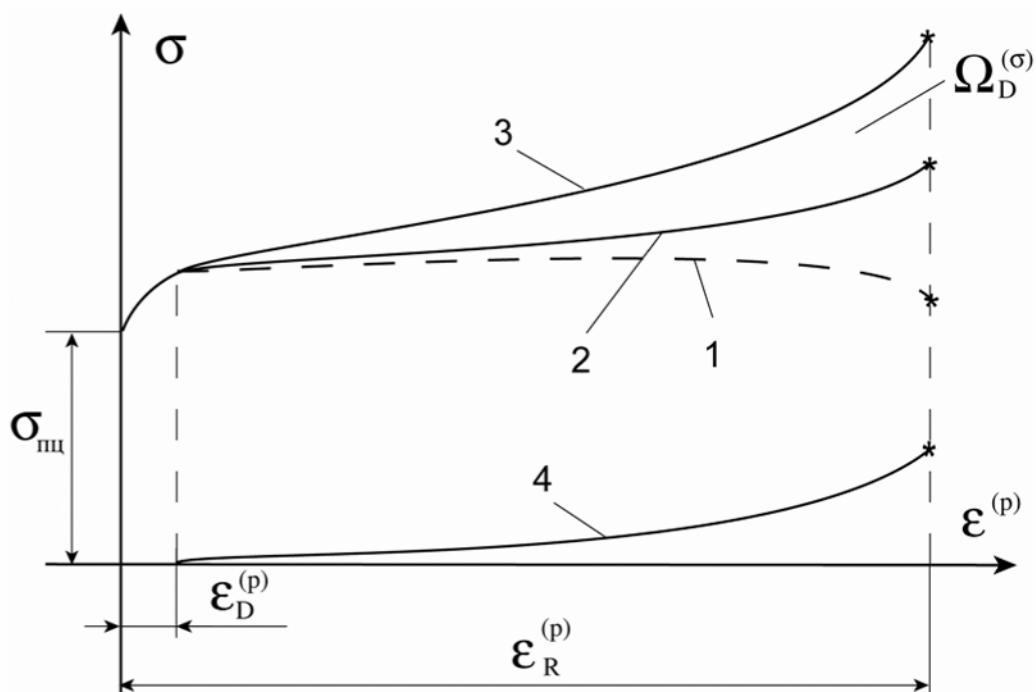


Рис.2. Диаграммы деформирования конструкционного материала при одноосном растяжении (1 – условная, 2 – истинная ($\sigma^{(ист)}$), 3 – эффективная ($\sigma^{(эф)}$)) и зависимость дополнительного напряжения σ_x (4) от уровня пластической деформации $\epsilon^{(p)}$.

Тогда дополнительное напряжение (σ_x), которое возникает в материале в результате возникновения микродефектов, имеет следующий вид:

$$\sigma_x = \sigma^{(\varepsilon\phi)} - \sigma^{(ucm)} = \sigma^{(ucm)}(\varepsilon^{(p)}) \frac{D_\sigma(\varepsilon^{(p)})}{1 - D_\sigma(\varepsilon^{(p)})}, \quad (2)$$

где $D_\sigma(\varepsilon^{(p)})$ - скалярный параметр поврежденности при растяжении.

Аналогичным образом получено выражение для дополнительного напряжения τ_x из диаграммы деформирования при чистом сдвиге:

$$\tau_x = \tau^{(\varepsilon\phi)} - \tau^{(ucm)} = \tau^{(ucm)}(\gamma^{(p)}) \frac{D_\tau(\gamma^{(p)})}{1 - D_\tau(\gamma^{(p)})}, \quad (3)$$

где $D_\tau(\gamma^{(p)})$ - скалярный параметр поврежденности при кручении.

Часть механической энергии, которая тратится на создание микроповреждений в условиях отрыва и среза, может быть определена следующими зависимостями:

$$\Omega_D^{(\sigma)} = \int_{\varepsilon_D^{(p)}}^{\varepsilon_R^{(p)}} \sigma^{(ucm)}(\varepsilon^{(p)}) \cdot \frac{D_\sigma(\varepsilon^{(p)})}{1 - D_\sigma(\varepsilon^{(p)})} d\varepsilon^{(p)} \quad (4)$$

$$\Omega_D^{(\tau)} = \int_{\gamma_D^{(p)}}^{\gamma_R^{(p)}} \tau^{(ucm)}(\gamma^{(p)}) \cdot \frac{D_\tau(\gamma^{(p)})}{1 - D_\tau(\gamma^{(p)})} d\gamma^{(p)}, \quad (5)$$

где $\varepsilon_D^{(p)}$, $\gamma_D^{(p)}$ - пороговые значения пластических составляющих деформации, при которых проявляется влияние поврежденности на процессы упругопластического деформирования; $\varepsilon_R^{(p)}$, $\gamma_R^{(p)}$ - граничные пластические составляющие деформации на уровне образования макротрещины при растяжении и кручении, соответственно. При неизвестных значениях величин $\varepsilon_D^{(p)}$ и $\gamma_D^{(p)}$ для данного конструкционного материала, в их качестве принято использовать деформации, которые соответствуют пределу пропорциональности или пределу упругости [5].

В общем случае сложного нагружения, исходя из концепции разрушения путем отрыва и сдвига [9,13,14], суммарная удельная энергия Ω_D определена, как соответствующая сумма удельных энергий составляющих повреждения:

$$\Omega_D = 2(\Omega_D^{(\sigma)} + \Omega_D^{(\tau)}) \quad (6)$$

Для условий сложного симметричного мало циклового нагружения на стадии условно установившегося режима суммарную энергию в цикле ($\Omega_D^{(u)}$) логично записать в виде:

$$\Omega_D^{(u)} = \int_{\delta_\sigma^{(+)}} \sigma_x^{(+)} d\varepsilon(1+h) + 2 \int_{\delta_\tau} \tau_x d\gamma \quad (7)$$

где $\delta_\sigma^{(+)}$ и δ_τ - ширина петли пластического гистерезиса в полупероде растяжения и полупероде кручения, соответственно; h - параметр ($h < 1$), который учитывает процессы «залечивания» микроповреждений при отрицательном значении первого инварианта тензора напряжений.

Тогда за N циклов сложного малоциклового нагружения (деформирования) суммарная удельная энергия $\Omega_D^{(\Sigma)}$ определяется:

$$\Omega_D^{(\Sigma)} = \int_0^N \Omega_D^{(u)} dN \quad (8)$$

Согласно концепции энергии дополнительных напряжений, макропроявлением которой является эффект Баушингера, накопление микроповреждений связано с кинематической составляющей упрочнения конструкционного материала [8,13,14]. При этом дополнительные напряжения и связанное с ними смещение поверхности пластичности приводит к изменениям границы упругости (пропорциональности). В работе определено приращение предела пропорциональности в зависимости от уровня пластической деформации как:

$$\Delta\sigma^{(\pm)}(\varepsilon^{(p)}) = \sigma_{m\gamma}^{(\pm)}(\varepsilon^{(p)}) - \sigma_{0m\gamma}^{(\pm)} \quad (9)$$

$$\Delta\tau^{(\pm)}(\gamma^{(p)}) = \tau_{m\gamma}^{(\pm)}(\gamma^{(p)}) - \tau_{0m\gamma} \quad (10)$$

где $\sigma_{0m\gamma}^{(\pm)}$ - предел пропорциональности в полупероде $k = 0$ при растяжении и сжатии, соответственно; $\tau_{0m\gamma}$ - предел пропорциональности при кручении в полупероде $k = 0$; $\sigma_{m\gamma}^{(\pm)}(\varepsilon^{(p)})$ и $\tau_{m\gamma}^{(\pm)}(\gamma^{(p)})$ - текущие значения предела пропорциональности при растяжении (сжатии) и кручении, соответственно.

Введено функцию дополнительных напряжений по компонентам $\rho_\sigma(\varepsilon^{(p)})$ и $\rho_\tau(\gamma^{(p)})$, которая отражает закономерности накопления микроповреждений в

зависимости от уровня пластической деформации в цикле и от цикла к циклу малоциклового нагружения при растяжении и кручении, соответственно (рис. 3):

$$\rho_{\sigma}(\varepsilon^{(p)}) = \Delta\sigma^{(+)}(\varepsilon^{(p)}) + \Delta\sigma^{(-)}(\varepsilon^{(p)}) \quad (11)$$

$$\rho_{\tau}(\gamma^{(p)}) = \Delta\tau^{(+)}(\gamma^{(p)}) + \Delta\tau^{(-)}(\gamma^{(p)}) \quad (12)$$

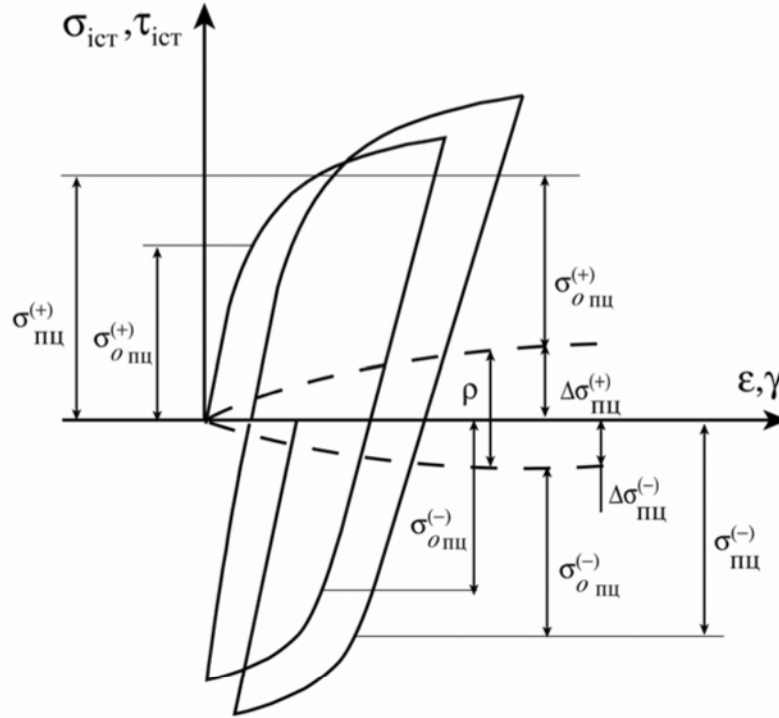


Рис.3. Изменение предела пропорциональности в конструкционном материале при повторно-переменном нагружении.

Удельная энергия дополнительных напряжений ρ в случае статического нагружения при совместном действии осевой силы ($\Psi_{cm}^{(\sigma)}$) и крутящего момента ($\Psi_{cm}^{(\tau)}$) записана следующим образом:

$$\Psi_{cm} = \Psi_{cm}^{(\sigma)} + \Psi_{cm}^{(\tau)} = \int_{\varepsilon_D^{(p)}}^{\varepsilon_R^{(p)}} \rho_{\sigma}(\varepsilon^{(p)}) d\varepsilon^{(p)} + \int_{\gamma_D^{(p)}}^{\gamma_R^{(p)}} \rho_{\tau}(\gamma^{(p)}) d\gamma^{(p)}. \quad (13)$$

Для условий малоциклового усталости удельная энергия дополнительных напряжений Ψ_u за N_R циклов сложного нагружения определена:

$$\Psi_u = \int_0^{N_R} (\Psi_u^{(\sigma)} + \Psi_u^{(\tau)}) dN \quad (14)$$

где $\Psi_{\eta}^{(\sigma)} = \int_0^{\Delta \varepsilon^{(p)}} \rho_{\sigma \eta} d\varepsilon^{(p)}$; $\Psi_{\eta}^{(\tau)} = \int_0^{\Delta \gamma^{(p)}} \rho_{\tau \eta} d\gamma^{(p)}$ - приращение удельной энергии дополнительных напряжений в среднем (условно стабилизированном) цикле при растяжении-сжатии и кручении, соответственно.

В обоих подходах напряжения σ_x ; τ_x ; ρ_{σ} ; ρ_{τ} можно назвать компонентами дополнительных напряжений. Они монотонно увеличиваются в зависимости от уровня пластической деформации. Обе эти компоненты дополнительных напряжений для каждого из названных энергетических подходов вызваны возникновением и развитием микрповреждений в конструкционном металлическом материале в общем виде упругопластического упрочнения.

Экспериментальная проверка названных выше энергетических подходов осуществлена на модернизированном испытательном стенде типа УМЭ-10ТМ для условий плоского напряженного состояния (при совместном действии осевой силы и крутящего момента) и разных траекторий нагружения по методике, которая детально описана в работе [18]. Текущее значение интенсивностей дополнительных напряжений ρ_i и σ_x определены по зависимостях:

$$\rho_i = \sqrt{\rho_{\sigma}^2 + 3\rho_{\tau}^2}; \quad \sigma_{xi} = 2\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_x^2} \quad (15)$$

Аналогичным образом была найдена и интенсивность полных деформаций ($\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon^2 + \left(\frac{\gamma}{\sqrt{3}}\right)^2}$). Испытания проведены на образцах, которые детально описаны в работе [18], изготовлены из сплава Д16Т при температуре $T = 293K$ в состоянии поставки. Материал состоял из: Al – 92,63%; Cu – 4,1 %; Mg – 1,6%; Mn – 0,64%; Fe – 0,47%; кремний – 0,33%; Ti – 0,03%, Xr – 0,02% и Zn – 0,18%. Осуществлены траектории пропорционального и непропорционального режимов нагружения с приростом от цикла к циклу необратимых деформаций вплоть до разрушения. Пределы пропорциональности при нагрузке с последующей разгрузкой определены в соответствии с ГОСТ 1497-84 и ГОСТ 3565-80. Для случая непропорционального нагружения выбрана траектория в виде замкнутого квадрата, при котором кинетика накопления повреждений проявляется наиболее контрастно.

Результаты расчетно-экспериментальных исследований согласно зависимостей (2, 3, 7, 13 и 15) для условий повторно-статического нагружения показаны на рис.4. При этом в скобках представлены обозначения для рис.3б.

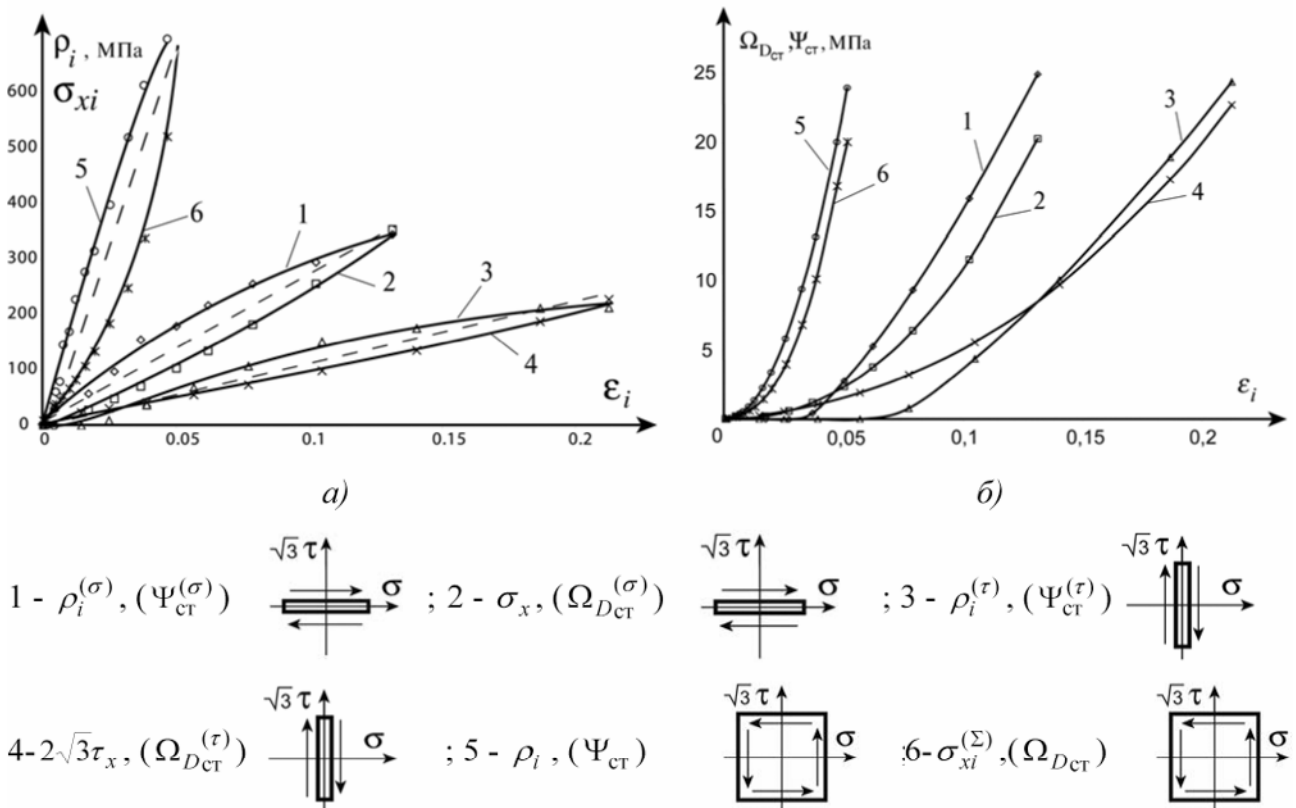


Рис.4. Зависимость интенсивности дополнительных напряжений (а) и удельной энергии дополнительных напряжений (б) от уровня интенсивности пластической деформации для алюминиевого сплава Д16Т при $T=293$ К.

Из рис. 4а видно, что дополнительные напряжения ρ_i и σ_{xi} удовлетворительно описывают один и тот же процесс накопления РП в металлическом конструкционном материале и имеют практически одинаковые свои предельные значения. В дальнейшем за основу расчета кинетики накопления РП принята модель, которая базируется на параметре ρ_i . При этом расчет на базе этого параметра «идет» в запас прочности, а также позволяет использовать для определения интенсивности дополнительных напряжений ρ_i теорию пластического течения с анизотропным упрочнением [19].

Кинетика накопления РП при статическом и малоцикловом нагружениях имеет различный характер в зависимости от степени хрупкости материала и термосиловых условий упругопластического деформирования (рис.5).

Так для сплава Д16Т поврежденность при активном нагружении в условиях растяжения с использованием в качестве параметра относительной величины удельной энергии дополнительных напряжений $D_{ст} = \frac{\Psi_i}{\Psi_{ст.маx}} (0 \leq D_{ст} \leq 1)$ является практически линейной функцией от уровня пластической деформации $\varepsilon^{(p)}$; $\Psi_{ст.маx} = \Psi_{ст.маx}^\sigma$ предельное значение удельной энергии дополнительных напряжений согласно зависимости (13) при одноосном активном растяжении. Для более пластичных материалов (кривые 2, 3 на рис.5) характер накопления повреждений носит существенно нелинейный характер.

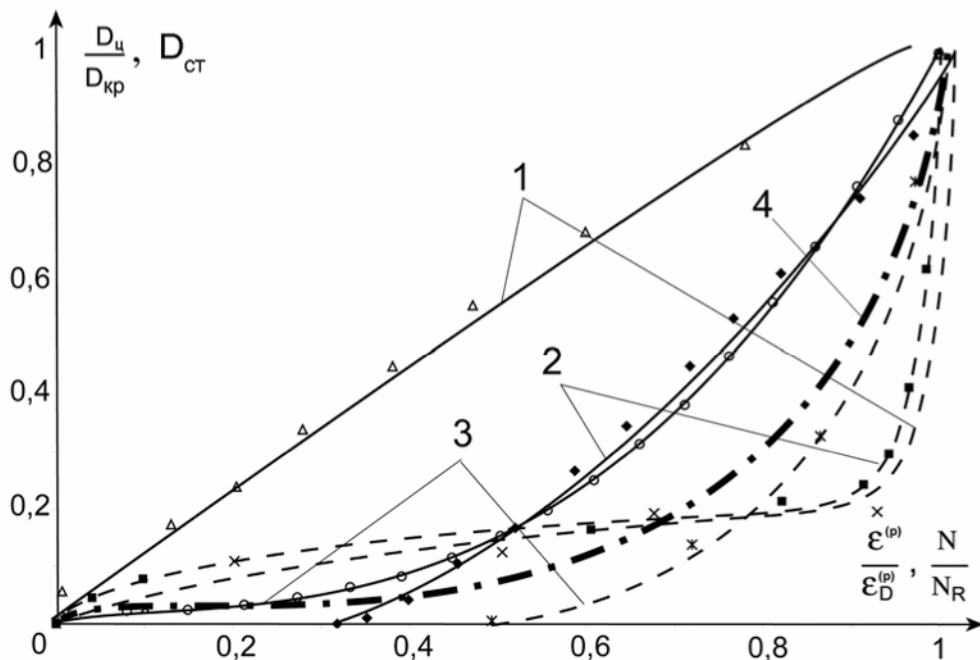


Рис.5. Кинетика накопления повреждений в конструкционных материалах при активном (сплошные линии) и малоцикловом (пунктирные линии) нагружениях:

1, 4 – сплав Д16Т; 2 – медь 99,9% [17]; 3 – сталь 316 [17]

Кинетика накопления повреждений при статическом и малоцикловом нагружениях в относительных величинах описана зависимостью:

$$\frac{dD_q}{dq} = B_1 \rho_i^{1+B_2q} + B_3 D_q \quad (16)$$

Решение уравнения (16) можно искать в следующем виде

$$D_q = B_1 \int_0^q \rho_i^{1+B_2q} \exp[B_3(1-q)] dq, \quad (17)$$

Где параметры B_1 , B_2 , B_3 - константы материала.

Принято параметр $q = \frac{\varepsilon^{(p)}}{\varepsilon_R^{(p)}}$ - для статического нагружения и $q = \frac{N}{N_R}$ - для

малоциклового. Величины $\varepsilon^{(p)}$ и N - это текущие значения пластической деформации и числа циклов малоциклового нагружения соответственно, а $\varepsilon_R^{(p)}$ и N_R их предельные значения.

Расчетная кривая кинетики накопления повреждений сплава Д16Т при малоцикловом нагружении, для значений $B_1 = 3,2$, $B_2 = 0$, $B_3 = -3$, с асимметрией цикла $R_\sigma = -1$ показана на рис.5 (кривая 4). Сравнение ее с соответствующими экспериментальными данными (кривая 1 - пунктир) показала удовлетворительное их соответствие.

Таким образом, для уточнения инженерных расчетов ответственных элементов конструкций в зонах их повышенной нагруженности в систему определяющих уравнений необходимо вводить параметр поврежденности в виде суммарной удельной энергии (уравнение 7), который учитывает два вида разрушения: отрыв и срез.

Резюме.

Согласно положений континуальной механики повреждений изложено инженерный метод по исследованию кинетики накопления рассеянных повреждений в металлических конструкционных материалах при их упругопластическом нагружении и малоциклового усталости в условиях сложного напряженного состояния. Установлено, что в качестве параметра поврежденности, с учетом двух видов разрушения (отрыва и среза), целесообразно принять в общем случае сложного нагружения суммарную удельную энергию дополнительных напряжений. Это дает возможность использовать многоповерхностную теорию пластического течения с анизотропным упрочнением для нахождения компонент девиатора дополнительных напряжений ρ_i .

1. Троценко В.Т., Красовский А.Я., Стрижало В.А. Сопротивление материалов деформированию и разрушению. – Киев: Наук. думка, 1994. – Т.2. – 700 с.

2. Махутов Н.А., Воробьев А.З., Гаденин М.М. Прочность конструкций при малоцикловом нагружении. – М.: Наука, 1983. – 270 с.
3. Качанов Л.М. О времени разрушения в условиях ползучести // Изд. АН СССР. От-ние техн. Наук. – 1958. - №8. – С. 26-35.
4. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. – М.: Наука, 1966. – 752 с.
5. Леметр Д. Континуальная модель повреждения, используемая для расчета разрушения пластичных материалов // Теорет. основы инж. расчетов. – 1985. – 107, №1. – С. 90-98.
6. Гусенков А.П., Котов П.И. Малоцикловая усталость при неизотремическом нагружении. – М.: Машиностроение, 1983. – 242 с.
7. Казанцев А.Г. К расчету малоцикловой усталости при непропорциональных режимах нагружения // Пробл. прочности. – 1989.- №6. – С. 31-36.
8. Романов А.Н. Разрушение при малоцикловом нагружении. – М.: Наука, 1988. – 279 с.
9. Лебедев А.А., Чаусов Н.Г., Богинич И.О., Недосека С.А. Комплексная оценка поврежденности материала при пластическом деформировании // Пробл. прочности. – 1996. - №5. – С. 23 - 30.
10. Трощенко В.Т., Лебедев А.А., Стрижало В.А. и др. Механическое поведение материалов при различных видах нагружения. – Киев: Логос. 2000. – 571 с.
11. Одесский П.Д. О деградации свойств сталей для металлических конструкций // Заводская лаборатория. – 2003. – Т.69, №10. – С.41-49.
12. Байков В.М., Бутушин С.В., Махутов Н.А. Исследование деградации механических характеристик конструкционного сплава Д16Т в результате воздействия эксплуатационной наработки // Заводская лаборатория. – 2003. – Т.70, №11. – с. 50 – 54.
13. Мовчан А.А. О малоцикловой усталости при непропорциональном симметричном деформировании // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1983. - №3. – С. 102-108.
14. Коротких Ю.Г. Описание процессов накопления повреждений материала при изотремическом вязкопластическом деформировании // Пробл. прочности. – 1985. - №1. – С. 18 - 23.

15. Голуб В.П. Нелинейная механика континуальной поврежденности и ее приложение к задачам ползучести и усталости // Прикл. Механика. – 2000. – 36, №3. – С. 31-59
16. Barbero E., Greco F. Continuum damage-healing mechanics with application to self-healing composites // Intern/ Journal of Damage Mechanics. – 2005. – vol.14 – January – P.51-81.
17. Lemaitre J. Damage mechanics./ The Bath Press, Great Britian, - 1990. – 556 p.
18. Бобырь Н.И., Грабовский А.П., Тимошенко А.В., Халимон А.П. Методика определения накопления повреждений в металлических конструкционных материалах при сложном упругопластическом нагружении // Пробл. прочности. – 2006. - №1. – С. 128-137.
19. Новожилов В.В., Кадашевич Ю.И. Микронапряжения в конструкционных материалах. – Л.: Машиностроение, 1990. – 224 с.



д.т.н., проф. М.Л. Хейфец, к.т.н., проф. Б.П. Чемисов, Н.Л. Грецкий
Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ФЕРРОПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Рассмотрены технология упрочнения и конструкции полюсных наконечников электромагнита, позволяющие повысить качество формируемых покрытий ферромагнитными порошками. Предложена принципиальная электрическая схема подключения установки, позволяющая исследовать влияние фазового угла смещения между напряжением, питающим электромагнитную катушку, и напряжением, питающим сварочный трансформатор на стабильность формирования покрытий ферропорошками в электромагнитном поле. Установлено, что наиболее благоприятные условия для максимального переноса ферропорошков на поверхность детали и очистки рабочего зазора от продуктов эрозии в твердой фазе и от частиц зерен ферропорошка не участвовавших в разрядах складываются под действием вибрации полюсного наконечника, когда частота и фаза следования импульсов напряжений в цепях технологического тока и электромагнитной катушки совпадают.

Введение. Повышение надежности и долговечности деталей машин, во многом определяется состоянием их поверхностного слоя [1]. Основными причинами потери работоспособности узлов и механизмов являются изнашивание и усталостные поломки деталей, их разрушение вследствие ползучести, коррозия, эрозия в различных средах, кавитационное разрушение и всевозможные сочетания этих причин. Свыше 80% отказов обусловлено процессами изнашивания или комплексными причинами, в которых изнашивание играет доминирующую роль. Износ деталей различных групп по элементам составляет: 52% - цилиндрические поверхности; 3% - конические и сферические; 1% - плоские; 1% - профильные и фасонные; 2% - зубья и шестерни; 3% - шлицы; 5% - пазы; 10% - резьбы. Причем 13% поверхностей имеют нарушение макрогеометрии и формы; трещины и изломы обнаружены у 9% деталей [2]. Поэтому актуальными являются как разработка новых, так и совершенствование известных методов восстановления.

При восстановлении поверхностей деталей машин используют различные способы нанесения покрытий, позволяющие получать поверхность с требуемым химическим составом, высокой твердостью и износостойкостью. Наиболее перспективными являются электрофизические методы, использующие энергию электромагнитного поля [3]. Одним из таких ресурсосберегающих методов является электромагнитная наплавка [2].

Технология электромагнитного упрочнения. Существуют различные устройства для реализации процесса. Наиболее просты двухполюсные и однополюсные установки для упрочнения деталей в магнитном поле. При упрочнении на двухполюсной установке деталь располагается между двумя торцами сердечников электромагнита, имеющими разноименную магнитную полярность, а при упрочнении на однополюсной установке – вблизи одного торца сердечника электромагнита. Процесс упрочнения в большинстве случаев имеет низкую стабильность, обусловленную тем, что в рабочих зазорах часто происходит спекание массы ферропорошка и источник технологического тока переходит в режим короткого замыкания.

С целью повышения качества формирования покрытий в электромагнитном поле разработаны установки, позволяющие реализовать импульсное механическое воздействие полюсного наконечника на формируемый участок покрытия (рис. 1-3). Устройства (рис. 2, 3) кроме возвратно-поступательного движения полюсного наконечника обеспечивают его вращение. Дополнительное вращение полюсного наконечника способствует лучшей очистке рабочего зазора от частиц ферропорошка, не участвовавшего в предыдущих разрядах и от продуктов эрозии в твердой фазе, что

повышает стабильность образования токопроводящих цепочек, увеличение переноса капель расплава порошка на поверхность детали, повышение стойкости полюсного наконечника.

Работу устройства с импульсным механическим воздействием можно пояснить на примере упрочнения наружной поверхности вращения (рис. 1). Деталь 1 помещают с некоторым зазором δ_1 вблизи полюсного наконечника 2, который укреплен на пластинчатой пружине 3. Между полюсным наконечником и сердечником 4 электромагнита имеется воздушный промежуток δ_2 . Деталь через скользящий контакт 5 подключают к отрицательному, а полюсный наконечник – к положительному полюсу источника технологического тока. В качестве источника тока может быть принят один из типов сварочных трансформаторов с выпрямляющим устройством, обеспечивающим однополупериодное выпрямление напряжения в его вторичной цепи. Электромагнитная катушка 6 питается выпрямленным по однополупериодной схеме током от промышленной сети. При вращении детали в рабочий зазор из бункерного дозирующего устройства 7 с определенным расходом непрерывно подают ферромагнитный порошок 8. Ориентируясь в зазорах вдоль магнитных силовых линий, зерна ферропорошка образуют множество токопроводящих цепочек, замыкающих электрическую цепь между сердечниками и деталью. Под действием электрической эрозии в результате происходящих разрядов часть материала ферропорошка переносится на упрочняемую поверхность.

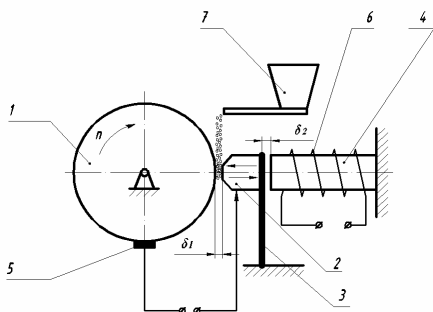


Рис. 1. Схема упрочнения поверхности вращения детали ферропорошками в пульсирующем магнитном поле при вибрации полюсного наконечника: 1 – деталь; 2 – полюсный наконечник; 3 – пластинчатая пружина; 4 – сердечник; 5 – скользящий контакт; 6 – электромагнитная катушка; 7 – дозирующее устройство

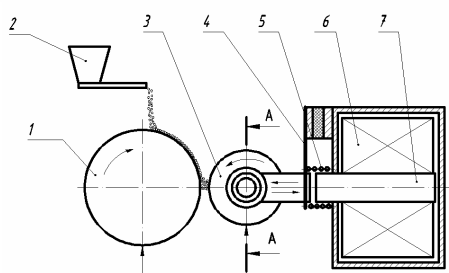


Рис. 2. Устройство с самовращающимся осциллирующим наконечником: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – дозирующее устройство; 3 – самовращающийся наконечник; 4 – гибкая металлическая пластина; 5 – пружина; 6 – электромагнитная катушка; 7 – сердечник

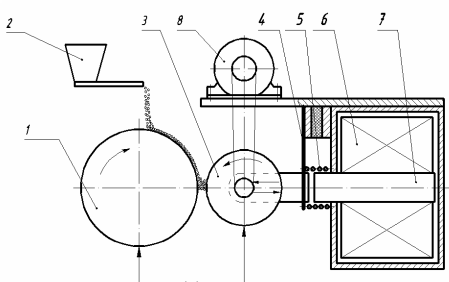


Рис. 3. Устройство с принудительно вращающимся осциллирующим наконечником: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – дозирующее устройство; 3 – самовращающийся наконечник; 4 – гибкая металлическая пластина; 5 – пружина; 6 – электромагнитная катушка; 7 – сердечник; 8 – электродвигатель

Для устройств реализующих импульсное механическое воздействие полюсного наконечника на формируемый участок покрытия без его вращения (рис. 1) применяют конструкции полюсных наконечников призматической формы (рис. 4, а, б).

Для оборудования обеспечивающего кроме импульсного механического воздействия полюсного наконечника на формируемый участок покрытия дополнительное его самовращение (рис. 2) применяют конструкции полюсных наконечников цилиндрической формы (рис. 4, в, з).

Для установок позволяющих кроме импульсного механического воздействия полюсного наконечника на формируемый участок покрытия осуществить его принудительное вращение используют цилиндрические наконечники (рис. 4, в, з) и наконечники с прерывистой рабочей поверхностью (рис. 4, д, е).

Выступы и пазы на рабочей поверхности полюсного наконечника способствуют концентрации магнитного потока и энергии разрядного тока. Они увеличивают количество ферропорошка транспортируемого и удерживаемого в рабочем зазоре, способствуют повышению производительности, стабильности процесса расплавления порошка и его последующего переноса на поверхность детали.

В связи с этим, применение наконечников конструкций рис. 4, б, з, д, е является предпочтительней по сравнению с полюсными наконечниками с гладкой рабочей поверхностью (рис. 4, а, в).

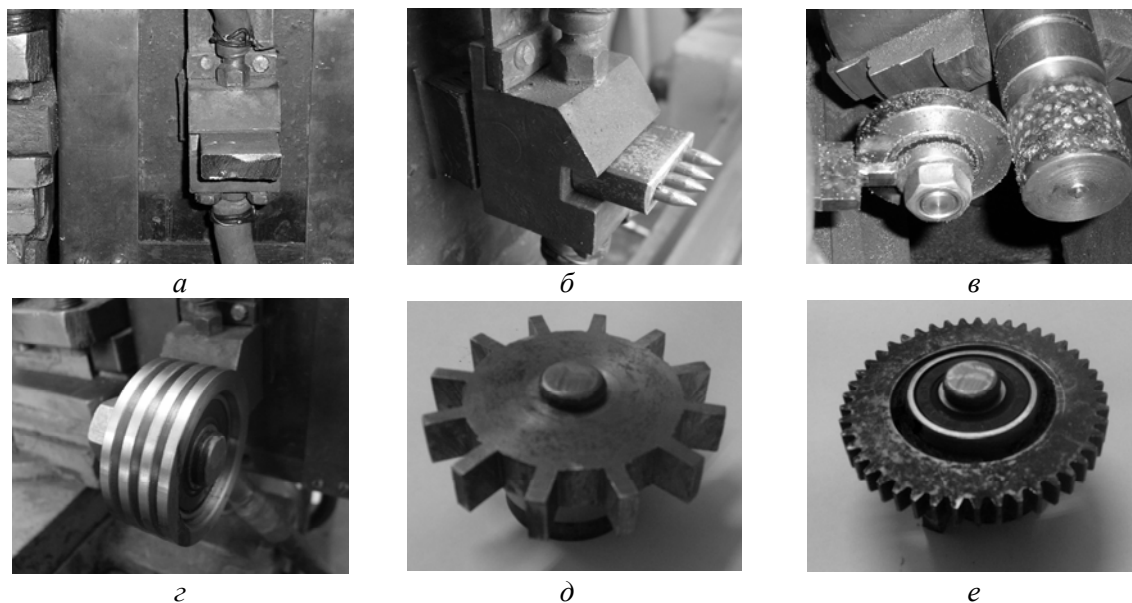


Рис. 4. Конструкции полюсных наконечников

Для повышения стойкости полюсного наконечника и качества формирования покрытий в электромагнитном поле необходимо учитывать направление электрического тока и магнитной индукции и фазовые соотношения напряжений, питающие электромагнитную катушку и сварочный трансформатор.

Наибольший перенос порошка и производительность процесса обеспечивается при подключении установки, когда электрический ток и магнитная индукция имеют направление от полюсного наконечника к детали. [1,2].

Высокая стабильность процесса переноса капель расплава ферропорошка на формируемый участок покрытия достигается, когда после завершения электрических разрядов величина магнитной индукции в рабочем зазоре принимает минимально возможное значение. В этом случае создаются наиболее благоприятные условия для очистки рабочего зазора под действием вибрации и вращения полюсного наконечника от продуктов эрозии в твердой фазе и от части зерен ферропорошка не участвовавших в разрядах. Одновременно повысить производительность и качество покрытия возможно в случае, если величина магнитной индукции будет уменьшаться от момента начала к моменту завершения электрических разрядов. Электрические разряды должны завершаться к моменту импульсного механического воздействия полюсного наконечника на формируемый участок поверхностного слоя детали. Максимальная величина магнитной индукции должна быть близка к значению, при котором наблюдается наибольший перенос материала ферропорошка на поверхность детали.

Для изучения влияния фазового угла смещения между напряжением U_k , питающим электромагнитную катушку для создания вибрации полюсного наконечника и переменного магнитного потока, и напряжением U_t , питающим сварочный трансформатор, предложена принципиальная электрическая схема (рис. 5). Источником технологического тока служит сварочный аппарат ТДМ-205 подключаемый к однофазному напряжению 220V. Предохранители FU1...FU4 защищают установку от высокой перегрузки, а тепловое реле РТ от незначительной длительной перегрузки. Контактные К1...К4 и реле Р1, Р2 обеспечивают различные варианты смещения напряжений U_k от U_t . Лампочки L1...L 3 показывают, на какую из фаз включен сварочный трансформатор. Диоды VD1...VD2 обеспечивают однополупериодное напряжение питания.

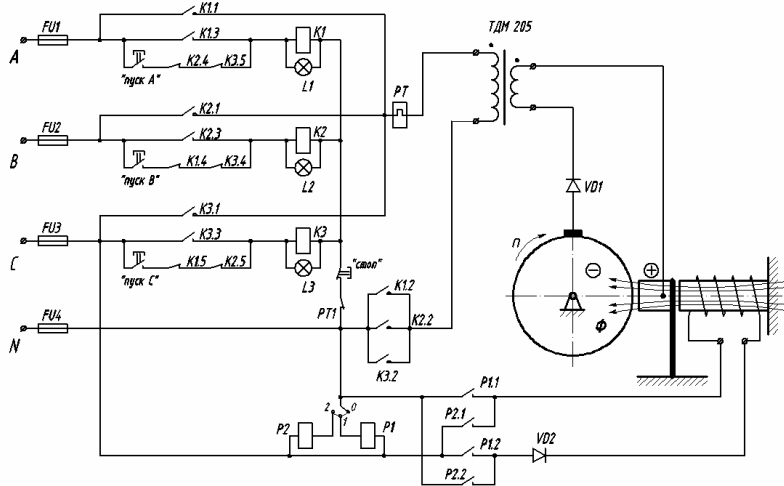


Рис.5 Принципиальная электрическая схема установки для упрочнения поверхности детали ферропорошками в электромагнитном поле

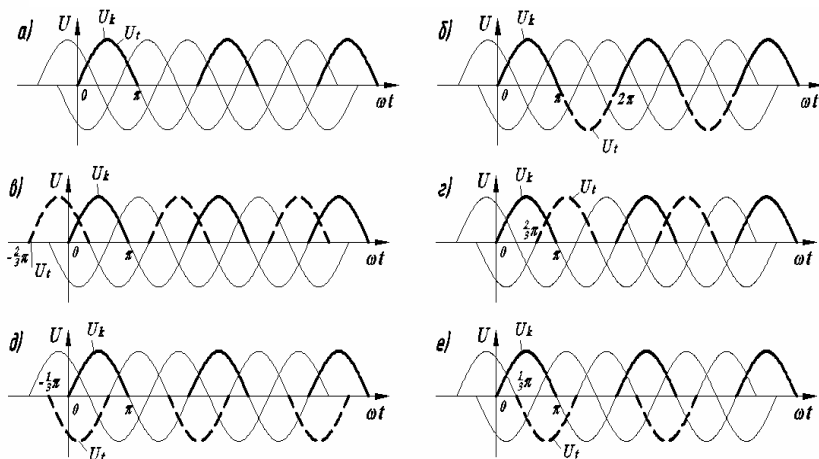


Рис. 6 Схемы вариантов фазового смещения напряжения цепи технологического тока U_t относительно напряжения цепи электромагнитной катушки U_k : ω – угловая частота переменного тока; t – время

Предложенная электрическая схема (рис. 5) позволяет реализовать шесть возможных вариантов фазового смещения напряжения цепи технологического тока относительно напряжения электромагнитной катушки (рис. 6), когда электрический ток и магнитная индукция имеют направление от полюсного наконечника к детали, обеспечивая максимальный переноса капель расплава ферропорошка на формируемый участок покрытия.

Схема на рис. 6 (а) позволяет реализовать режим работы установки без фазового смещения (смещение $- 0^\circ$), схема на рис. 6 (б) обеспечивает режим работы в противофазе (смещение составляет 180°), схема на рис. 6 (в) реализует режим с опережением напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 120° , схема на рис. 6 (г) обеспечивает режим с отставанием напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 120° , схема на рис. 6 (д) реализует режим с опережением напряжения цепи

технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 60° , схема на рис. 6 (е) обеспечивает режим с отставанием напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 60° .

Определение порядка или последовательности чередования фаз в трехфазной симметричной системе э.д.с. (напряжений) производится с помощью указателя последовательности чередования фаз. В простейшем исполнении он состоит из двух одинаковых ламп накаливания и конденсатора [4].

На установке для упрочнения деталей в пульсирующем магнитном поле с вибрацией полюсного наконечника подключенной по принципиальной электрической схеме (рис. 5) было упрочнено для каждого варианта фазового смещения (рис. 6) на одинаковых режимах упрочнения (разрядный ток до 100А; магнитная индукция в рабочем зазоре 0,6Т; окружная скорость вращения образца 0,3 м/с; рабочий зазор 1,5 мм; зернистость применяемого ферропорошка марки ФБ-1 200...400 мкм; подача ферропорошка в рабочий зазор 17 г/мин [5]) по пять предварительно взвешенных образцов.

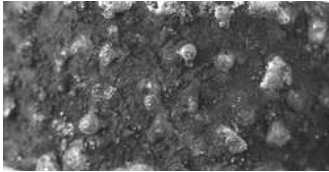
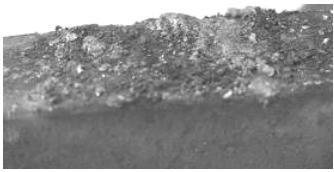
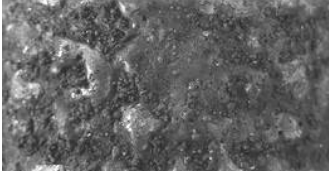
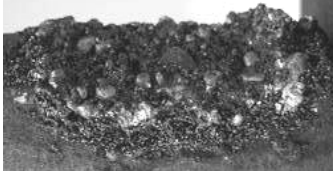
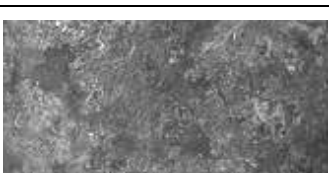
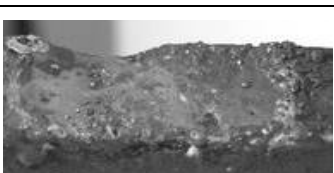
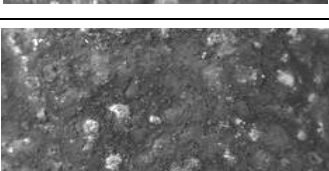

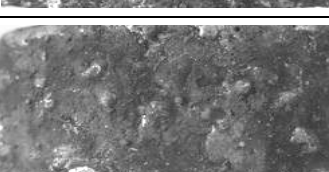
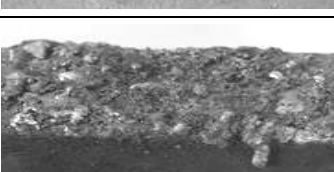
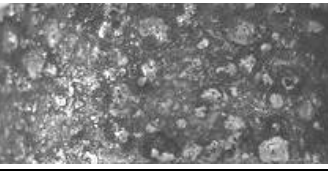
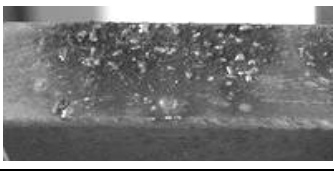
Анализ результатов упрочнения. Максимальный привес, как образцов, так и полюсных наконечников приходится при упрочнении по варианту 2 (см. таб.), обеспечивающий режим работы установки со смещением напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 180° . Однако при этом процесс идет не стабильно с сильным разогревом поверхностей детали и полюсного наконечника. Не происходит очистка рабочего зазора

от продуктов эрозии в твердой фазе и от части зерен ферропорошка не участвовавшего в разрядах. Покрытие образуется пористое, а его соединение с основой слабое из-за неполного проплавления ферропорошков. В результате происходит налипание зерен ферропорошка, как на рабочую поверхность полюсного наконечника, так и на деталь, вызывая резкое уменьшение величины рабочего зазора, что приводит к короткому замыканию.

Минимальный привес детали, при малой пористости и максимальной сплошности нанесенного покрытия достигается при упрочнении по варианту 3 (см. таб.), когда напряжение U_t , питающее сварочный трансформатор, опережает напряжение U_k , питающее электромагнитную катушку, на угол 120° . Процесс упрочнения так же идет не стабильно. Увеличение длины дуги приводит к росту температуры в рабочем зазоре и, в результате, сильному разогреву поверхности детали и оплавлению рабочей поверхности полюсного наконечника. Оплавление поверхности полюсного наконечника увеличивает рабочий зазор и снижает количество порошка удерживаемого в нем.

Таблица

Результаты упрочнения деталей в пульсирующем магнитном поле с вибрацией полюсного наконечника

№ варианта упрочнения	Описание процесса упрочнения	Поверхность после упрочнения	
		образца	полюсного наконечника
1	Упрочнение без смещения напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки (рис. 2, а).		
2	Упрочнение со смещением напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 180° (рис. 2, б).		
3	Упрочнение с опережением напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 120° (рис. 2, в).		
4	Упрочнение с отставанием напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 120° (рис. 2, г).		
5	Упрочнение с опережением напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 60° (рис. 2, д).		
6	Упрочнение с отставанием напряжения цепи технологического тока относительно напряжения цепи электромагнитной катушки на 60° (рис. 2, е).		

При упрочнении по варианту 5 (см. таб.), когда напряжение U_t , питающее сварочный трансформатор, опережает напряжение U_k , питающее электромагнитную катушку, на угол 60° , процесс происходит более стабильно, но незначительно увеличивается привес детали по сравнению с предыдущим вариантом. Однако сильный разогрев полюсного наконечника, значительно снижает его ресурс и приводит к высокому тепловложению в деталь, что может вызвать ее коробление.

Все выше рассмотренные варианты из-за нестабильности процесса упрочнения, низкой производительности и больших тепловложений в деталь не могут быть рекомендованы к практическому применению.

При упрочнении по другим вариантам 1, 4, 6 (см. таб.) процесс протекает стабильно.

Среди них максимальный привес образца наблюдается при упрочнении, когда угол смещения составляет 0° вариант 1 (см. таб.). При этом происходит незначительный нагрев детали и полюсного наконечника. Перенос расплава порошка осуществляется крупными плотными каплями.

При упрочнении по варианту 4 (см. таб.), когда напряжение U_t , питающее сварочный трансформатор, отстает от напряжения U_k , питающее электромагнитную катушку, на угол 120° (рис. 9, з) перенос расплава порошка осуществляется более мелкими каплями, что повышает сплошность покрытия. При этом несколько снижается привес образцов и увеличивается привес полюсных наконечников.

Упрочнение по варианту 6 (см. таб.), когда напряжение U_t , питающее сварочный трансформатор, отстает от напряжения U_k , питающее электромагнитную катушку, на угол 60° , обеспечивает перенос расплава порошка мелкими каплями, что значительно увеличивает сплошность и уменьшает шероховатость покрытия, при этом снижается привес образцов и полюсных наконечников. Из-за незначительного переноса расплава порошка на рабочую поверхность полюсного наконечника и невысокой его эрозии, рабочий зазор остается длительное время постоянным, что значительно повышает стабильность процесса упрочнения. При данном варианте стойкость полюсного наконечника максимальна.

Выводы. Технологический процесс формирования поверхности в электрическом поле вариант 6 (см. таб.), в котором напряжение U_t , питающее сварочный трансформатор, отстает от напряжения U_k , питающее электромагнитную катушку, на угол 60° , можно рекомендовать для упрочнения поверхностей с последующей обработкой до первоначального размера, оставляя при этом только диффузионный слой. Технологический процесс вариант 4 (см. таб.), в котором напряжение U_t , питающее сварочный трансформатор, отстает от напряжения U_k , питающее электромагнитную катушку, на угол 120° , рекомендуется для восстановления и упрочнения, изношенных до 0,1...0,3 мм поверхностей деталей. Технологический процесс вариант 1 (см. таб.), когда отсутствует фазовое смещение напряжения U_t , питающее сварочный трансформатор, относительно напряжения U_k , питающее электромагнитную катушку, целесообразно использовать при комбинированном восстановлении и упрочнении поверхностей деталей машин со значительным износом (например, с последующей наплавкой углеродистой проволокой).

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологические основы управления качеством машин / А.С. Васильев, А.М. Дальский, С.А. Клименко, Л.Г. Полонский, М.Л. Хейфец, П.И. Ящерицин. М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
2. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Новополоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
3. Хейфец М.Л., Кожуро Л.М., Мрочек Ж.А. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей. – Гомель: ИММС НАНБ, 1999, – 276 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. – М.: Высш. шк., 1978. – 528 с.
5. Оптимизация технологических параметров формирования износостойких покрытий электромагнитным способом / Ж.А. Мрочек, С.А. Кадников, Л.М. Кожуро, Л.М. Акулович // Электронная обработка материалов. - 1991, №2. – С. 22-25.

СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ С АМОРФНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Клименко С.А., Мельничук Ю.А., Танович Л.*

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев
Машиностроительный факультет Белградского университета

Напыленные покрытия являются материалами, неоднородными по физико-механическим свойствам и структуре, что обуславливает особенности формирования состояния их поверхностного слоя – как шероховатости поверхности, так и структурного состояния, при механической обработке [1, 2].

Одним из перспективных направлений совершенствования методов газотермического напыления является использование порошковых материалов на основе железа, которые склонны к образованию в условиях напыления покрытий структуры с аморфной матрицей и выделением кристаллических фаз [3]. Такие покрытия характеризуются специфическими физико-механическими свойствами – имеют высокие износо- и коррозионную стойкость, прочность сцепления с основой, что делает их эффективными в разных областях техники. В тоже время, использование покрытий, имеющих аморфно-кристаллическую структуру, в настоящее время ограничено. Одной из причин, сдерживающих их использование в промышленности, является недостаточность научно обоснованных рекомендаций по их качественной механической обработке. Требования по шероховатости поверхности и сохранению исходного содержания аморфной фазы, которые обуславливают эксплуатационные свойства покрытий, накладывают определенные ограничения на условия их механической обработки.

Главной причиной, препятствующей получению в процессе механической обработки состояния поверхностного слоя покрытия, требуемого по условиям эксплуатации изделия, являются особенности структуры напыленного материала. Изучение закономерностей процесса резания с учетом влияния гетерогенности структуры покрытий предопределяет возможность технологического управления их качеством.

Для решения поставленной задачи эффективным является использование положений теории фракталов, которая позволяет оценить структуру неоднородных материалов на разных масштабных уровнях количественными характеристиками.

Рассматриваемые покрытия, в зависимости от вида и характеристик напыляемого материала и условий напыления, имеют разную структуру (рис. 1), но общим для них является наличие аморфных и кристаллических фаз, которые характеризуются различными свойствами. Учитывая, что обрабатываемый материал представлен несколькими структурными составляющими, совокупность его механических свойств представляет собой мультифрактал с комплексом характеристик. В первом приближении может рассматриваться более простая характеристика – фрактальная размерность D_s совокупности механических свойств материала.

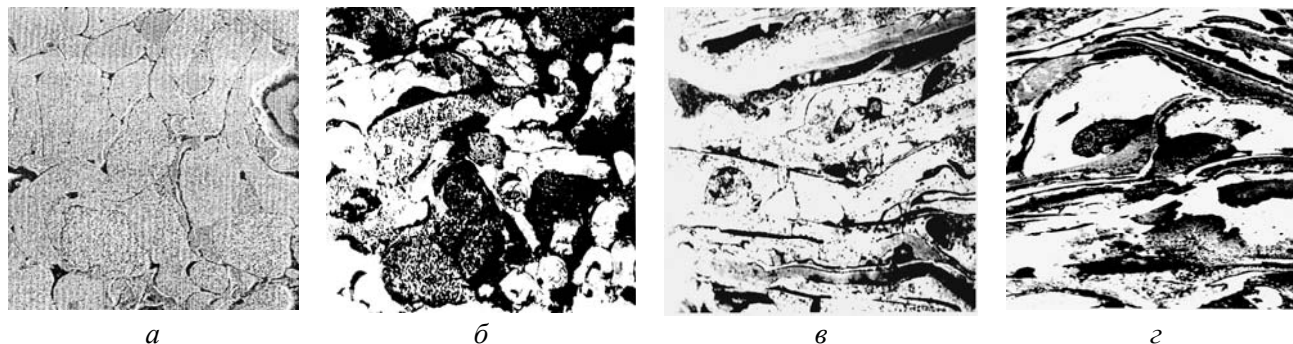


Рис. 1. Микроструктура напыленных газопламенных (а-в) и электродугового (z) покрытий: а – из порошка $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$ (x240); б – из порошка $Fe_{80}B_{20}$ (x240); в – из порошковой проволоки $Fe_{80}B_{20}$ (x480); z – из порошковой проволоки $Fe_{79}Cr_{16}B_5$ (x400).

Для оценки значений совокупности механических свойств покрытий может использоваться один из неразрушающих методов микромеханических исследований – деформационно-спектральный анализ, который основывается на явлениях структурной чувствительности трибоспектральных характеристик, связанных с неоднородностью гетерогенного поверхностного слоя, определяющей спектральный характер формирования сил трения. Для определения величины D_s осуществлялось сканирование поверхности покрытий нормально нагруженным индентором и снималась трибограмма, характеризующая изменение величины тангенциальной составляющей P силы контактного взаимодействия индентора с поверхностью.

Точение покрытий производилось резцами, оснащенными круглыми ($\varnothing 7$ мм) пластинами из ПСТМ киборит.

Необходимо отметить, что для напыленных покрытий характерна неоднородность структуры не только по поверхности, но и по толщине [1]. По этой причине шероховатость поверхности зависит от глубины залегания слоя материала, удаляемого в процессе обработки. Зависимость высоты микронеровностей на обработанной поверхности от уровня ее расположения по толщине покрытий H (рис. 2) показывает, что наиболее качественная поверхность формируется при удалении поверхностного слоя покрытия толщиной $(0,3...0,5 H)$. В этом случае структура покрытия и его свойства являются наиболее стабильными.

Для установления взаимосвязи между величиной D_s материала покрытия, которая характеризует гетерогенность его структуры, и шероховатостью обработанной поверхности проводилось точение образца с газопламенным покрытием, напыленным из порошка $Fe_{78}B_{10}Si_{12}$, с фиксацией исследуемых параметров на различных расстояниях H от основы. Полученные результаты показывают, что с ростом величины D_s материала покрытия высота микронеровностей увеличивается. При этом, степень влияния режимов резания на шероховатость обработанной поверхности снижается, а основное влияние оказывает гетерогенность структуры материала покрытия. Так, при точении слоя покрытия вблизи поверхности, характеризующегося значением $D_s = 2,67$, изменение величины подачи в шесть раз и скорости резания более чем в четыре раза практически не влияет на высоту неровностей на обработанной поверхности.

По величине фрактальной размерности D_s совокупности механических свойств материала можно прогнозировать значение высотных параметров шероховатости поверхности покрытия после обработки. Результаты исследований (рис. 3), показывают, что при обработке материалов, которые характеризуются разными величинами D_s , достигается различная шероховатость обработанной поверхности. Это касается как обработки одного и того же материала с разными значениями D_s (разное расстояние H от основы), так и обработки ряда покрытий (одинаковое расстояние H от основы).

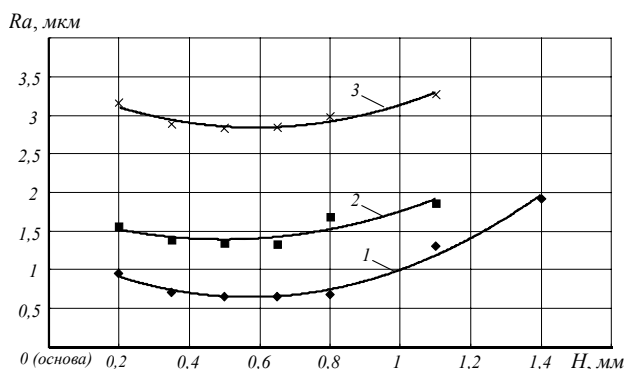


Рис. 2. Зависимость высоты неровностей Ra на обработанной поверхности от уровня ее расположения по толщине газопламенных (1, 3) и электродугового (2) покрытий ($v = 1,2$ м/с; $S = 0,05$ мм/об; $t = 0,15$ мм, $h_3 = 0,1$ мм): 1 – из порошка $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$; 2 – из порошковой проволоки $Fe_{80}B_{20}$; 3 – из порошка $Fe_{79}Cr_{16}B_5$

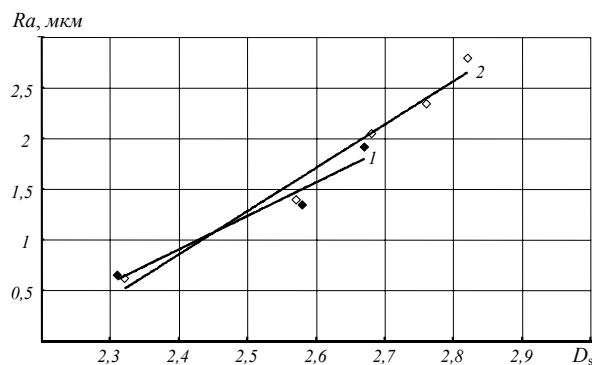


Рис. 3. Зависимость высоты неровностей Ra на обработанной поверхности от величины фрактальной размерности D_s покрытий ($v = 1,2$ м/с; $S = 0,05$ мм/об; $t = 0,15$ мм; $h_3 = 0,1$ мм): 1 – газопламенного из порошка $Fe_{78}B_{10}Si_{12}$; 2 – из материалов систем Fe-B и Fe-Cr-B: газопламенного из порошковой проволоки $Fe_{80}B_{20}$ ($D_s = 2,32$); электродугового из порошковых проволок $Fe_{80}B_{20}$ ($D_s = 2,57$) и $Fe_{79}Cr_{16}B_5$ ($D_s = 2,68$); газопламенного из порошков $Fe_{80}B_{20}$ ($D_s = 2,76$) и $Fe_{79}Cr_{16}B_5$ ($D_s = 2,82$)

Прямые, полученные аппроксимацией зависимости $Ra = f(D_s)$, для обоих случаев расположены достаточно близко друг к другу, что позволяет говорить о общей тенденции – более качественная поверхность формируется при обработке покрытий, характеризующихся меньшей величиной фрактальной размерности D_s совокупности механических свойств материалов.

Как следует из полученных результатов, по величине D_s правомерно оценивать обрабатываемость резанием материалов с гетерогенной структурой, по критерию шероховатости обработанной поверхности.

Исследования показывают, что в процессе обработки инструментом из киборита напыленных покрытий отсутствуют предпосылки для протекания интенсивного процесса кристаллизации обрабатываемого материала в поверхностном слое под действием температур, возникающих в процессе точения.

При точении покрытий острым резцом со скоростью резания v до 3 м/с температура резания превышает 1000 К [4], что выше температуры кристаллизации ($T_{кр}$) сплавов, использующихся для нанесения рассматриваемых покрытий [5]. Несмотря на это, как свидетельствуют результаты рентгеноструктурного анализа (рис. 4), в материалах обрабатываемых покрытий с содержанием аморфной компоненты до 50 % не происходят структурно-фазовые превращения, т.е. сохраняется исходное количество аморфной фазы.

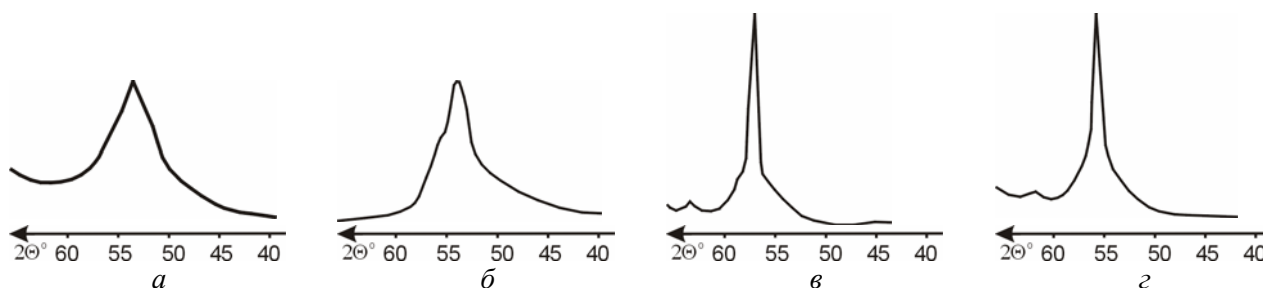


Рис. 4. Фрагменты рентгенограмм газопламенных покрытий из порошковой проволоки $Fe_{80}B_{20}$ (а, б) и порошка $Fe_{79}Cr_{16}B_5$ (в, г) после точения: а, в – $v = 0,7-2,7$ м/с, $S = 0,05$ мм/об, $t = 0,15$ мм, $h_3 = 0,1$ мм; б – $v = 1,7$ м/с, $S = 0,05$ мм/об, $t = 0,15$ мм, $h_3 = 0,4$ мм; г – $v = 2,7$ м/с, $S = 0,05$ мм/об, $t = 0,15$ мм, $h_3 = 0,4$ мм

Вероятность кристаллизации материалов покрытий определяется как их химическим составом и структурой, так и скоростью нагрева, с ростом которой температура кристаллизации ($T_{кр}$) увеличивается. Хотя в процессе точения происходит быстрый (доли секунды) локальный нагрев поверхностного слоя покрытия, за счет использования инструмента, оснащенного ПСТМ киборит, имеющего высокую теплопроводностью, обеспечивается интенсивный отвод тепла из зоны резания. Скорость изменения температуры в слое покрытия, расположенного на глубине $h = 0,01$ мм от обрабатываемой поверхности, изменяется в пределах $(2,31...8,8) \cdot 10^6$ К/с [6]. В то же время, критическая скорость охлаждения для аморфизации сплава $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$ составляет $1,8 \cdot 10^5$ К/с, сплава $Fe_{80}B_{20}$ – $6,0 \cdot 10^6$ К/с [5, 7]. Сравнивая приведенные значения скоростей изменения температур, правомерно заключить, что при точении исследуемых покрытий острым резцом не происходит изменения исходной степени аморфизации обрабатываемых покрытий – в материале сохраняется аморфная матрица с выделением кристаллических фаз.

С увеличением износа режущего инструмента при точении газопламенного покрытия из порошка $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$ и порошковой проволоки $Fe_{80}B_{20}$, которые характеризуются содержанием аморфной фазы более 70 %, наблюдается незначительное снижение ее содержания. В табл. и на рис. 4 приведены результаты рентгеноструктурных исследований, свидетельствующие о снижении содержания аморфной фазы в таких материалах приблизительно на 10–13 %.

Таблица. Влияние условий точения на содержание аморфной фазы в покрытии

Покрытие (*газопламенное, **электродуговое)	Содержание аморфной фазы, %		
	$v = 0,5 \text{ м/с}; S = 0,02 \text{ мм/об}; t = 0,15 \text{ мм}; h_3 = 0,1 \text{ мм}$	$v = 0,7 \div 2,7 \text{ м/с}; S = 0,05 \text{ мм/об}; t = 0,15 \text{ мм}; h_3 = 0,1 \div 0,2 \text{ мм}$	$v = 1,7 \text{ м/с}; S = 0,05 \text{ мм/об}; t = 0,15 \text{ мм}; h_3 = 0,4 \text{ мм}$
* Из порошковой проволоки $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$	90	90	80
*Из порошка $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{12}\text{B}_{10}$	75	75	68
* Из порошка $\text{Fe}_{79}\text{Cr}_{16}\text{B}_5$	48	Не изменяется	
**Из порошковой проволоки $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$	45	Не изменяется	
**Из порошковой проволоки $\text{Fe}_{79}\text{Cr}_{16}\text{B}_5$	40	Не изменяется	

В то же время, после точения изношенным резцом электродуговых покрытий из порошковых проволок $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$, $\text{Fe}_{79}\text{Cr}_{16}\text{B}_5$, газопламенного покрытия из порошка $\text{Fe}_{79}\text{Cr}_{16}\text{B}_5$, которые характеризуются содержанием аморфной фазы $< 50\%$, параметры рентгенограмм практически не изменяются, что говорит о сохранении исходного содержания аморфной фазы в структуре таких покрытий.

Незначительные фазовые превращения, которые наблюдаются в покрытиях с высоким содержанием аморфной фазы при точении изношенным резцом объясняются совместным влиянием на процесс кристаллизации материала температурного и силового воздействий на контактных поверхностях инструмента. При этом, первое оказывает существенно большее влияние на процесс структурно-фазовых превращений в обрабатываемом материале.

Влияние подачи, глубины резания и величины переднего угла инструмента аналогично влиянию износа инструмента.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что только одновременное интенсивное влияние температурного и силового факторов процесса обработки приводит к частичной кристаллизации (до 10-13 %) материала поверхностного слоя обрабатываемых покрытий с высоким содержанием аморфной фазы (рис. 5). При этом под действием термо-силовых условий процесса точения частичной кристаллизации подвергается лишь поверхностный слой обрабатываемого материала глубиной не более 0,1 мм.

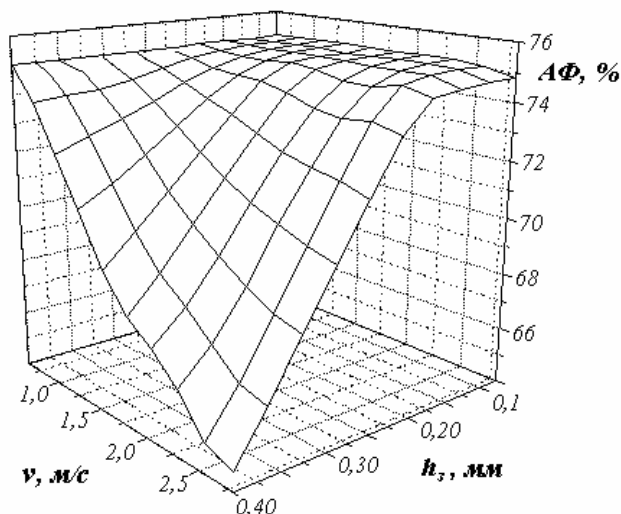


Рис. 5. Зависимость содержания аморфной фазы в газопламенном покрытии, напыленном из порошка $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{12}\text{B}_{10}$, от скорости резания (v) и износа инструмента (h_3) ($S = 0,05 \text{ мм/об}; t = 0,15 \text{ мм}$)

Для газопламенных покрытий, напыленных из порошковой проволоки $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$ и из порошка $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{12}\text{B}_{10}$ величина мощности резания, являющейся граничной из условия отсутствия кристаллизации в материале покрытия $N_d = 1100 \text{ Вт}$. При этом, величина мощности резания не является ограничением параметров процесса точения инструментами из киборита покрытий с содержанием аморфной фазы $> 50\%$, а также для условий черновой обработки высокоаморфизованных покрытий.

Таким образом, как показывают исследования, состояние поверхностного слоя напыленных покрытий после механической обработки в значительной степени определяется гетерогенностью их структуры, которую можно количественно описать величиной фрактальной размерности совокупности механических свойств материала.

Литература

1. Точение износостойких защитных покрытий / С.А. Клименко, Ю.А. Муковоз, Л.Г. Полонский, П.П. Мельничук. – Киев: Техніка, 1997. – 144 с.
2. Клименко С.А. Влияние структурных особенностей напыленных покрытий на шероховатость обработанной поверхности // Современные проблемы технологии машиностроения: Прилож. к ж-лу "Справочник. Инженерный журнал". – 2003. – № 8. – С. 5–7.
3. Коржик В.М. Наукові та технологічні основи газотермічного напилення аморфізованих покриттів з металевих сплавів: Автореф. дис. ... д-ра. техн. наук. – Київ: ІЕЗ НАН України, 1999. – 35 с.
4. Мельничук Ю.А. Температурно-силовые закономерности и структурно-фазовые превращения в обрабатываемом материале при точении напыленных покрытий с аморфно-кристаллической структурой // Вісник Черкаського інженерно-технологічного інституту. – 2001. – №4. – С. 77–84.
5. Куницкий Ю.А., Коржик В.Н., Борисов Ю.С. Некристаллические металлические материалы и покрытия в технике. – Киев: Техніка, 1988. – 198 с.
6. Мельничук Ю.О. Особливості точіння покриттів з аморфно-кристалічною структурою: Дис. ... к.т.н. – Київ: ІНМ НАН України, 2002. – 213 с.
7. Быстрозакаленные материалы: Сб. науч. тр. / Под ред. Б. Кантора. – М.: Металургія, 1983. – 472 с.



L. Polonsky, M. Kravchenko¹

DETERMINATION OF OPTIMAL DEPTH OF CUT FOR ROUGH MACHINING FOR GAS-THERMAL COATINGS APPLIED ON PRODUCT SURFACES

A new way of determination of optimum depth of cut for rough machining for gas-thermal coatings applied is proposed.

Application of wear-proof gas-thermal coatings allows to improve exploitation characteristics of products and to economize, due to the decrease in the extent of their application, a large amount of expensive and critical materials such as tungsten, nickel, cobalt etc. Gas-thermal coatings also provide such special properties as hardness, porosity, corrosion-resistance etc. Recently, the so-called “expensive” coatings, such as titanium nitride and various oxides, has extended their application. Even though they do not make the product any cheaper, they are exceptional under special exploitation conditions (high temperatures and loads, intensive abrasive wear and others).

Since time on and costs of applying coatings are proportional to their thickness, the task for determination their optimal value, which can both satisfy the set requirements and minimize expenditures on their applying on the product, is acute [1]. The most effective solution to the problem of selection of coating thickness can be found with the help of analytical calculus method [2].

Generally known, that quality parameters are not stable throughout the thickness of the layer of the coating. Authors [2, p. 53] emphasize, that chemical composition, structure and properties of the transitional layer between the base and the coating differ from the properties of the coating itself. Besides these differences, the upper layer of the coating contains slag, pores and other flaws. That is why the analytical calculus method does not involve quality parameters during selection process of gas-thermal coating thickness.

As a matter of fact, the minimum coating thickness is defined by the equation [2, p. 52]:

$$t_{n.min.} = t_{n.n.} + t_{n.z.} + R_{zh} + W_h,$$

where $t_{n.n.}$ – thickness of the coating layer required and sufficient for normal functioning of the product; $t_{n.z.}$ – thickness of the coating layer assigned for the wear and which guarantees certain product life; R_{zh} – roughness height received during the last machining turn (included only under aggressive corrosion exposure and some exploitation conditions when the process of coating destruction depends on the topography of the machined surface); W_h – waviness height (included under the same conditions as R_{zh}).

The main disadvantage of the analytical calculus method is that the difference of coating properties throughout the layer assigned for the wear during product exploitation is not included during determination of minimum coating thickness. This disadvantage causes the layer assigned for the wear to include the transitional zone with decreased exploitation properties or the upper layer which also has unstable quality parameters. In a case like this, the wear-proof properties of the coating are decreased, which reduces the total product life.

That is why the extension of technological applications of the coatings, due to their wear-proof quality increase is a keen issue.

For the purpose of selection of optimal layer thickness of the coating it is proposed to use a sample workpiece exposed to the coating with the above mentioned properties. This coating thickness should, the least, include the layer, sufficient and required for normal functioning of the product and a layer assigned for wear.

¹ Leonid Polonsky, d.t.s., prof., Maxim Kravchenko, postgraduate student,
Zhytomyr State Technological University, Ukraine, +38 0412 226919, pol@ztu.edu.ua

Later on, this applied coating is layer-by-layer removed with simultaneous determination of surface quality parameters. This procedure allows to determine and plot dependencies of the coating quality throughout the layer thickness. A determination of the optimal operating thickness of the coating requires the layer assigned for the wear to be in the zone with stable quality parameters, which have been found from the plot on the previous step. The dimensions of the final workpiece are corrected in accordance with the selected optimal operating thickness.

The zone of the coating assigned for the wear should be shifted toward base (workpiece) material, so that the lowest limit of the wear tolerance coincides with the end of a zone with stable quality parameters. The quality parameters can be: roughness indexes such as Ra or Rz , microhardness H_{μ} , etc.

The multiple experiments have proved that the quality parameters, on the first hand, Ra and H_{μ} , are significantly varied throughout the layer. But in all cases, three zone within the coating can be distinguished: upper – which has unstable quality parameters; medium – which has stable quality parameters; lowest – which differs from the medium layer by chemical composition, structure and other properties and thus has lower quality parameters. The thickness of those three layers can vary upon change in coating material, spraying mode and other factors.

The essence of the roughness division throughout the coating layer thickness can be seen from the fig. 1. In the case presented on the fig. 1, the coating has been removed layer-by-layer with simultaneous recording of the roughness parameter – Ra . The results are presented as a graphical dependence of Ra on the layer thickness. The graph has three (previously mentioned) zones: upper (a); medium (b); lower (c). It is easily seen from the graph that the most stable quality is provided in the medium zone. That is why the best wear-proof properties are achieved within this zone. The experimental results, presented below, comply with the expressed assumption.

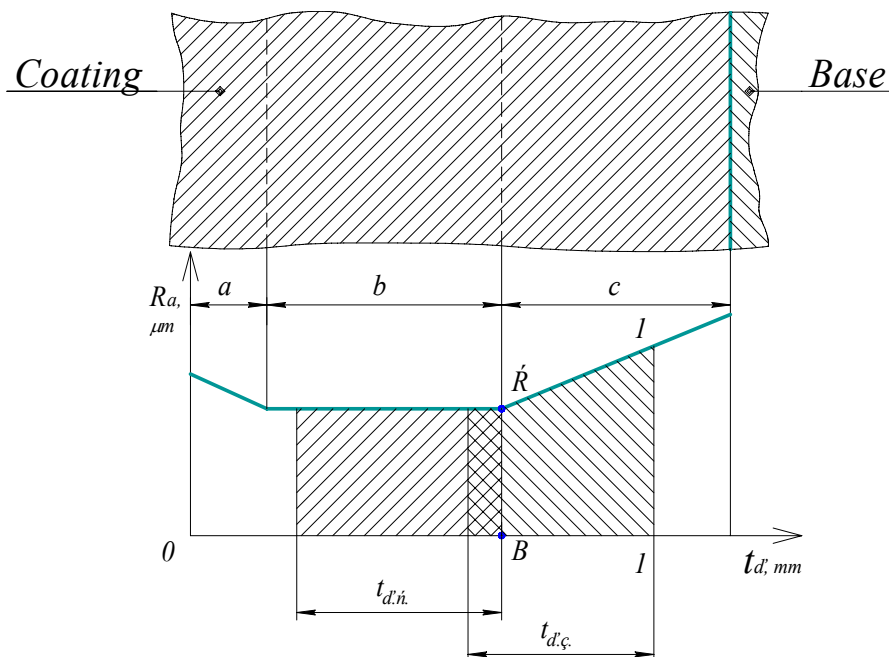


Fig. 1. A chart for selection of the optimal thickness of the being sprayed coating material

The selection process conducted with accordance to the analytical calculus method does not take into account the thickness of the layer assigned for the wear – $t_{n.c.}$ (fig. 1). That is why this layer can be partly or completely within the transitional zone, which causes lower wear-proof properties of the product.

It is necessary that the layer assigned for the wear – $t_{n.s.}$ is positioned in the medium zone with the most stable quality parameters so that the whole coating would have better quality parameters. In the case, when this condition is complied with, the coating will have maximum wear-proof properties.

The dimensions of the final workpiece are correspondently corrected when the dimensions of the medium layer are determined and the layer assigned for the wear is positioned within the last. The zone of

the coating assigned for the wear $t_{n.3.}$ is shifted toward the workpiece material so that the lowest limit of the wear tolerance (1-1) coincides with the end AB of a zone with stable quality parameters (fig. 1).

This condition can be complied with only when the transitional zone will equal or will be bigger than the coating thickness sufficient and required for normal functioning of the product. If the last zone will be bigger than the thickness of the transitional layer, then the zone assigned for wear will be shifted left-hand from the end of the zone with stable quality parameters. In any case the thickness of the coating layer has to provide conditions that the zone assigned for the wear does not exceed the zone with stable quality parameters. The optimal depth of cut on rough machining for subsequent spraying of the coating is selected after taking into account the above mentioned data.

REFERENCES:

1. Теллер В., Шварц Э. Детонационный способ нанесения покрытий // Получение покрытий высокотемпературным распылением: Сб. ст. / Под ред. Л.К. Дружинина и В.В. Кудинова. – М.: Атомиздат, 1973. – С. 133–139.
2. Газотермические покрытия из порошковых материалов: Справ. / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н. Ардаговская. – К.: Наук. думка, 1987. – 544 с.



Željko Raičević¹

Prof. dr Radomir Vukasojević²

RAZVOJ PROCESA BRZE PROIZVODNJE METALNIH DJELOVA NA BAZI NANOŠENJA

Rezime

Metalni djelovi sa dobrim kvalitetom površine, čvrstoćom, dimenzionom tačnošću, i visokom strukturnom čvrstoćom ne mogu biti izrađeni direktno tehnikama brze izrade prototipova. Industrija pokazuje izuzetno jako interesovanje za dalji razvoj tehnika brze izrade prototipova, ili stvaranje novih, koje bi obezbijedile direktnu proizvodnju metalnih funkcionalnih prototipova, proizvoda i alata. Ovaj tekst će pružiti informacije o izradi metalnih djelova baziranoj na nanošenju zavarivanjem i praćenje osnovnih uticajnih faktora na proces.

1. UVOD

Sve do sredine 1980-tih, nije bilo jednostavno dobiti fizički model prototipa. Tradicionalne metode za njihovu izradu su iskazivale ograničenja u pogledu dužene vremena potrebnog za izradu, složenosti objekta, i potrebnog fizičkog rada. Nova tehnologija brze izrade prototipova kojom se prevazilaze problemi u tradicionalnom pristupu njihovoj izradi, poznata je kao izrada čvrstih oblika slobodne forme SFF- *Solid Freeform Fabrication*, Stona izrada DM- *Desktop manufacturing* ili Tehnologija izrade po slojevima LMT- *Layer Manufacturing Technology*.

Međutim, još uvijek većina RP metoda za izradu modela koriste materijale koji nijesu isti sa krajnjim proizvodom. Industrija pokazuje izuzetno jako interesovanje za dalji razvoj tehnika brze izrade prototipova, ili stvaranje novih, koje bi obezbijedile direktnu proizvodnju metalnih funkcionalnih prototipova, proizvoda i alata. Tehnologija brze izrade prototipova predstavlja most koji je proces, od konceptualizacije proizvoda do njegove realizacije, sveo na razumno brzu mjeru.

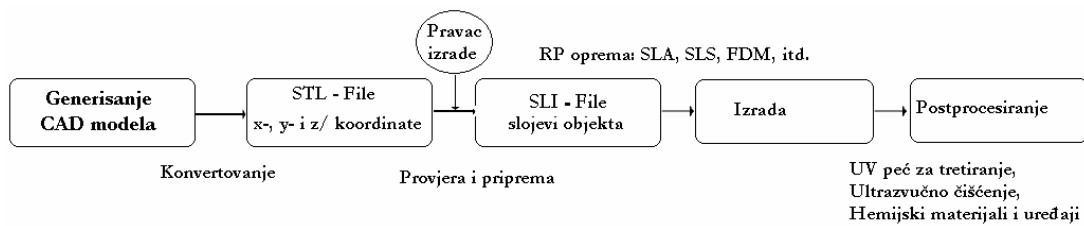
2. PROCESNI LANAC BRZE IZRADE PROTOTIPOVA

Pod pojmom "rapid prototyping" podrazumijeva se čitav niz tehnika pomoću kojih se izrađuju trodimenzionalni modeli složenih oblika pomoću CAD sistema i bez upotrebe alata. Sistemi brze izrade prototipova imaju slične vrste procesnog lanca (slika 1) koji generalno sadrži pet koraka[1]:

1. **3D modeliranje** iz CAD podataka. Model se oblikuje pomoću nekog od brojnih CAD softverskih paketa kao što su npr. I-DEAS, Catia, Solidworks, Pro/Engineer itd.
2. **Konvertovanje u STL format.** Izrađeni čvrsti ili površinski model se pretvara u takozvani STL (*STereoLitography*) fajl format, koji je standardan za RP izradu.
3. **Provjera i priprema.** Poseban softver analizira poligonalni model i pretvara ga u niz poprečnih presjeka stvarajući odgovarajuće slojeve koji će se izrađivati.
4. **Izrada.** Kod većine RP sistema, ovaj korak je potpuno automatizovan i izvodi se nekom od tehnologija kao što su Stereolitografija- SLA, modeliranje topljenog materijala- FDM, selektivno lasersko sinterovanje- SLS, 3D štampa- 3DP, proizvodnja laminarnih objekata- LOM itd.
5. **Postprocesiranje.** Nakon stvaranja izradka, sa njega se uklanja zaostali, neželjeni materijal, brusi se ili polira, kako bi se dobilo željeno stanje površine.

¹ Željko Raičević dipl.maš.ing, Centar za stručno obrazovanje Podgorica, zeljko.raicevic@cg.yu

² Prof.dr Radomir Vukasojević, Mašinski fakultet u Podgorici, e-mail vukas@cg.ac.yu



Slika 1 Shema procesnog lanca brze izrade prototipova

Tehnike RP se zasnivaju na principu izrade predmeta, sloj po sloj. Uobičajeno je da se svaki presjek izrađuje u ravni, tačka po tačka, međutim kod nekih tehnologija se cio poprečni presjek izrađuje odjednom, čime se dobija na brzini.

Postupci brze izrade se najčešće dijele na tri glavne kategorije: brza izrada prototipova- rapid prototyping, brza izrada alata- rapid tooling i brza proizvodnja- rapid manufacturing. S obzirom na osnovne fizičke i hemijske principe RP tehnologija, prototipovi mogu biti izrađeni: tečnim, čvrstim i praškastim materijalima. Kriterijumi za izbor postupaka brze izrade prototipova zavise od faktora kao što su: složenost, veličina i vrijeme. Savremene tehnologije su se probile u industriju, iskazanim prednostima i uštedama u raznim kategorijama, naročito kada su u pitanju vrijeme, novac, kvalitet, produktivnost i uspjeh.

U osnovi sve tehnologije aditivnih procesa omogućavaju izradu bez granica u geometrijskim slobodama. To je značajna prednost RP tehnologija u odnosu na subtraktivne. Brzina izrade u poređenju sa standardnim proizvodnim metodama je mnogo sporija. Prema nekim procjenama, postojeće metode masovne proizvodnje su 10 do 1000 puta brže [2]. Kvalitet površine i tačnost se takođe ne mogu porediti sa konvencionalnim tehnologijama, zato su kod RP tehnologija neophodne dodatne operacije, kao što su uklanjanje dodataka i završna obrada.

3. IZRADA ČVRSTIH OBLIKA SLOBODNE FORME ZAVARIVANJEM

Korišćenje zavarivanja za kreiranje slobodnih trajnih oblika je ustanovljeno 1960-tih pod nazivom procesa oblikovanja zavarivanjem (kompanije Krupp, Thuysen and Shulz). Ovaj pristup je predstavljao zavarivačku tehniku za izradu velikih komponenata proste geometrije. Drugi procesi u ovoj oblasti su realizovani pod nazivom oblikovanje topljenjem koji su korišćeni za izradu velikih komponenata od austenitnih materijala (Babcock & Wilcox Company). Konceptualne ideje izrade čvrstih oblika, kombinovanjem operacija zavarivanja sa glodanjem na 5-osnim CNC glodalicama, prezentirane su 1998. godine.

Jedan od razvijenih sistema za direktnu izradu metalnih djelova je poznat kao nanošenje mikro-livenjem MD- *micro-casting deposition* [3] koji koristi tehnike termalnog rasprašivanja za izradu 3D struktura od više materijala proizvoljne geometrijske složenosti. Naprednija tehnika brze izrade prototipova je oblikovanje površina nanošenjem SDM- *shape deposition manufacturing*. Proizvodnja SDM kombinuje nanošenje materijala sa procesima skidanjem materijal za izradu metalnog objekta proizvoljno složene geometrije.[4] Kod SDM tehnologije, svaki sloj se nanosi korišćenjem procesa mikro-livenja. Strategija SDM proizvodnje počinje dekompozicijom CAD modela u kompaktne sastavne djelove. Kod ovog procesa rastopljene kapljice koje se stvaraju u plazma luku zavarivanja, imaju dovoljno toplote da rastope podsloj materijala, približno 10 mikrona dubine. Kretanjem aparature nanose se redovi kapljica, koje formiraju sloj. Nakon što se nanese prvi sloj, 5-osna CNC glodalica skida neželjeni materijal formirajući željenu čistu površinu sloja, čime se omogućava stvaranje složenih 3D objekata sa glatkom površinom bez stepenastih prelaza. Proces uklanjanja materijala CNC obradom, obezbjeđuje stepen preciznosti koji ne bi moga biti dostignut sa postojećim SFF tehnologijama. U cilju sprečavanja stvaranja zaostalih napona dio prolazi kroz stanicu za oslobađanja od napona. U završnom koraku, dio se vraća u stanicu za mikro-livenje gdje se ugrađuju dodatni noseći materijali. Dok se kod većine RP metoda dio oblikuje slaganjem relativno velikog broja tankih slojeva, proces SDM može koristiti deblje slojeve. Ovaj proces zahtijeva relativno skupe uređaje i još uvijek nema dovoljno sposobnosti za kontrolu

uniformnosti veličine metalnih kapljica i odnosa njihovog izdvajanja. Osnovni zadaci ovog procesa su: omogućavanje brze proizvodnje visokog kvaliteta, i korišćenje prednosti od ogromne, postojeće CNC infrastrukture glodalica širom svijeta za procese izrade oblika čvrste forme SFF. Posebne aktivnosti su usmjerene ka iznalaženju najefikasnijeg metoda numeričke dekompozicije 3D CAD modela u odgovarajuće slojeve.

Zavarivanje metalom u gasnom luku GMAW- Gas Metal Arc Welding koristi luk između elektrode i područja zavarivanja. Metod je takođe poznat kao MIG- Elektrolučno zavarivanje topljivom žicom u zaštiti inertnog plina ili MAG- Elektrolučno zavarivanje topljivom žicom u zaštiti aktivnog plina. Dostizanje željenog kvaliteta pri GMAW ograničeno je nepravilnostima u procesu nastajanja i odvajanja kapljica pri transferu metala. Kontrola i razumijevanje procesa transfera metala pri zavarivanju je stoga prepoznata kao jedno od glavnih pitanja u kontrolisanju kvaliteta rezultatnog vara i/ili stvaranje sloja metala za brzu izradu prototipova. Zbog značaja ove oblasti za razvoj proizvoda i proizvodnje, veliki broj istraživača i kompanija se bavi nalaženjem optimalnih načina praćenja i kontrolisanja procesa. Precizna kontrola transfera metala omogućava formiranje uniformnog toka kapljica, značajno unapređuje kvalitet zavarivanja, povećava opseg primjenljivosti, i otvara sasvim nove oblasti primjene, posebno u oblasti proizvodnje na bazi kapljica- *droplet based manufacturing*, koja ima preduslova za intenzivnu primjenu za brzu izradu prototipova metalnih djelova i oblaganje sa izvanrednim karakteristikama. Proizvodni procesi na bazi kapljica koriste raspršivače za rasijavanje rastopljenog metala u kapljični tok, a relativnim kretanjem podloge omogućavaju izradu željenog oblika. Proučavanje ponašanja kapljica omogućava razumijevanje detaljne uloge promjenljivih na karaktersitike deponovanih materijala u procesu.

4. KONTROLA TRANSFERA PRI NANOŠENJU

Postojeće metode za kontrolu transfera metala zavarivanjem imaju dva glavna nedostatka: kolebanje tekućeg izdvajanja i neujednačenu veličinu kapljica. Ove metode se oslanjaju na pristup- jedna kapljica po pulsu. Struja, pri kojoj dolazi do odvajanja kapljice, može stvoriti prekomjerno isparavanje zbog pregrijavanja, rezultujući visokom brzinom uticaja, deformisanjem podslojne geometrije, i doprinoseći promjenljivoj zapremini kapljice. Kontrolom izdvajanja kapljica mogu se eliminisati neizvjesnosti vremena odvajanja, koje su povezane sa konvencionalnim metodama, čime se omogućava kontrolisanje veličine kapljice metala. Proces praćenja i kontrole formiranja kapljice se može izvesti digitalnom kamerom high-frame odnosa (preko 1,000 fram-ova u sekundi) sa He-Ne laserom i algoritmom za procesuiranje slike u realnom vremenu. Oprema na PC računaru, omogućava praćenje i kontrolu u realnom vremenu oko 60 kapljica u sekundi.[5] Definisane strujnog impulsa zavisi od zahtijevane dubine prodiranja rastopljene oblasti kao i dopuštenog nivoa izazvane toplote u cilju sprečavanja geometrijske deformacije prethodno nanesenog sloja.

Savremeni sistemi očitavanja i kontrole su u procesu razvoja. Senzori bazirani na foto i laserskoj diodi, kao izvoru svjetlosti, omogućavaju održavanje konstantne dužine luka za vrijeme zavarivanja, što predstavlja jedan od najvažnijih zahtjeva za dostizanje visokog kvaliteta vara. Različita konfiguracija prostora za zavarivanje, različiti geometrijski oblici i njihova lokacija u x-y ravni direktno utiču na uslove prenosa toplote na podlogu.

5. HIBRIDNI PROCESI BRZE IZRADE PROTOTIPOVA

Pored uspjeha u kontrolisanju procesa zavarivanja, procesi brze izrade prototipova bazirani samo na nanošenju zavarivanjem, još uvijek ne pružaju zadovoljavajuću dimenzionu tačnost. Razvijene hibridne mašine za brzu izradu prototipova, bazirane na zavarivanju, sa direktno upravljanim kontrolom rastopljene oblasti i ulazom toplote za svaki naneseći sloj, pružaju mogućnosti izrade metalnih djelova i alata pune gustine, kompleksnih oblika, visoke dimenzione tačnosti i kvaliteta površine. Kompanije sve više postaju svjesne svojih potreba za funkcionalnim prototipovima, djelovima i alatima čija izrada može zahtijevati kombinaciju kako RP tehnologija tako i CNC opremu. U tom cilju se razvijaju hibridni mašinski sistemi za brzu izradu prototipova koji objedinjuju nanošenje zavarivanjem i obradu na CNC glodalici, u cilju direktne izrade metalnih

djelova i alata koji su, geometrijski tačni, sa kvalitetnom spoljašnjom površinom. Ove hibridne mašine omogućavaju proizvodnju metalnih djelova i alata koji su sa visokom čvrstoćom, metalurški vezani, i složene spoljašnje i unutrašnje geometrije. Proces omogućava nanošenje materijala i energije za sjedinjavanje dodatog materijala; a CNC glodalice se koriste za kretanje dijela u X-Y ravni i izradu novog oblika skidanjem materijala.

ZAKLJUČAK

Nove tehnike brze izrade prototipova su u stalnom razvoju. Razvoj globalnog tržišta i stalni zahtjevi za smanjenje vremena do pojave novog proizvoda na tržište primoravaju kompanije da razvijaju prototipove funkcionalnog kvailteta koji mogu biti ispitivani u približno radnim uslovima. Kombinovanje različitih tehnika mikrolivenja i zavarivanja, sa praćenjem i kontrolom procesa, omogućava stvaranje djelova visoke čvrstoće i geometrijske tačnosti. Razvoj hibridnih centara baziranih na zavarivanju, sa stalnom kontrolm prodiranja rastopljene oblasti i ulaza toplote za svaki naneseeni sloj omogućava stvaranje mašina za brzu izradu prototipova koje su sposobne za izradu metalnih djelova i alata pune čvrstoće i složenih oblika sa visokom dimenzionom tačnošću i kavlitetom površine.

Literatura:

- [1] Kochan, D. And Chua, C.K., „Solid freeform manufacturing – Assessments and improvments at the entire process chain,“ Proceedings of the International Dedicated Conference on Rapid Prototyping for the Automative Industries, ISATA94, Aachen, Germany, 31. Oct to 4 Nov 94.
- [2] Dickens, Phill; Industrial Revolution Rapidly Approaching. Metalworking Production,May4, 2004.
- [3] Weiss, L.E., Prinz, F.B., Adams, D.A., and Siewiorek, D.P., "Thermal Spray Shape Deposition," Journal of Thermal Spray Technology, Vol. 1, 1992.
- [4] R. Merz, F.B. Prinz, K. Ramaswami, M. Terk, and L.E. Weiss, "Shape Deposition Manufacturing," Proc. of the Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin, TX, Aug. 8-10, 1994..
- [5] Kovacevic, R., Jandric, Z., and Wang, H., „Development of welding-based layered manufacturing/repair processes,“ reaserch Center for Advanced Manufacturing (RCAM), Southern Methodist University, Dallas, TX, USA

DEVELOPMENT OF WELDING-BASED METAL PARTS RAPID MANUFACTURING PROCESSES

Summary

Metal parts with good surface quality, dimensional accuracy, and high structural solidity can not be fabricated directly by rapid prototyping technique. Industry have very strong interest for further development of rapid prototyping techniques, or generating new ones, capable for direct fabrication functional metal parts, products or tools. This work will provide information about fabrication of metal parts on laser cladding base with sensing and controlling some processes factors.



Željko Raičević¹
Prof. dr Radomir Vukasojević²

PROCES BRZE IZRADA LASERSKIM OBLAGANJEM NA HIBRIDNIM OBRADNIM CENTRIMA

Rezime

Uobičajene tehnike brze izrade prototipova nijesu prikladne za izradu djelova funkcionalnih karakteristika sa dimenzionom tačnošću i visokim kvalitetom površine. U cilju prevazilaženja uočenih nedostataka, u posljednje vrijeme intenziviran je razvoj hibridnih mašina za brzu izradu prototipova baziranih na laserskom oblaganju, sa direktnim upravljanjem, kontrolom doziranja praha, dubinom prodiranja zone toljenja, i ulazom toplote za svaki naneseeni sloj. Ovim radom prikazan je postupak laserskog oblaganja na hibridnim centrima i kontrola sistema za doziranje praha.

1. UVOD

Izrada čvrstih oblika slobodne forme (SFF) pruža nove slobode za izradu djelova koje ne bi bilo moguće uraditi konvencionalnim tehnikama, ipak, kvalitet površine i tačnost djelova ostaju niži. Većina tehnika za brzu izradu prototipova, kao što su stereolitografija SLA, modeliranje deponovanjem topljenog materijala FDM, selektivno lasersko sinterovanje SLS itd, još uvijek koriste materijale sa relativno ograničenom funkcionalnom primjenljivošću i mehaničkom čvrstoćom. Ovo predstavlja jedno od ograničenja za širu upotrebu RP tehnika. Za prevazilaženje problema funkcionalnosti i kvaliteta djelova dobijenih metodama brze izrade istražuju se različite metode direktnog nanošenja metala. Razvijeno je nekoliko SFF metoda za proizvodnju metalnih djelova, kao što su 3D zavarivanje- 3DW, mikro livenje- MC, proizvodnja oblikovanjem nanošenjem- SDM, proizvodnja nanošenjem na bazi lasera- LBAM, i druge hibridne metode sa sličnim osnovnim procesom izrade komponenata, kao što su lasersko oblaganje- LC, oblikovanje metala laserom- LMF, direktno nanošenje metala- DMD, itd. Ovim radom prikazan je postupak laserskog oblaganja kombinovan sa glodanjem, integrisanim na mašinskom centru koji objedinjuje zračenje lasera, napajanje dodatnog materijala i mašinsku obradu.

2. BRZA IZRADA LASERIMA

Procesi izrade čvrstih oblika slobodne forme bazirani su na vrlo sličnim principima, bez obzira da li za osnovni materijal koriste foto-očvršćavajuće tečnosti, praškaste, ili čvrste materijale. Materijali se dodaju, u veoma tankim slojevima na platformi za izradu, i zagrijavaju ili tope pod uticajem laserskog mlaza. U svakom nivou laserski snop generiše obrise dijela koji se stvara topljenjem praškastih čestica, prije nego se platforma spusti i prekrije novim slojem praška. U cilju stvaranja košuljice nanosi se i pritiska novi sloj praška na prethodni.

¹ Željko Raičević dipl.maš.ing, Centar za stručno obrazovanje Podgorica, zeljko.raicevic@cg.yu

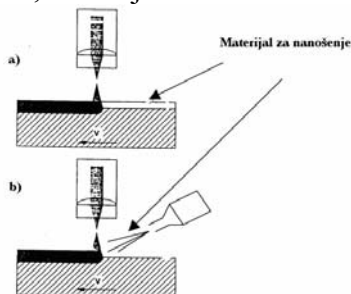
² Prof.dr Radomir Vukasojević, Mašinski fakultet u Podgorici, e-mail vukas@cg.ac.yu

Kod tretmana površine laser zagrijava i/ili topi površinu materijala. Dubina zone uticaja toplote- HAZ zavisi od vremena interakcije lasera i materijala i koncentracije snage lasera. Ako se ove promjenljive povećaju, dubina uticaja se povećava. Stoga, za određenu snagu, topljenje će se dogoditi nakon kritičnog vremena interakcije. Proces izrade čvrstih djelova slobodne forme korišćenjem laserske tehnologije je pogodan za industrijske primjene u određenom opsegu. Za brzu i direktnu izradu malog broja funkcionalnih djelova, bez primjene raznovrsnih proizvodnih procesa, veoma je ekonomična i opravdana brza proizvodnja generisanjem laserom. Korišćenjem izvora laserskog zraka visokog kvaliteta postaje moguće stvaranje vrlo finih struktura.

Kao osnovni materijali za generisanje laserom, u principu, mogu biti korišćeni plastika, metali i keramika. Laserski generisani djelovi izrađeni od plastike mogu zadovoljiti samo određene zahtjeve, zbog toga su istraživanja, mnogo više fokusirana na metalne i keramičke materijale. Posebno su razvijani jedno-fazni kao i više fazni materijali, kod kojih je postignuta tvrdoća dobijenih djelova bliska konvencionalno proizvedenim djelovima.

3. LASERSKO OBLAGANJE

Proces laserskog oblaganja nudi brojne prednosti u poređenju sa drugim procesima laserskog tretmana površine: dobro definisanu oblast zagrijavanja, prilagodljivost automatskim procesima, dobre veze pri topljenju, lako miješanje različite vrste praha u željenom odnosu, visoka produktivnost itd. Phhrah koji se koristi kod laserskog oblaganja je obično metalne prirode, i ubrizgava se u sistem pred-nanošenjem, koaksijalnom ili bočnom mlaznicom (slika 1).



Slika 1 Shema procesa laserskog nanošenja. (a) prednanošenjem; (b) ubrizgavanjem

Procesi laserskog oblaganja zahtijevaju porosječno visoku snagu lasera. Sa samo nekoliko izuzetaka minimalni nivo snage lasera za praktičnu upotrebu je 2 kW [1]. Pouzdani laseri koji imaju dovoljno snage za lasersko nanošenje su CO₂ laseri i Nd:YAG. Laser CO₂ dovoljno je snažan da proizvede debeo sloj u jednom prolazu i najčešće se primjenjuje za oblaganje. Ipak, za oblaganje manjih oblasti na dijelu, pulsirajući Nd:YAG laser je prihvatljiviji izbor zbog bolje kontrole ulaza toplote. Osim toga, talasne dužine Nd:YAG lasera su mnogo prikladnije za obradu metala.

Izbor CO₂ ili Nd:YAG lasera obično je ograničen sistemom za prenos zraka i troškovima po watt-u [2]. Dostavljanje CO₂ zraka se sastoji od seta ogledala koji reflektuju zrak na radni dio. Zrak Nd:YAG lasera može biti proslijeđen na isti način, ali takođe i kablom sa optičkim vlaknom koji može dostaviti energiju lasera na pokretnu oblast, na koju bi to bilo nemoguće sa sistemom ogledala.

Interakcijom između mlaza metalnog praha i lasera, na podlozi ili prethodnom sloju, dolazi do topljenja i stvaranja rastopljene oblasti. Pomjeranjem podloge omogućeno je očvršćavanje rastopljene oblasti i stvaranja traga očvrstnutog metala. Ovo je uglavnom zajednička tehnika, međutim neke izrade uključuju pomjeranje sklopa lasera/ mlaznice preko statične podloge u cilju stvaranja očvrstnutih tragova. Kretanje podloge je vođeno CAD sistemom koji interpolira čvrsti objekat u set putanja, koje stvaraju željeni dio na kraju trajektorije.

Procesi laserskog oblaganja LC- *Laser Cladding* zahtijevaju procedure za generisanje podataka putanje alata za izradu 3D slojeva na 5-osnim NC mašinama. Podaci o putanji se stvaraju specijalnim CAM softverom sa automatskim generisanjem 3D putanje, koji uključuju podatke o koordinatama pozicija (X, Y, i Z) za svaki sloj i ugao rotacije (A, C) okretnog stola. Za vrijeme glodanja mogu biti urađeni mali radijusi i žljebovi. Međutim, naknadne dorade mogu predstavljati i

dodatne izvore grešaka na dijelu. Završni radovi se u nekim slučajevima obavljaju glodanjem ali obično se djelovi obrađuju električnim pražnjenjem EDM. Glodanje urađenog dijela poslije procesa izrade laserskim oblaganjem, pokazuje neka ograničenja, koja se susrijeću pri konvencionalnom glodanju. Obradivanje dijela nakon završetka oblaganja utiče na povećanje vremena i rada, ali je ograničano i njegovom geometrijom.

4. HIBRIDNI MAŠINSKI CENTRI

Za prevazilaženje potreba za dodatnim mašinskim alatima porasli su zahtjevi za kombinovanjem mašinskih centara, kod kojih se glodalice za obradu pri visokim brzinama HSM opremaju laserom. Stvaranjem hibridnog mašinskog centra omogućava se izmjenljivo lasersko oblaganje i glodanje 3D metalnih djelova po slojevima. Obradni centar u toku izrade sloja ima sledeće korake: formiranje oblika bliskog konačnom laserskom oblaganju, završno glodanje unutrašnjih i spoljašnjih granica obrađivanog sloja i poravnavanje sloja u cilju dostizanja predviđene debljine sloja. Ovakvi hibridni koncepti mašina omogućavaju da se djelovi generišu sa visokom tačnošću. Za realizaciju hibridnog procesa laserskim oblaganjem i visokom brzinom, konvencionalna peto-osna glodalica se oprema laserskom mlaznicom za oblaganje i jedinicom za napajanje prahom. Mehaničke karakteristike, u smislu brzine i krutosti, su ograničene procesom glodanja, dok je laser bezkontaktni alat. Brzina zavarivanja zavisi od količine praha koji se dodaje mlaznicom za lasersko oblaganje.

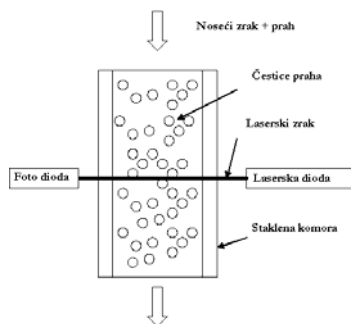
Budućnost hibridnih centara za brzu izradu prototipova će zavisiti od primjene robota, automatske zamjene gorionika, gorionika sa odgovarajućim napajanjem žicom, obezbjeđenja uslova za korišćenje žice različitog prečnika kao i različitog materijala, izvora praha za zavarivanje za različite procese itd.[3]

5. PRAĆENJE I KONTROLA DOZIRANJA PRAHA

Za lasersko oblaganje i glodanje visokom brzinom na mašinskom centru se instalira komercijalni stabilni sistem kontrole i upravljanja napajanja prahom. Sa više jedinica za napajanje moguće je mijenjati materijal za oblaganje tokom procesa, ili čak miješati različite materijale, sa nezavisnim definisanjem odnosa regulisanja napajanja. Prah se, do radne zone, transportuje nosećim gasom (npr. argon) kroz anti-statičku cijev. Cijela jedinica sistema za napajanje se u potpunosti integriše u CNC kontrolni sistem mašinskog centra. Pouzdano kontrolisanje distribucije praška značajno unaprijeđuje performanse 3D laserskog oblaganja. Napajač je opremljen elektronskim kontinuiranim mjerenjem težine metalnog praha unutar lijevka, koje se koristi za promjenu težine kao povratne informacije kontrole odnosa distribucije praha. Slaba učestalost uzorkovanja može da naruši ravnomjeran odnos dostave.

Optičko-elektronski senzori omogućavaju očitavanje odnosa dostavljanja metalnog praha u realnom vremenu. Senzor se sastoji od laserske diode, foto diode i staklenog prozora. Komponente se instaliraju tako da laserski mlaz, emitovan iz laserske diode, prolazi kroz praškasti tok, koji protiče kroz staklenu komoru, i hvata se foto diodom (slika 2).

Definisanjem brzine rotacije puža za doziranje praha, mogu biti dostignuti različiti odnosi doziranja. Prikupljanje podataka o signalu sa senzora se procesira na PC računaru. Prosječna izlazna voltaža senzora pokazuje skoro linearan odnos prosječnog odnosa doziranja praha u opsegu od 3-22g/min. U većini aditivnih proizvodnih procesa baziranih na laseru- LBAM, odnos doziranja praha je ispod 15 g/min.[4] U ovom opsegu, senzor pruža dobru osjetljivost i karakteristike povratne informacije za kontrolu brzine okretanja puža za napajanje. Očitani signal odnosa doziranja praha sa senzora se koristi kao povratna informacija za kontrolu brzine rotacije puža napajanja. Očitavanje u realnom vremenu, sa višom učestalošću uzorkovanja, omogućava dozeru praha mogućnost poboljšanja uniformisanosti kontrolisanija i distribucije praha.



Slika 2. Senzor odnosa doziranja praha

Savremeni regulatori doziranja praha uzimaju u obzir težinu cijelog dozera, i očitavaju odnos doziranja opto-elektronskim senzorom. Brzina motora se kontroliše na bazi povratne informaciji sa težinske vage i opto-elektronskog senzora sa ciljem stabilnog odnosa doziranja praha. Za formiranje sklopa za kontrolisanje višestrukog sistema za doziranje praha može biti povezano više regulatora sa centralnim PC kompjuterom. Svaki regulator kontroliše jedan dozer praha. Željeni odnos doziranja za svaku vrstu praha se kontroliše sa centralnog PC u realnom vremenu.

ZAKLJUČAK

Uspješno reagovanje na stalne promjene globalnog tržišta zahtijeva brzi razvoj proizvoda. U poslednjih dvadeset godina intenzivno se razvija upotreba laserske energije za brzu izradu prototipova, proizvodnju i izradu alata. Moguće je postojeću mašinsku opremu, sa određenim izmjenama, prilagoditi procesima laserskog oblaganja kombinovano sa glodanjem visokim brzinama. Koncept hibridnih mašina redukuje probleme pozicioniranja i nivelisanja dijela i omogućavaju izradu modela ili proizvoda kombinovanjem više materijala. Na ovaj način mogu biti izrađeni djelovi visoke čvrstoće i tvrdoće površine bez toplotnih tretmana.

Literatura:

- [1] Webber, T., Laser material processing, Laser Weld Overlay ISBN 0-8247-9714-0 pp. 231-255 USA 1996
- [2] Aaboe Jansen T., Fich Pedersen, T., Application for cladding using a Nd_Yag laser, Conference Proceeding Nolamp 21-22/8 in IAPPANRANTA, Finland, ISBN 951-763-670-9, pp 149-162
- [3] Kovacevic, R., Jandric, Z., and Wang, H., „Development of welding-based layered manufacturing/ repair processes,“ research Center for Advanced Manufacturing (RCAM), Southern Methodist University, Dallas, TX, USA
- [4] Dongming, H., Kovacevic, R., „Sensing, Modeling and Control for Laser-based Additive manufacturing, Int J Mach Tools Manuf v 43 Issue: n 1 January 2003 p 51-60

HYBRID RAPID MANUFACTURING PROCESSES BASED ON LASER CLADDING

Summary

Considering that current rapid prototyping techniques are not appropriated for fabricating parts with functional properties, high dimensional accuracy and surface quality, recently hybrid rapid prototyping machines based on cladding with on line control powder delivery, bead penetration and heat input for each layer have been developed. In this paper we have presented laser cladding technique and powder delivery system control.



FABRICATION OF MEDICAL DEVICES USING RAPID PROTOTYPING (RP) TECHNOLOGIES BASED ON METAL POWDER

M.Dreucean¹, D.I.Stoia

Politehnica University, Timisoara, Romania
dreucean@cmpicsu.upt.ro, ionut@cmpicsu.upt.ro

Abstract

The paper consists of a presentation of the most important techniques of rapid prototyping and the possibilities to use them in the fabrication of medical implants. In order to correlate the quality parameters of a metal part with the requirements of the medical devices a brief analyze of the diversity of medical implant has been developed in the paper. In the end there is concluded a combination of a prototyping method and a type of implant which successfully covers the precision challenges.

1. INTRODUCTION

Because of the human body's diversity, it's impossible to build a mechanical system for substitution, fixation or consolidation which fits in every case. Therefore, customized medical devices (implants, prostheses) are more and more present in the engineers' concern. The actual technological problem is to identify the best manufacturing technology from the available ones.

The Rapid Prototyping concept used in the fabrication of the medical devices becomes more and more important. The highlight points of the RP techniques consist in: fabrication flexibility; infinite diversity of the shapes; considerably reducing the "CAD to metal" time and a low rate of material waste;

For all of these reasons, the rapid prototyping techniques start to play a major role in customization of the medical devices.

2. PRESENTATION OF THE METHODS USED FOR RP WITH METAL POWDER

In order to develop new products with very complex cavities and surfaces in a short time, the Rapid Prototyping technique can be used. In the traditional way, prior to building a complex surface product one has to build the tool. With rapid prototyping technique it's possible to build solid parts directly from the 3D models in a relatively short time. There are several rapid prototyping techniques, able to use metal powder in the fabrication process: Selective Laser Sintering (SLS), Selective Laser Melting (SLM), Fused Deposition Modeling (FDM) and Electron Beam Melting (EBM).

2.1. Electron Beam Melting (EBM) process

The EBM process uses an electron beam to melt the metal powder in a layer-by-layer process to build the physical part (figure 1). The vacuum environment in the EBM machine protects the chemical composition of the material and provides an excellent environment for building parts with reactive materials such as titanium alloys. The electron beam's high power ensures a high rate of deposition and an even temperature distribution within the part, which gives a fully melted metal with excellent mechanical and physical properties. The EBM process is ideal for applications where high strength or high temperatures are required: rapid manufacturing of medical implants and a range of products for the aerospace and automotive industries.

¹ Mircea Dreucean, Politehnica University of Timisoara, tel. 0040-256-403637, e-mail: dreucean@cmpicsu.upt.ro

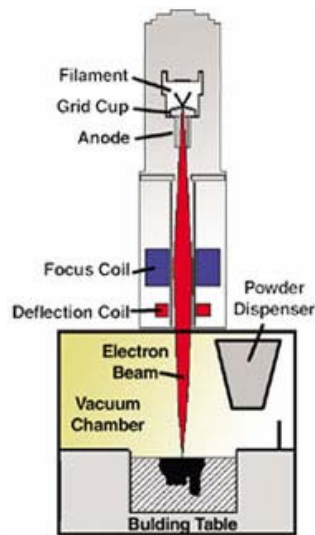


Fig. 1 Electron Beam Melting process

In contrast to laser sintering (SLS), the electron beam fully melts the metal particles to produce a void-free part. The process occurs in a high vacuum, which ensures the part is completely solid, without imperfections caused by oxidation. Titanium parts created on the system are accurate near-net shape and are heat treatable. The layer thickness is in the range of 0.05 to 0.2 mm. The resulting parts are comparable to wrought titanium and better than cast titanium, with a 95 percent powder recovery yield. The process uses a high power electron beam that is 95 percent efficient - 5 to 10 times more so than a laser beam. This efficiency results in the creation of parts 3 to 5 times faster than other metal additive-fabrication methods, and it uses only 7 kW of average power. With laser-based systems, like sintering, 95 percent of the light energy is reflected by the powder rather than absorbed, significantly reducing efficiency. Medical product manufacturers can benefit from the parts' high flexural strength for bone implants requiring cycle life exceeding 10 million cycles. [1], [4]

2.2. Selective Laser Sintering (SLS) process

The SLS rapid prototyping process (figure 2) uses the heat of a CO₂ laser to “sinter” or melt powdered thermoplastic materials (or thermoplastic binders in high temperature resistant powdered materials such as ceramics and metals) in layers of 0.07 to 0.15 mm. The laser is guided across the part bed by a scanning system and “selectively” sinters or melts the material based on cross-sectional slice information of the 3D CAD data file. The part or parts are built in an atmosphere that controls the thermal distribution and thus requires very little laser power to sinter the material. The powder in the build chamber acts as a support for the part during fabrication and thus no additional support structure is required. SLS is able to produce parts with tolerances and detail similar to stereolithography, but with the added advantage of strength. [1], [6]

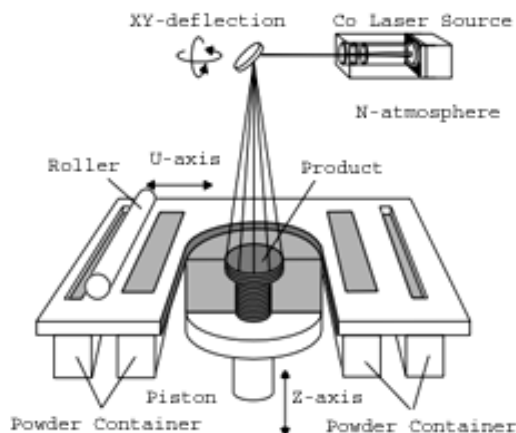


Fig. 2 Selective Laser Sintering process

General characteristics of the process:

- Process capabilities: stainless steel, titanium or cobalt chrome alloys
- Design flexibility: produces highly complex geometries and features

- Excellent surface finish ranging from 5-10 $\mu\text{m Ra}$
- Excellent machinability after the building process
- The surface hardness as high as 20 HRC

2.3. Fused Deposition Modeling (FDM) process

FDM is an additive process which works by extruding a tiny molten bead of polymers or metal, and drawing the layers of the model (figure 3). The first steps (3D modeling and STL format conversion) of the process are identical to SLS and EBM methods. The method is able to use a large range of materials, from polymers to metals. Generally, FDM machines are very fast. Because FDM parts are made of actual engineering materials, they don't need postcuring procedure. The process use two different materials when building parts: the modeling material and the support material. The support material is non-fusible so, no bindings with the part are occurring. For polymeric modeling material water-soluble support materials are available. The major problem with the support material is the granulation, because the grains sizes are transposed on the part surface. Tiny parts can be an issue for FDM method, but as long as we keep the expectations reasonable. [1], [7]

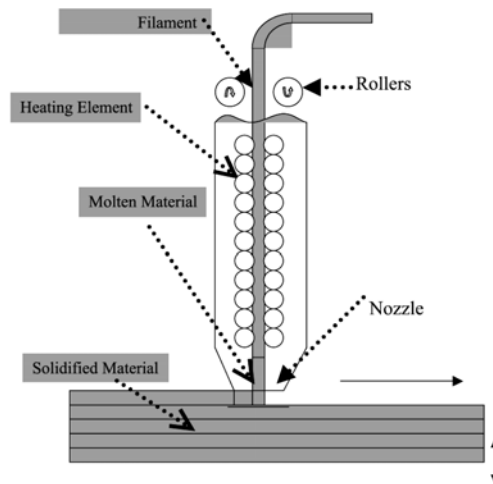


Fig. 3 Fused Deposition Modeling (FDM) process

Characteristics of the process:

- Materials compatible with the FDM process: ABS, Polycarbonate, PC-ABS, food-grade ABS, metals.
- Dimensional tolerances in XY plane are ± 0.13 mm for the first 20mm, and ± 0.05 mm for each additional millimeter.
- In the Z axis (vertical), standard tolerances of ± 0.25 for the first 20mm, and ± 0.005 mm on every millimeter thereafter.
- Layer thickness resolution: 0.25 mm
- Minimum wall thickness is 0.50 mm
- 80% part density

The Fused Deposition Modeling is ideal when used with polymeric materials like high density polyethylene (HDPE).

2.4. Selective Laser Melting (SLM) process

The SLM process is very similar with the EBM process. In the process, the metal powder is locally melted by an intensive infrared laser beam that traces the layer geometry. The parts are built layer-by-layer with a thickness up to 30 μm , depending on metal powder type. The finest details, like thin vertical walls, are less than 100 μm in thickness. Directly after the production process the manufactured parts are showing a surface roughness of approx. 10-30 μm . [5]

3. IMPLANTS CLASSIFICATION AND PRECISION ITEMS

Rapid prototyping is impacting medicine in several important ways. The most obvious application is as a means to design and develop medical devices and instrumentation. The quality of a product, medical

implant in our case, can be evaluated using several parameters. In order to define a relation between the precision level of a medical product and the technology needed to produce it, several types of implants have been studied.

3.1. Substitution Implants

The best example of substitution implants is the skull reconstruction plate. Technologically, there are several possibilities to manufacture the reconstruction plate: bending (stamping) with a special shape tool; by milling a large metallic piece; by permanent mold casting; by using a rapid prototyping technique. The fastest and the most economical technology for this kind of implant seem to be the rapid prototyping. The implant shown in figure 4 has been developed by using a rapid prototyping machine with an Electron Beam Melting (EBM) working principle [4]. The geometry, the accuracy of the dimension and surface roughness of the plate are not very important. The only important characteristic is the shape precision which can influence the physical assembling between plate and host bone tissue. The plate has one large complex surface “1” build with the same technological expectations as all its other parts. Regarding its manufacturing, this implant doesn’t need further or final machining. Due to its simplicity, the implant can be successfully built by fused deposition modeling technology (FDM).



Fig.5 Reconstruction Skull Plate

3.2. Joint replacement prostheses

A joint prosthesis involves the assembling of several distinct parts. For example, the shoulder prosthesis includes three major components (figure 6): head, adaptor and stem. The entire product is made by the assembling of these three parts which result from a rapid prototyping process.

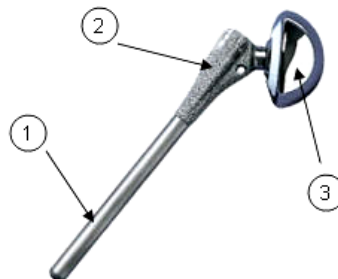


Fig.6 Shoulder replacement prosthesis

Selective laser sintering method (SLS) is used successfully in fabrication of shoulder prostheses. The stem component “1” is build using the SLS method and keeps up with its technological requirements: high density, shape precision, geometry and surface roughness. This part of the prosthesis does not need further machining processes.

The second part of the prosthesis, the adaptor “2”, requires a high surface roughness which serves the osteointegration. The high roughness results from SLS method and derives by sinterising metal powder. For this reason, the SLS is the best technology to use in this case.

The last part, the head “3”, is the most challenging part because it needs to be assembled together with the socket. A very important requirement is the geometrical deviation of the semi sphere and for this reason this part of the shoulder prosthesis needs further machining processes like turning and final grinding.

Another application of the SLS rapid prototyping technology is the manufacturing of artificial disk prostheses (figure 7) and vertebrae. The artificial disk has a complex structure involving metal and nonmetal parts. The superior “1” and inferior plates are easy to build in the classical way using machining processes. The problem is to build the small sharp edges “2” which involve a lot of material waste. Therefore, the best technology in this case is the SLS. The core of the disk is made by polyethylene and it can be easily

fabricated with FDM technology. In the case of vertebral body degeneration, an artificial vertebra can be made using SLS technology. Because of the complicated anatomic shape of the vertebra (figure 8) the SLS technology seems to be the only available one. [2]



Fig.7 Artificial disk

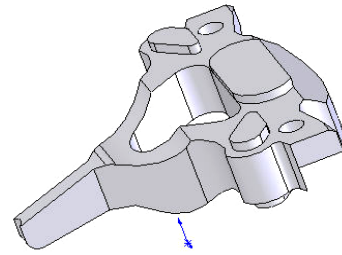


Fig.8 Cervical vertebrae

3.3. Orthopedic fixation plates

In the same manner as the substitution implants, the orthopedic fixation plates (figure 9) consist of one single hard metal piece. With a simple shape and without high dimensional challenging, the orthopedic plates can be made in various ways: by classical machining processes like contour cutting, milling, and drilling; by wire electro-erosion process (EDM) or by one of the rapid prototyping methods. [3]

In orthopedic plates, two surface types are identified. The first one “1” is the external surface of the implant which serves to binding the bone fragments. The most important feature of the surface is its roughness. The roughness is desirable to be as high as possible for a good osteointegration if the implant is a permanent one. The surface “2” consists of a cylindrical through hole and a countersink edge. The hole must fit with the conjugated screw so the countersink has to be large enough to engulf the screw head.

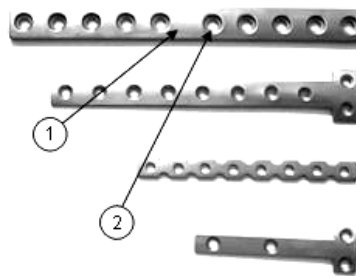


Fig.9 Orthopedic plate implant

In order to obtain the desirable surfaces, selective laser sintering method can be successfully used. By using the SLS method, both contour shape and fixation holes are possible to build. The large surface does not need final machining processes, a manual sanding or a chemical polish is sufficient. This is not the case of the countersink, which requires a final machining operation.

The presented studies lead us to a correlation between the precision levels required in medical devices and several evaluation parameters (table 1). The presented correlation helps to establish the prototyping technology used in medical implants and prostheses manufacturing.

Table 1.

Precision levels (W*)	Geometry	Shape precision	Dimensional accuracy	Surface roughness	Density precision
W1		X			
W2		X			X
W3	X	X		X	X
W4	X	X	X	X	X

* W1=low; W2=medium; W3=high; W4=very high.

4. CONCLUSIONS

Almost 70% of the entire mass of the medical devices (like implants and prostheses) can be produced with one of the RP methods, without any additional process. The challenging parts of the prosthesis which need dimensional precision, small geometry deviation or high quality surface roughness, requires the use of a classical manufacturing method after the building process. For example, so far there are no RP methods available to produce a piece with the same high roughness class, like classical grinding process.

Taking into account the presented studies, we can establish a correlation between the precision level, implants and prostheses types and rapid prototyping technology (table 2).

Table2.

Fabrication requirements (precision levels)	RP Technologies	Implants/prostheses items	Examples
W1	FDM	Substitution implants	Bone replacement structures, cranial, jaw and meniscus implants
W2	EBM	Orthopedic fixation and stabilization implants	Maxillofacial plates, sine stabilization rods and cages, external fixators, orthopedic and dental implants
W3	SLS	Joint replacement prostheses (partial or total)	Hip, knee, shoulder, elbow, intervertebral disc prostheses
W4	EBM	Functional total prostheses	Lower and upper limb prostheses

The Electron Beam Melting and the Selective Laser Melting methods are the most successfully rapid prototyping techniques, used for metal parts fabrication. Due to the high power beam (electronic or laser) developed in the process, the EBM and SLM techniques provide the best results using materials like stainless steel, titanium or cobalt chrome alloys.

5. REFERENCES

- [1] Rapid Prototyping Technology: Selection and Application By Kenneth G. Cooper Published CRC Press, 2001
- [2] Spine Technology Handbook by Steven M. Kurtz, Avram Edidin Academic Press, 2006
- [3] Aesculap implantate und Instrumente zur Osteosynthese – Prospekt O-063-01 194/3
- [4] <http://www.arcam.com>
- [5] <http://www.mcp-group.com/rpt/rpttslm.html>
- [6] <http://www.crdm.co.uk>
- [7] <http://www.quickparts.com/encyclopedia/>



MODELIRANJE TEMPERATURE REZANJA I MAKSIMALNE VISINE NERAVNINA OBRAĐENE POVRŠINE PRIMENOM ADAPTIVNIH NEURO-FAZI SISTEMA

D. Tanikić¹, Z. Stević², M. Manić³

Rezime

Temperatura rezanja ima veliki, po pravilu negativni, uticaj na parametre procesa obrade rezanjem i zavisi od velikog broja faktora. Sa druge strane hrapavost obrađene površine je jedan od najznačajnijih kvalitativnih pokazatelja ovog procesa, pa se ova dva parametra ne mogu izostaviti pri modeliranju procesa obrade rezanjem. Zbog izuzetne kompleksnosti samog procesa rezanja, matematičkom formulacijom nije moguće obuhvatiti sve relevantne faktore i njihov uticaj, pa je u ovakvim slučajevima korišćenje, sistematizacija i obrada podataka dobijenih eksperimentalnim putem mnogo efikasnije. Za ovu svrhu, u današnje vreme, sve češće se koriste sistemi zasnovani na veštačkoj inteligenciji. U radu je prikazana mogućnost modeliranja parametara procesa obrade rezanjem (temperatura rezanja i maksimalne visine neravnina) korišćenjem jednog hibridnog sistema, konkretno, korišćenjem neuro-fazi tehnologija.

Ključne reči: neuro-fazi tehnologije, rezanje metala, temperatura rezanja, maksimalna visina neravnina

1. UVOD

Generisanje toplote u zoni rezanja javlja se kao rezultat rada utrošenog na rezanje metala. Ovaj rad se troši kako na plastično deformisanje reznog sloja, tako i na savladavanje trenja koje se javlja na kontaktnoj površini alata i obratka [1]. Toplota generisana u zoni formiranja strugotine, kao i na mestima kontakta alata i strugotine (kao i alata i obratka), direktno utiče na kvalitet obrađene površine, tačnost i proizvodnost procesa obrade kao i na druge fenomene koji se javljaju pri mašinskoj obradi rezanjem (formiranje naslaga na reznom klinu alata (engl. BUE – Built Up Edge), otvrdnjavanje obratka, plastičnu deformaciju sečiva, gubljenje reznih sposobnosti alata i njegovog zatupljenja, deformisanje predmeta obrade, itd...) [2]. Količina generisane toplote pri mašinskoj obradi rezanjem, ekvivalentna je utrošenom radu i mehaničkom toplotnom ekvivalentu [3], u obliku:

$$Q = \frac{F_z V}{E} \quad (1)$$

gde su: Q – količina toplote koja se generiše pri rezanju, $F_z V$ – utrošeni rad za rezanje, E – mehanički toplotni ekvivalent.

Toplotni balans pri rezanju metala može se izraziti jednačinom:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (2)$$

gde su: Q – ukupna količina toplote generisana pri rezanju, Q_1 – količina toplote koja se odnosi sa strugotinom, Q_2 – količina toplote koja ostaje u reznom alatu, Q_3 – količina toplote koja prelazi u obradak, Q_4 – količina toplote koja radijacijom prelazi u okolni vazduh.

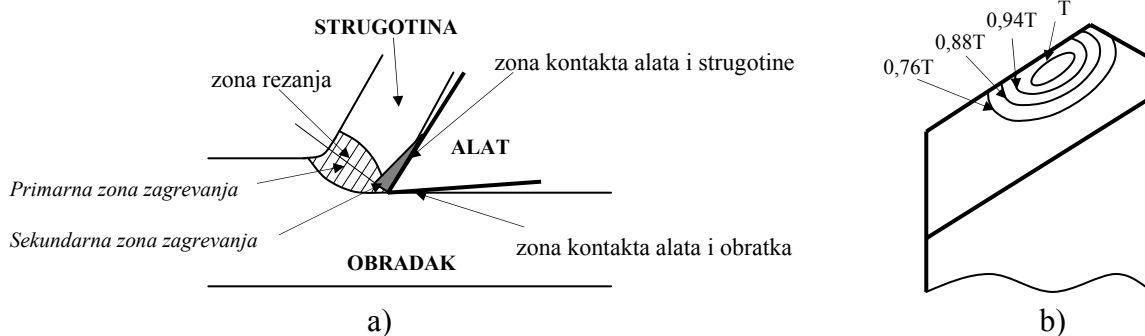
¹ Dejan Tanikić, Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beogradu, tel. +381 30 424 555, e-mail: dtanikic@tf.bor.ac.yu

² Zoran Stević, Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beogradu, tel. +381 30 424 555, e-mail: zstevic@tf.bor.ac.yu

³ Miodrag Manić, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, tel. +381 18 588 255, e-mail: mmanic@masfak.ni.ac.yu

Prema literaturi [3], od 60-86% ukupne količine toplote biva odneseno sa strugotinom (procenat raste sa porastom brzine rezanja). Teorijski, pri struganju se razlikuju tri zone u kojima se generiše toplotna energija (Slika 1 a)), [4]:

- zona rezanja (ravan smicanja)
- zona kontakta alata i strugotine
- zona kontakta alata i obratka

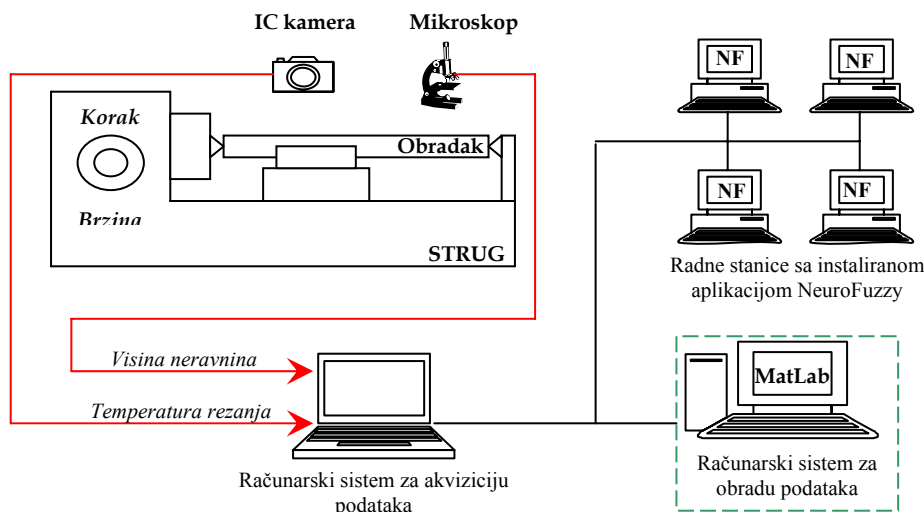


Slika 1 a) Zone zagrevanja pri mašinskoj obradi struganjem
b) Raspored temperatura na reznom alatu

Temperatura zagrevanja pojedinih tačaka reznog alata, prikazana je na Slici 1 b). Sa slike se vidi da je oblast maksimalnog zagrevanja malo udaljena od rezne ivice što teoretski odgovara oblasti maksimalnog habanja alata (odn. oblast maksimalnog habanja alata poklapa se sa oblašću maksimalnog zagrevanja).

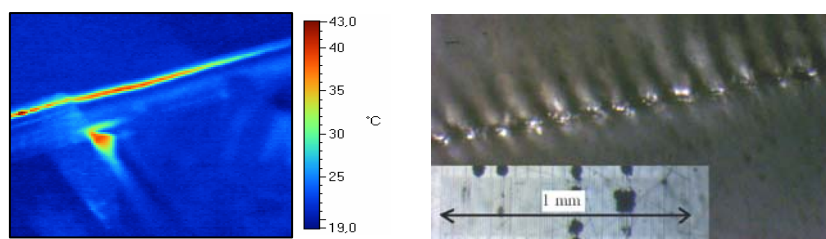
2. REALIZACIJA EKSPERIMENTA

Na Slici 2 šematski je prikazan način povezivanja komponenti i tok informacija jednog obradnog sistema i sa njim povezanog informacionog sistema u kome se vrši obrada dobijenih podataka.



Slika 2 – Šema postavke eksperimenta i procesiranja podataka

U cilju dobijanja relevantnih podataka o temperaturi rezanja iskorišćen je klasični strug tipa US-400 koji se nalazi u radionici fabrike “Prerada metala“ u Boru, Srbija. Rezni alat je strugarski nož, čiji je poprečni presek držača 16x16 mm. Rezna pločica je od tvrdog materijala, oznake P20 koja je lemljenjem pričvršćena za telo noža. Obrada se vrši bez sredstva za hlađenje i podmazivanje. Obradak je u obliku cilindra dimenzija $\phi 34 \times 250$ mm. Materijal obratka je mesing oznake Ms60 (60% bakra i 40% cinka), izmerene tvrdoće od 113 HV. Nakon završene obrade, izmerena je i maksimalna visina neravnina, koristeći optički mikroskop MBS-9, koji je na odgovarajući način povezan sa računarem, pri čemu su dobijene i snimljene slike obrađene površine prikazane na Slici 3.



Slika 3 – Termogram i slika profila obrađene površine

Termovizijska (IC) kamera Wohler IK 21 je ručna, digitalna termovizijska kamera čiji se rad zasniva na nehladenom silicijumskom termoelektričnom linijskom detektoru. Ona formira termalnu sliku merenjem infracrvene radijacije određenog tela. Softver, koji kamera sadrži, vrši neophodnu korekciju pri konverziji termalne slike u odgovarajući termogram (Slika 3), koji predstavlja aproksimaciju tačne temperature snimljenog objekta, ili temperaturnu raspodelu u sceni. Na početku procesa struganja temperatura raste dok ne dostigne neku maksimalnu vrednost oko koje varira za vreme procesa rezanja, pa se merenje vrši nakon izvesnog vremena (oko 60 s) po početku obrade [5].

Geometrijske karakteristike reznog alata (konkretno radijus vrha noža) i korak rezanja veličine su koje, teorijski, definišu visinu neravnina pri mašinskoj obradi struganjem na sledeći način:

$$R_{\max} = r - \frac{\sqrt{4r^2 - s^2}}{2} \quad (3)$$

gde su: R_{\max} [mm] – maksimalna visina neravnina, r [mm] – radijus vrha noža, s [mm] – korak rezanja.

Međutim, stvarna visina neravnina uvek je veća od teorijske. Glavni razlog ove pojave su elastične i plastične deformacije površinskog sloja obratka. Na ovu veličinu veliki uticaj ima i stvaranje naslaga na reznom klinu alata (BUE), kao i stalno prisustvo sila trenja koje utiču na prekidni karakter procesa rezanja [3]. Sa povećanjem brzine rezanja ovaj efekat se skoro u potpunosti eliminiše, pa se stvarna visina neravnina približava teorijskoj vrednosti. Dakle, može se zaključiti da stvarna visina neravnina zavisi kako od geometrijskih faktora, tako i od drugih faktora koji direktno utiču na proces formiranja strugotine, među kojima su najvažniji: brzina rezanja, karakteristike materijala koji se obrađuje, uglovi strugarskog noža, sredstvo za hlađenje i podmazivanje, elastične osobine obratka, stanje reznog alata (oštar ili tup) itd...

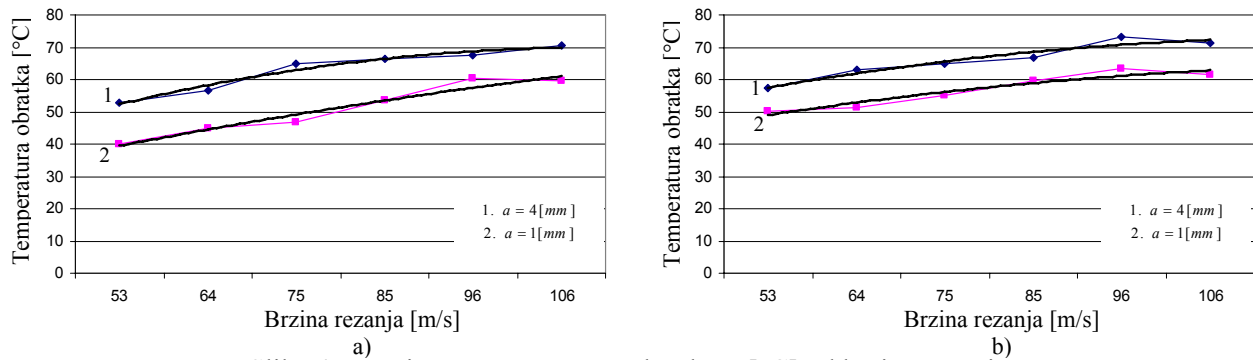
2.1 Rezultati eksperimenta

U cilju modelovanja temperature i maksimalne visine neravnina obrađene površine potrebno je bilo izvesti veći broj eksperimenata, koji se izvode pri različitim režimima obrade. Pored preporučenih podataka koji se dobijaju iz odgovarajuće literature, znanje iskusnog operatera od presudne je važnosti prilikom pravilnog izbora režima rezanja. Usvojeni promenljivi parametri procesa obrade su:

- brzina rezanja V [m/min] (uzima vrednosti od 53, 64, 75, 86, 96 i 106 [m/min])
- korak rezanja s [mm/o] (uzima vrednosti od 0,135 i 0,224 [mm/o])
- dubina rezanja a [mm] (uzima vrednosti od 1 i 4 [mm])

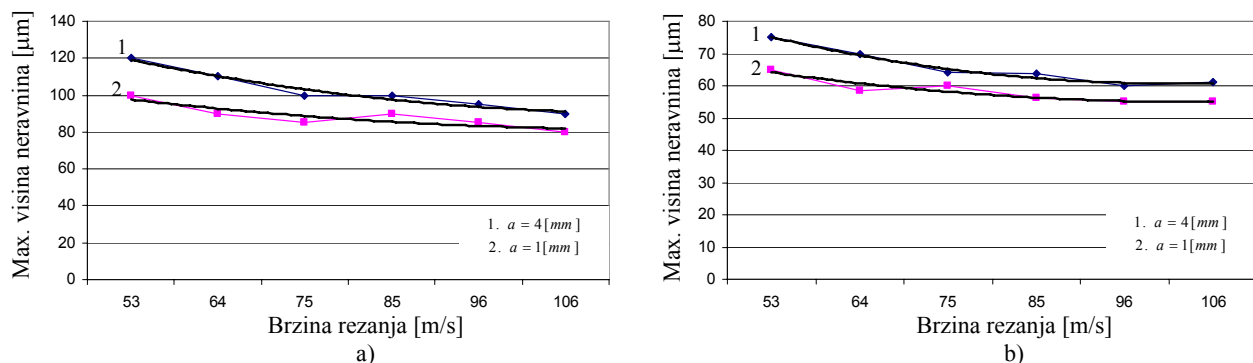
Dakle, ukupni broj eksperimenata je 24, a dobijene vrednosti mogu se iskoristiti za modeliranje i simulaciju (multifaktorni eksperiment, analiza MKE [6] itd...) Poslednjih decenija istraživanja naučnika naročito su usmerena ka primeni sistema zasnovanih na veštačkoj inteligenciji (veštačke neuronske mreže, sistemi koji koriste fazi logiku, genetički algoritmi..., kao i kombinacija ovih sistema). U ovom radu dobijeni rezultati merenja u narednoj fazi se koriste za modeliranje parametara procesa putem adaptivnih neuro-fazi sistema. Komentar dobijenih rezultata dat je u zaključku.

Rezultati merenja temperature obratka i maksimalne visine neravnina dati su na Slikama 4 i 5.



Slika 4 – Zavisnost temperature obratka T [°C] od brzine rezanja

- a) korak rezanja $s = 0,224$ [mm/o]
 b) korak rezanja $s = 0,135$ [mm/o]



Slika 5 – Zavisnost maksimalne visine neravnina R_{max} [µm] od brzine rezanja

- a) korak rezanja $s = 0,224$ [mm/o]
 b) korak rezanja $s = 0,135$ [mm/o]

3. OSNOVI PRINCIPI ADAPTIVNIH NEURO-FAZI SISTEMA

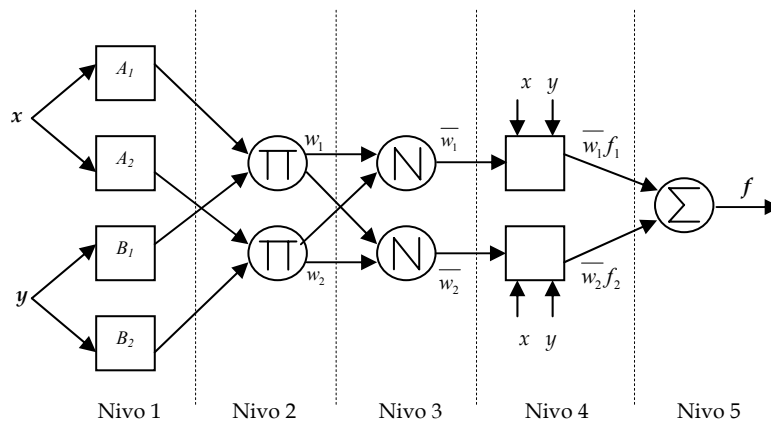
Adaptivni neuro-fazi sistemi predstavljaju specifičnu kombinaciju veštačkih neuronskih mreža i fazi logike i na taj način objedinjuju sposobnost učenja veštačkih neuronskih mreža sa logičkom interpretacijom znanja koja je karakteristika fazi logike [7]. Osnovno pravilo obučavanja adaptivnih mreža zasniva se na gradijentnoj metodi koju je sedamdesetih godina prošlog veka predložio Werbos. Arhitektura jednog neuro-fazi sistema data je na Slici 6. Radi jednostavnosti, pretpostaviće se da sistem ima samo dve ulazne veličine x i y (nivo 1), i jednu izlaznu veličinu z (nivo 5). Dalje, u slučaju prikazanom na Slici 7, baza pravila sastoji od dva fazi **AKO-ONDA** pravila (Takagi-Sugeno tipa), kao što je to prikazano u nivou 2:

Pravilo 1: AKO x je A_1 I y je B_1 , ONDA $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

Pravilo 2: AKO x je A_2 I y je B_2 , ONDA $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Prvi deo fazi pravila (koji se nalazi iza **AKO**) naziva se premisa, dok se drugi deo pravila (iza **ONDA**) naziva konsekvant. Iz arhitekture ANFIS (engl. Adaptive Network Based Fuzzy Inference System) sistema može se zaključiti da se za zadate vrednosti parametara premise izlazna veličina može predstaviti kao linearna kombinacija parametara konsekvanta [8]. Matematički se ovo može predstaviti:

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{w_1}{w_1 + w_2} f_1 + \frac{w_2}{w_1 + w_2} f_2 = \overline{w}_1 f_1 + \overline{w}_2 f_2 = \\
 &= (\overline{w}_1 x) p_1 + (\overline{w}_1 y) q_1 + (\overline{w}_1) r_1 + (\overline{w}_2 x) p_2 + (\overline{w}_2 y) q_2 + (\overline{w}_2) r_2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

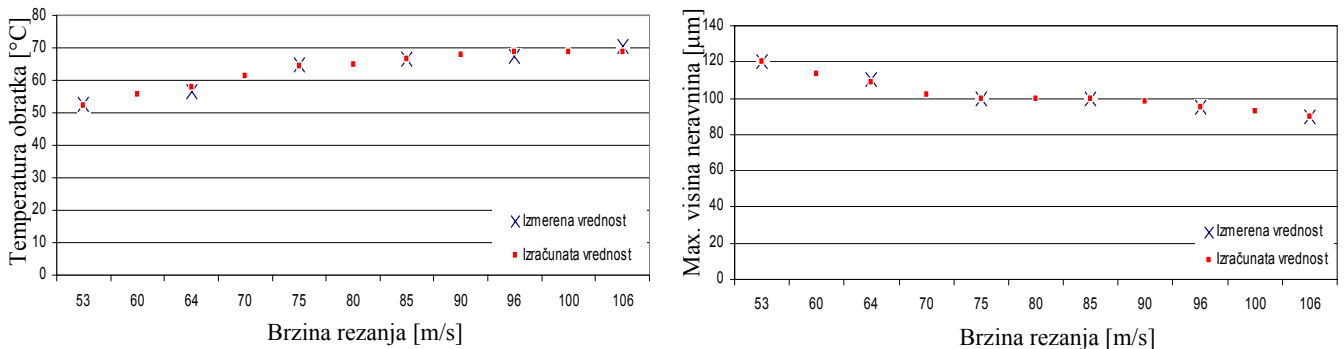


Slika 6 – Arhitektura neuro-fazi sistema

Dakle, u fazi učenja neuro-fazi sistemu se sukcesivno predstavlja veći broj ulaznih i njima odgovarajućih (izmerenih u ovom slučaju) izlaznih podataka. Sistem menja svoje parametre (uči) i nakon faze obuke spreman je za eksploataciju. U fazi korišćenja sistem može da izvrši predikciju pojedinih veličina i to u nekim tačkama koje mu u fazi obučavanja nisu bile predstavljene. Dakle, kaže se da je sistem u stanju da izvrši generalizaciju podataka.

4. NEURO-FAZI MODELIRANJE SISTEMA ZA PREDIKCIJU TEMPERATURE OBRATKA I MAKSIMALNE VISINE NERAVNINA PRI MAŠINSKOJ OBRADI STRUGANJEM

Na računarskom sistemu za obradu podataka instaliran je programski paket Matlab, koji ima modul za obradu podataka koristeći neuro-fazi tehnologije. Na bazi ovog sistema kreirana je odgovarajuća aplikacija (NF – NeuroFuzzy), koja pruža mogućnost postprocesiranja podataka o temperaturi obratka i maksimalnoj visini neravnina obrađene površine, koristeći eksperimentalno dobijene podatke.



Slika 7 – Izmerene vrednosti temperature obratka i maksimalne visine neravnina i izračunate vrednosti (korišćenjem neuro-fazi sistema)

U ovom slučaju ulazne veličine sistema su: brzina rezanja, korak i dubina rezanja. Izlazne veličine su: temperatura obratka i maksimalna visina neravnina (pošto se neuro-fazi sistemom modelira po jedna izlazna veličina kreirana su dva nezavisna sistema). Nakon uspešno završenog obučavanja, neuro-fazi sistem je izvršio generalizaciju podataka, i u polju koje je modelirano, mogu se predvideti podaci o temperaturi rezanja i maksimalnoj visini neravnina, bez ikakvog merenja i proračunavanja. Rezultati probnog rada sistema prikazani su na Slici 7. Sa prikazanih slika se zapaža veoma dobro poklapanje izmerenih i izračunatih (predviđenih neuro-fazi sistemom) podataka. U ovom slučaju broj ogleda bio je relativno mali, ali bi se sa povećanjem broja ogleda tačnost sistema značajno poboljšala. Predstavljena aplikacija može se koristiti kako u fazi pripreme za proizvodnju tako i u fazi same proizvodnje. Naročito je značajna mogućnost interaktivne komunikacije operatera sa neuro-fazi sistemom na taj način što je otvorena mogućnost ažuriranja baze podataka, odnosno, implementacija novih podataka u već postojeći sistem i njegovo obučavanje zajedno sa novim podacima. Na ovaj način neuro-fazi sistem tokom dužeg perioda korišćenja postaje tačniji a dijapazon korišćenja se stalno širi (odnosno neuro-fazi sistem stalno “uči”).

5. ZAKLJUČAK

Kao što je očigledno sa Slike 4, pri nepromenjenoj vrednosti koraka i dubine rezanja, temperatura obratka raste sa porastom brzine rezanja. Takođe, sa porastom dubine rezanja (pri ostalim istim režimima rezanja) raste sila otpora rezanja, a samim tim i temperatura zagrevanja grudne površine reznog alata i obratka. Što se koraka rezanja tiče, njegov uticaj na promenu temperature obratka, za ovakvu postavku eksperimenta, bio je najmanji.

Posmatrajući dijagrame na Slici 5 može se zaključiti da se pri konstantnoj vrednosti koraka i dubine rezanja maksimalna visina neravnina smanjuje sa porastom brzine rezanja. Ovo se može objasniti pojavom smanjenja formiranja naslaga na reznom klinu alata sa povećanjem brzine rezanja. Takođe se može zaključiti da sa povećanjem dubine rezanja raste i maksimalna visina neravnina. Konačno, maksimalna visina neravnina u najvećoj meri zavisi od koraka i , kao što to pokazuju i teorijska i geometrijska razmatranja, smanjuje se sa smanjenjem koraka.

U sledećoj fazi, koristeći podatke dobijene eksperimentalnim putem i koristeći neuro-fazi tehnologije, izvršeno je modelovanje opisanog sistema, tako da se za neke nepoznate vrednosti ulaznih parametara može predvideti ponašanje sistema (tj. da se unapred izračuna očekivani odziv sistema). To je vrlo bitno kako sa mašinske, tako i sa ekonomske strane. Sa mašinske tačke gledišta, uvek je bitno da se pre izvođenja određene operacije struganja ima u vidu koji se rezultati mogu očekivati, pa u skladu sa njima birati alat, glavnu i pomoćnu opremu, kao i režime rezanja. Sa ekonomske tačke gledišta prethodno poznavanje očekivane temperature rezanja i kvaliteta obrađene površine veoma je značajno jer se bez nekih značajnijih troškova, na osnovu poznatih ulaznih parametara, može na jednostavan način dobiti očekivani rezultat, pa sa tim u vezi i proračunati ukupni očekivani troškovi proizvodnje.

Rad je rezultat realizacije Projekta br. 223002 u okviru Nacionalnog programa energetske efikasnosti Republike Srbije

LITERATURA

- [1] M. B. da Silva, J. Wallbank, *Cutting temperature: prediction and measurement methods – a review*, Journal of Materials Processing Technology 88 (1999), 195-202
- [2] T. Childs, K. Maekawa, T. Obikava, Y. Yamane, *Metal machining – theory and applications*, Arnold, a member of the Hodder Headline Group, 338 Euston Road, London NW1 3BH Great Britain, 2000
- [3] V. Arshinov, G. Alekseev, *Metal cutting theory and cutting tool design*, Mir Publishers, Moscow, 1979
- [4] D. O'sullivan, M. Cotterell, *Temperature measurement in single point turning*, Journal of Materials Processing Technology 118 (2001), 301-308
- [5] P. Kwon, T. Schiemann, R. Kountanya, *An inverse scheme to measure steady-state tool-chip interface temperatures using an infrared camera*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 41 (2001), 1015-1030
- [6] V. Dessoly, S. N. Melkote, C. Lescalier, *Modeling and verification of cutting tool temperatures in rotary tool turning of hardened steel*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 44 (2004), 1463-1470
- [7] B. Sick, *On-line and indirect tool wear monitoring in turning with artificial neural networks: a review of more than a decade of research*, Mechanical Systems and Signal Processing, vol.16, no.4, (2002), 487-546
- [8] J. S. R. Jang, *ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System*, IEEE Trans. On Systems, Man and Cybernetics, vol.23, no.3, (1993), 665-685

MODELING OF THE CUTTING TEMPERATURE AND MAXIMAL HEIGHT OF ROUGHNESS OF MACHINED SURFACE USING AN ADAPTIVE NEURO-FUZZY SYSTEMS

D. Tanikić, Z. Stević, M. Manić

The cutting temperature has a big, almost all situations negative, influence on the cutting process parameters and it depends on many factors. On the other hand, the quality of the machined surface is one of the most important qualitative indicators of this process, and both parameters can not be omitted in the modelling of the metal cutting process. Because of the highly complexity of the process itself, it is almost impossible to comprehend all the relevant factors and their influence with a mathematical formulation, so in such cases, it is much more efficient to use and process data obtained by an experiment. Nowadays, systems that are based on artificial intelligence are used very often for this purpose. This work shows a possibility of modelling the metal cutting process parameters (the cutting temperature and the maximal height of roughness) using a hybrid system, i.e. using neuro-fuzzy technologies.

Key words: neuro-fuzzy technologies, metal cutting process, cutting temperature, quality of machined surface



Vukčević Milan¹, Spaić Obrad², Krivokapić Zdravko³,

POSTOJANOST ZAVOJNIH BURGIIJA, OD BRZOREZNOG ČELIKA PROIZVEDENOG METALURGIJOM PRAHA, U FUNKCIJI BRZINE REZANJA

Rezime: Rezna sposobnost, odnosno postojanost alata, pa prema tome i zavojnih burgija zavisi od brojnih faktora, među kojima značajno mjesto zauzimaju kinematski faktori (korak, brzina rezanja, broj obrtaja). Zbog specifičnosti obrade bušenjem i zavojne burgije kao geometrijskog tijela, pri obradi bušenjem teškoobradljivih materijala ova zavisnost dolazi do većeg izražaja, jer je zavojna burgija izložena vrlo jakim termičkim i mehaničkim naprezanjima. Zbog toga je u ovom radu uspostavljena zavisnost između postojanosti i brzine rezanja pri bušenju čelika velike tvrdoće i čvrstoće (kaljenih čelika) zavojnim burgijama od brzoreznog čelika proizvedenog metalurgijom praha.

Ključne riječi: zavojna burgija, brzorezni čelik, metalurgija praha, postojanost brzina rezanja, korak

1. UVOD

Intezivan razvoj nauke i tehnike doveo je do sve veće primjene materijala sa povišenim mehaničkim karakteristikama i specifičnim fizičkim svojstvima, koji zadovoljavaju specifične zahtjeve u eksploataciji.

Većina ovih materijala ima povišene mehaničke karakteristike i specifična fizička svojstva koja izazivaju sniženje njihovih tehnoloških osobina sa stanovišta oblikovanja i obrade. To znači da su ovi materijali teškoobradljivi u svim obradnim procesima, pa samim tim i pri obradi rezanjem.

Pri obradi bušenjem teškoobradljivih materijala i njihovih legura, danas se uglavnom upotrebljavaju zavojne burgije od tvrdog metala, brzoreznog čelika sa povećanim sadržajem Co, brzoreznog čelika proizvedenog metalurgijom praha (PM), kao i zavojne burgije oslojene TiN.

Podaci o obradljivosti materijala mogu se naći u raznim priručnicima, časopisima, katalozima renomiranih proizvođača alata, ali su obično dati u određenim intervalima, i bez definisanih uslova u kojima su dobijeni.

U navedenoj literaturi podaci se uglavnom odnose na alate od tvrdog metala i brzoreznih čelika, sa povećanim sadržajem Co, proizvedenih konvencionalnom metalurgijom.

Međutim, ne postoje sistematizovane informacije o obradljivosti teškoobradljivih materijala zavojnim burgijama od brzoreznih čelika proizvedenih metalurgijom praha. U literaturi se mogu naći samo podaci da se u novije vrijeme za obradu teškoobradljivih materijala koriste i alati (prema tome i zavojne burgije) od brzoreznih čelika proizvedenih metalurgijom praha, kao i preporuke proizvođača čelika metalurgijom praha (BÖHLER i Dneprospecstal) da čelici proizvedeni metalurgijom praha uspješno preklapaju područje primjene između brzoreznih čelika sa povećanim sadržajem Co i tvrdog metala.

Sve šira primjena i stalni razvoj novih teškoobradljivih materijala uslovlila je usavršavanje postojećih i razvoj novih tehnika i tehnologija njihove obrade, kao i razvoj novih materijala za rezne alate, tako da su problemi efikasne obrade teškoobradljivih materijala, i danas, tema mnogobrojnih istraživanja.

Iz navedenih razloga u ovom radu je uspostavljena zavisnost između habanja i brzine rezanja, pri obradi bušenjem čelika velike čvrstoće i tvrdoće, zavojnim burgijama od brzoreznog čelika sa povećanim sadržajem Co, proizvedenog metalurgijom praha (MP).

¹ Prof. dr Milan Vukčević, Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet Podgorica, Cetinjski put bb, Podgorica, Crna Gora, tel.0038181/242-907, email:milanv@cg.ac.yu

² Mr Obrad Spaić, Industrija alata Trebinje, Fabrika alata za bušenje, Nikšićki put 20, Trebinje, BiH, tel.0038759/280-777, email: sobrad@teol.net

³ Prof. dr Zdravko Krivokapić, Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet Podgorica, Cetinjski put bb, Podgorica, Crna Gora, tel.0038181/242-907, email: zdravkok@cg.ac.yu

2 OPIS PROBLEMA

Većina materijala sa povišenim mehaničkim karakteristikama i specifičnim fizičkim svojstvima posjeduju snižene tehnološke osobine sa stanovišta oblikovanja i obrade. To znači da su ovi materijali teškoobradljivi u svim obradnim procesima, pa samim tim i pri obradi rezanjem.

U teškoobradljive materijale spadaju visokolegirani vatrootporni i nerđajući čelici, vatrootporne legure na bazi Ni i Co, titan i Ti – legure, teškotopivi metali i njihove legure, kao i čelici velike čvrstoće i tvrdoće.

Prema podacima iz literature, postoje različiti pristupi podjeli teškoobradljivih metala i legura, prema njihovoj obradljivosti rezanjem, a najprihvatljivija je podjela, po kojoj se teškoobradljivi metali i njihove legure dijele u devet grupa [1], pri čemu u devetu grupu spadaju čelici velike tvrdoće i čvrstoće.

Obradljivost struganjem legura Ni i Co, volframa i kaljenih čelika velike čvrstoće i tvrdoće je 10-20 puta lošija od obradljivosti struganjem konstruktivnog čelika, dok je obradljivost struganjem Ti-legura i vatrootpornih čelika 3-4 puta puta lošija od obradljivosti struganjem konstruktivnog čelika itd.

2.1 Postojanost zavojnih burgija

Sa stanovišta eksploatacije reznog alata, pa prema tome i zavojnih burgija, zahtjevi se svode uglavnom na tri parametra i to:

- proizvodnost ,
- postojanost i
- tačnost obrade.

Osnovni faktor kvaliteta svih alata za obradu rezanjem, pa prema tome i zavojne burgije, predstavlja postojanost, koja zavisi od brzine i veličine habanja pojedinih reznih elemenata u procesu rezanja.

Postojanost alata je trajanje alata između dva uzastopna oštrenja i može biti izražena vremenom rezanja u minutama, dužinom rezanja u metrima, brojem obrađenih radnih predmeta, težinom skinute strugotine itd.

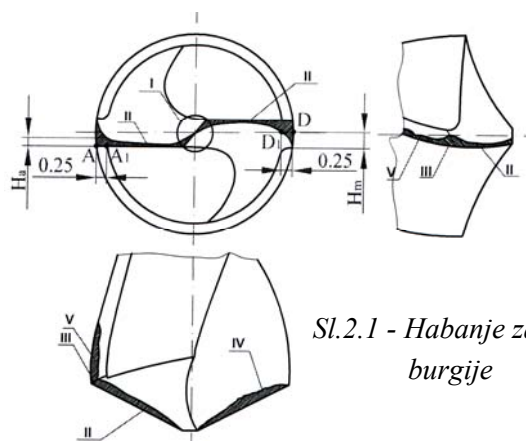
Da bi se mogao definisati trenutak zatupljenja alata, odnosno kraj vremenskog perioda između dva oštrenja, koji je nazvan postojanost alata, potrebno je imati odgovarajući kriterijum.

Prema novijim kriterijumima zatupljenja alata smatra se da je nastupilo zatupljenje kada habanje na grudnoj i/ili leđnoj površini dostigne unaprijed određenu, najviše dopuštenu vrijednost.

Proces habanja kod burgija daleko je složeniji nego kod ostalih alata za obradu rezanjem; što proizlazi iz specifičnosti geometrijskog oblika i karaktera operacije bušenja, odnosno uslova pod kojima se proces bušenja odvija.

Na burgiji se mogu uočiti pet odvojenih oblasti (Sl.2.1) na kojima se pojavljuje habanje u toku bušenja i to [5]:

- u predjelu poprečnog sječiva (I),
- duž leđne površine, neposredno uz glavno sječivo (II),
- po cilindričnoj spoljnoj površini (rubu), u blizini spoljnih tačaka A i D (III),
- duž grudne površine, neposredno uz glavno sječivo (IV) i
- po cilindričnoj spoljnoj površini (rubu), uz reznu stranu zavojnog žljeba (V).



Sl.2.1 - Habanje zavojne burgije

Kao kriterijum zatupljenja uzima se habanje duž leđne površine (II) i habanje u predjelu poprečnog sječiva (I), dok su ostala habanja neznatna ili se čak u velikom broju slučajeva i ne pojavljuju.

Najvjerniju sliku o fenomenu habanja na leđnoj površini pruža habanje na granici regularne oblasti (tačke A_1 i D_1), koja se nalazi na udaljenosti od 0.25 mm od spoljnih vlakana (tačke A i D), označeno sa H_a (Sl.2.1). Habanje između tačaka A i A_1 , odnosno između tačaka D i D_1 , označeno sa H_m , je nepravilno i slučajno, pa je odbačeno kao neregularno.

Za mjerenje veličine habanja, posebno u eksperimentalne i istraživačke svrhe, u procesu rezanja koriste se različite metode, dok se u praksi još uvijek najviše koristi mjerenje veličine habanja pomoću mikroskopa, poslije periodičnog prekidanja procesa rezanja.

Na osnovu veličine pojasa habanja može se definisati pojam postojanosti alata u procesu rezanja, pod kojim se podrazumijeva sposobnost zadržavanja reznih karakteristika alata u određenim uslovima obrade.

Kao mjera postojanosti najčešće se uzima efektivno vrijeme obrade između dva oštrenja i može se pratiti preko proširenog izraza za brzinu rezanja pri bušenju, koji obuhvata sve glavne faktore obrade.

$$v = \frac{C_v \cdot D^x \cdot \mu_0}{T^m \cdot s^y} \dots\dots\dots (2.1), \text{ odnosno:}$$

$$T^m = \frac{C_v \cdot D^x \cdot v_0}{v \cdot s^y}, \dots\dots (2.2), \text{ gdje je:}$$

- T – postojanost alata [min],
- v- brzina rezanja [m/min],
- D – prečnik zavojne burgije [mm],
- s – korak pomoćnog kretanja [mm/o],
- μ_0 – koeficijent smanjenja brzine rezanja pri povećanju dubine bušenja i
- C_v, x_0, y_0, m – konstante zavisne od vrste materijala.

2.2 Brzorezni čelik proizveden metalurgijom praha

Specifičnost obrade bušenjem i zavojne burgije kao alata, pri obradi bušenjem teškoobradljivih materijala dolaze do većeg izražaja, jer je zavojna burgija izložena vrlo jakim termičkim i mehaničkim naprezanjima.

Intenzitet habanja i postojanost alata pri obradi teškoobradljivih materijala, uglavnom, zavise od karakteristika materijala alata, režima rezanja, kao i karakteristika materijala obratka.

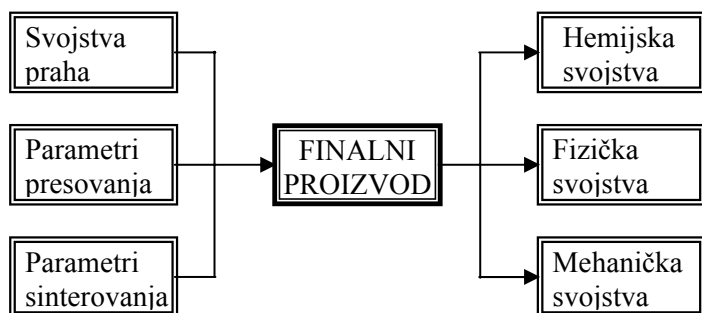
Za obradu bušenjem teškoobradljivih materijala danas se uglavnom upotrebljavaju zavojne burgije od tvrdog metala, brzoreznog čelika sa povećanim sadržajem Co, brzoreznog čelika proizvedenog metalurgijom praha (MP), kao i zavojne burgije oslojene TiN.

Poslije više od pola vijeka intenzivnog naučnog, tehničkog i industrijskog razvoja metalurgija praha (MP) još uvijek ekspandira i otvara nove mogućnosti u oblasti proizvodnje i primjene materijala.

Suština postupaka obuhvaćenih metalurgijom praha zasniva se na procesima:

- dobijanja prahova,
- oblikovanja (kompaktiranja),
- sinterovanja i po potrebi drugih procesa [2].

Do finalnih proizvoda metalurgijom praha se dolazi oblikovanjem prahova metala, a zatim sinterovanjem u odgovarajućim pećima na temperaturi ispod temperature topljenja, tako da karakteristike polaznog praha kao i parametri presovanja i sinterovanja imaju izuzetan uticaj na kompletan postupak izrade proizvoda metalurgijom praha (Sl. 2.2)



Sl.2.2 – Uticaj karakteristika praha i parametara presovanja i sinterovanja na svojstva finalnog proizvoda

Sa slike se jasno vidi da sveukupnost i kompleksnost međusobnih uticaja različitih karakteristika i parametara određuju svojstva finalnog proizvoda na dosta komplikovan način.

Proizvođači čelika (Böhler, Dneprospecstal i drugi) razvili su proizvodnju alatnih i brzoreznih čelika u praškastoj tehnologiji (MP). Böhler-ovi praškasti čelici 3. generacije proizvode se najmodernijom opremom i imaju bolje karakteristike u poređenju sa praškastim čelicima 1. i 2. generacije.

Od čelika za proizvodnju alata standardno se proizvode: S390 MICROCLEAN, S590 MICROCLEAN, S690 MICROCLEAN i S790 MICROCLEAN, koji imaju povećan sadržaj ugljenika (1,3-1,6%). Za proizvodnju zavojnih burgija, posebno se preporučuje S390 MICROCLEAN čiji je hemijski sastav prikazan u tablici br.2.1.

Tablica br.2.1 – Hemijski sastav brzoreznog čelika S390 MICROCLEAN

Böhler kvalitet	Hemijski sastav (srednja vrijednost)						STANDARD	
	C	Cr	W	Mo	V	Co	DIN	AISI
S390 MICROCLEAN	1.60	4.80	10.50	2.00	5.00	8.00	-	-

3. PROJEKTOVANJE EKSPERIMENTA

Za uspostavljanje zavisnosti između postojanosti i brzine rezanja pri obradi čelika velike čvrstoće i tvrdoće zavojnim burgijama od brzoreznog čelika sa povećanim sadržajem Co proizvedenog metalurgijom praha, izvedena su određena eksperimentalna ispitivanja.

Tablica br.3.1 - Plan matrica trofaktornog prostora

PLAN - MATRICA									
EKSPER TAČKE	Kod. vrijednosti				Stvarne vrijednosti				VEKTOR IZLAZA [T]
	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	d [mm]	n [o/min]	s		
							[mm/o]	[mm/min]	
1	+1	-1	-1	-1	6.0	250	0.027	6.67	T ₁
2	+1	+1	-1	-1	10.0	250	0.027	6.67	T ₂
3	+1	-1	+1	-1	6.0	500	0.027	13.33	T ₃
4	+1	+1	+1	-1	10.0	500	0.027	13.33	T ₄
5	+1	-1	-1	+1	6.0	250	0.107	26.67	T ₅
6	+1	+1	-1	+1	10.0	250	0.107	26.67	T ₆
7	+1	-1	+1	+1	6.0	500	0.107	53.33	T ₇
8	+1	+1	+1	+1	10.0	500	0.107	53.33	T ₈
9	+1	0	0	0	7.75	355	0.053	18.67	T ₉
10	+1	0	0	0	7.75	355	0.053	18.67	T ₁₀
11	+1	0	0	0	7.75	355	0.053	18.67	T ₁₁
12	+1	0	0	0	7.75	355	0.053	18.67	T ₁₂
Koefic. viš.regr	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃					
Osn.nivo	x ₀₁	x ₀₂	x ₀₃						
Int. var.	w ₁	w ₂	w ₃						
Gornji nivo	x _{g1}	x _{g2}	x _{g3}						
Donji nivo	x _{d1}	x _{d2}	x _{d3}						

Tablica br.3.2 – Uslovi ispitivanja

Karakteristika	Vrijednost/tip	
Zavojna burgija	standard	DIN 338
	dimenzija	Ø6; Ø7,75; Ø10
	materijal	S-390 MICROCLEAN
	ugao vrha	135°
	ugao uspona zavojnice	15°
	način oštrenja	KRI / KO
Mater. za ispitivanje	standard	Č.4732
	termički tretman	kaljenje/ otpuštanje
	tvrdoća HB / HRC	410-425 / 43-45
	zatezna čvrstoća [dN/mm ²]	1400-1450
Dubina bušenja [mm ²]	l = 3xd	
Sredstvo za hlađenje	8%-tni rastvor Teolina H/VR	
Mašina za ispitivanje	PRVOMAJSKA GUK-1N	
Uređaj za mjerjenje pojasa habanja	GÜHRING PG 100	

Kako habanje zavojnih burgija, kao kriterijum postojanosti, u velikoj mjeri zavisi od geometrije vrha, odnosno od načina oštrenja, eksperiment je izveden sa zavojnim burgijama naoštrenim na dva načina i to:

- normalno sa korigovanim glavnim sječivom (KGS) i
- krstasto (KO).

Eksperiment je izveden prema Boks – Vilsonovoj metodi modeliranja složenih procesa pomoću potpunog višefaktornog plana prvog reda sa ponavljanjem eksperimenta, n₀ = 4, u centralnoj tački višefaktornog ortogonalnog plana, i to za oba načina oštrenja, prema Plan matrici trofaktornog prostora (tablica br. 3.1),

Karakteristike zavojnih burgija i materijala za ispitivanje navedeni su tablici br.3.2.

4. ANALIZA REZULTATA

Na osnovu eksperimentalnih rezultata, primjenom trofaktornih ortogonalnih planova drugog reda (nepotpuni kvadratni model) sa konstantnim koeficijentima:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3,$$

dobijeni su konkretni empirijski modeli postojanosti zavojnih burgija, koji su navedeni u tablici br.4.1

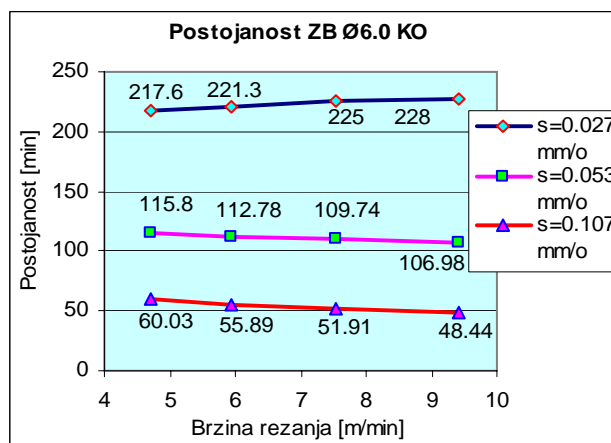
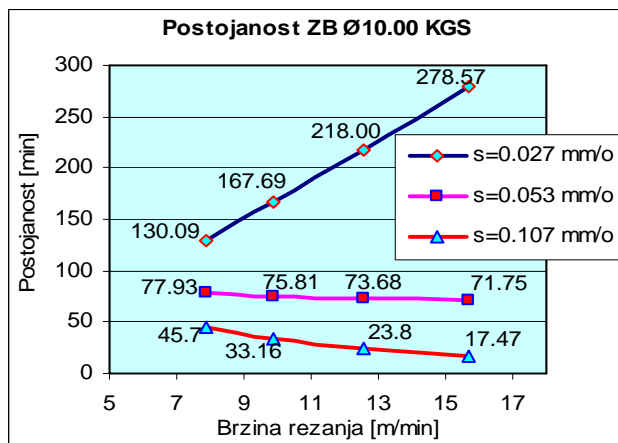
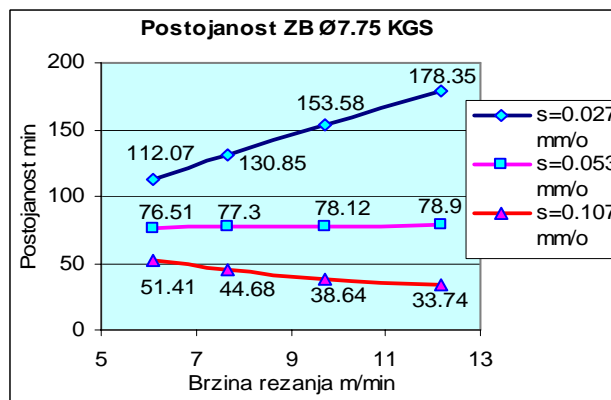
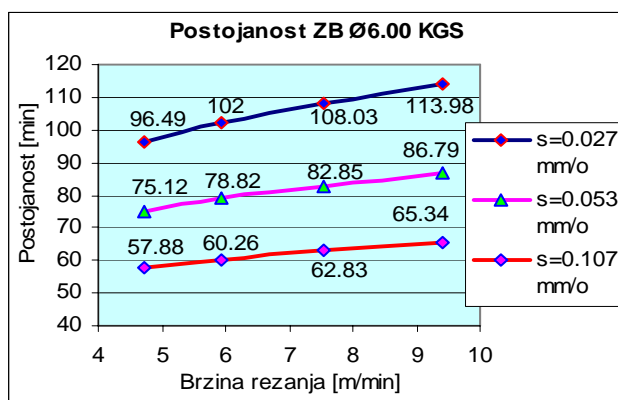
Eksperimentalne i modulske vrijednosti (izračunate preko navedenih empirijskih modela) postojanosti zavojnih burgija "T", u zavisnosti od brzine rezanja i koraka, navedene su u tablici br. 4.2.

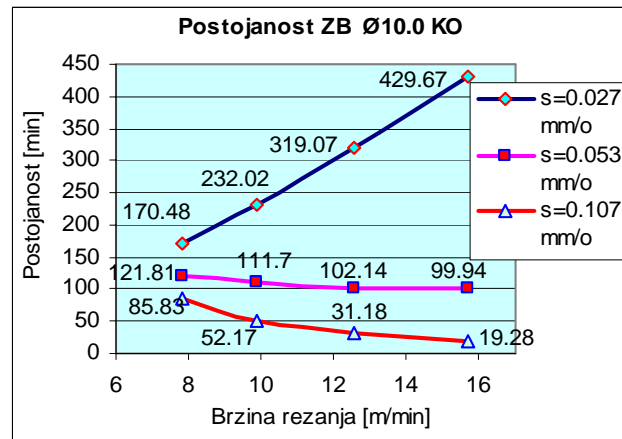
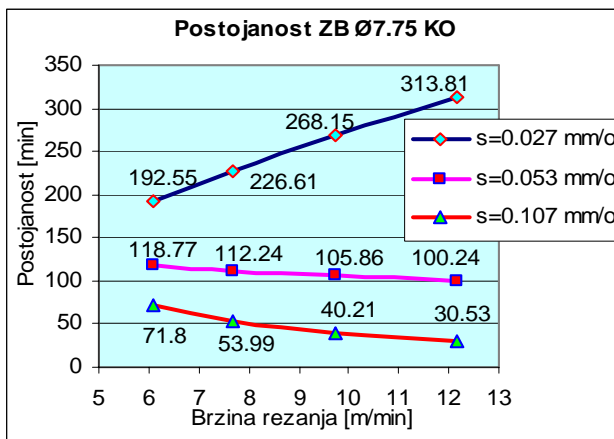
Tablica br.4.1 – Konkretni empirijski modeli postojanosti zavojnih burgija

Materijal ZB	Način oštrenja	Empirijski model
S 390	KGS	$\ln T = 4.34 + 57.19 \cdot \ln D + 19.33 \cdot \ln n - 32.79 \cdot \ln s - 10.75 \cdot \ln D \cdot \ln n + 18.24 \cdot \ln D \cdot \ln s + 6.12 \cdot \ln n \cdot \ln s - 3.44 \cdot \ln D \cdot \ln n \cdot \ln s - 103.96$
	KO	$\ln T = 4.68 + 77.04 \cdot \ln D + 23.22 \cdot \ln n - 44.61 \cdot \ln s - 13.48 \cdot \ln D \cdot \ln n + 25.23 \cdot \ln D \cdot \ln s + 7.63 \cdot \ln n \cdot \ln s - 4.42 \cdot \ln D \cdot \ln n \cdot \ln s - 135.57$

Tablica br.4.2 - Postojanost [min] zavojnih burgija u zavisnosti od brzine rezanja i koraka

Način oštrenja	Nazivni prečnik	v [m/min]	s [mm/o]	Exper. vrijed.	Modul. vrijed.	%	s [mm/o]	Exper. vrijed.	Modul. vrijed.	%	s [mm/o]	Exper. vrijed.	Modul. vrijed.	%	
S 390 KGS	Ø6.0	4.71	0.027	83.00	96.49	+16.3	0.053	-	75.12	-	0.107	49.70	57.88	+16.4	
		5.93		-	102.00	-		-	78.82	-		-	60.26	-	
		7.54		-	108.03	-		-	82.85	-		-	62.83	-	
		9.42		98.00	113.98	+16.3		-	86.79	-		-	56.10	65.34	+16.4
	Ø7.75	6.08	0.027	-	112.07	-	0.053	-	76.51	-	0.107	-	51.41	-	
		7.67		-	130.85	-		-	77.30	-		-	44.68	-	
		9.73		-	153.58	-		-	78.12	-		-	38.64	-	
		12.17		-	178.35	-		-	78.90	-		-	33.74	-	
	S 390 KO	Ø10.0	7.85	0.027	149.00	170.48	+14.4	0.053	-	121.81	-	0.107	74.80	85.83	+14.7
			9.89		-	232.48	-		-	111.70	-		-	52.17	-
			12.56		-	319.07	-		-	102.14	-		-	31.18	-
			15.7		375.00	429.67	+14.6		-	99.94	-		-	16.80	19.28





Sl. 4.1 - Zavisnost postojanosti zavojnih burgija od brzine rezanja

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize rezultata dobijenih eksperimentom može se zaključiti da kod ZB Ø6.0, naoštrene normalno sa korigovanim glavnim sječivom, za korake $s=0.027-0.107$ mm/o, postojanost raste sa porastom brzine rezanja. Sa dijagrama se jasno vidi da postojanost navedene ZB značajnije raste sa smanjenjem koraka, već sa povećanjem brzine rezanja. Kod ZB Ø6.0, naoštrene krstasto, postojanost se skoro ne mijenja sa promjenom brzine rezanja, dok značajno raste sa smanjenjem koraka.

Kod ZB većeg prečnika (Ø7.75 i Ø10.0), pri koraku $s=0.027$ mm/o, za oba načina oštrenja, postojanost naglo raste sa povećanjem brzine rezanja, dok pri koracima $s=0.053$ mm/o i $s=0.107$ mm/o, postojanost blago pada sa povećanjem brzine rezanja. Važno je napomenuti da i kod ovih ZB postojanost u znatnoj mjeri zavisi od izbora veličine koraka.

Navedena eksperimentalna ispitivanja su pokazala da brzina rezanja, pri bušenju čelika velike čvrstoće i tvrdoće, zavojnim burgijama od brzoreznog čelika sa povećanim sadržajem Co, proizvedenim metalurgijom praha, ne utiče značajno na postojanost (osim pri nisko postavljenoj vrijednosti koraka $s=0.027$ mm/o), tako da je potrebno nastaviti ispitivanja u cilju utvrđivanja uticaja ostalih kinematskih faktora (koraka i broja obrtaja) na funkciju postojanosti.

6. LITERATURA

- Jovičić M. M.: Obrada rezanjem teškoobradljivih metala i legura, "Mašinski fakultet Beograd", Beograd, 1992.
- Mitkov M., Božić D. i Vujović Z.: Metalurgija praha, Beograd 1998.
- Spaić O.: Usporedna analiza habanja zavojnih burgija od brzoreznog čelika proizvedenog konvencionalnom metalurgijom i metalurgijom praha, Fakultet za proizvodnju i menadžment u Trebinju, Trebinje, 2006.
- Stanić J.: Metod inženjerskih mjerenja, "Mašinski fakultet Beograd", Beograd, 1986.
- Stanić J.: Uticaj geometrijskih elemenata i kinematike rezanja na postojanost burgija pri bušenju čelika sa osvrtom na burgije Industrije alata Trebinje, "Industrija alata Trebinje", Trebinje, 1965.
- Виноградов А.А.: Физичкие основы процесса сверления труднообрабатываемых металлов твердосплавными сверлами, "Наукова думка", Киев, 1985.

Summary:

Cutting capability, i.e. tool and twist drills stability, accordingly, depends upon a lot of factors, the most important of which are kinetic factors as feed, cutting speed, no. of revolutions. Because of the particularity of machining process by drilling and specific twist drill geometry as well, in the course of drilling operation in difficult-to-machine materials, this dependency is more apparent than usual, as twist drill is exposed to strong heat and mechanical tensile strength.

Out of these reasons the dependency between stability and cutting speed during drilling operations in steels of high hardness and toughness (heat treated steels) with twist drills made of HSS (high speed steels) manufactured powder metallurgy was established in this paper.



дтн. проф. А.С. Васильев

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия

дтн. проф М.Л. Хейфец, В.С. Точило, Г.Б. Премент

Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ

Изучено влияние технологического наследования физико-механических и геометрических параметров качества коренных и шатунных шеек коленчатого вала, кулачков и опорных шеек распределительного вала двигателя внутреннего сгорания, в процессе механической обработки восстановленных поверхностей. Даны рекомендации по изменению последовательных технологических переходов и рекомендаций технических операций для обеспечения качества обработки.

Обеспечение высокого качества продукции на этапе создания и освоения изделий заключаются в организации такой технологической подготовки и осуществлении производства, при которых продукция соответствовала бы требованиям конструкторской документации и не имела бы вредных последствий от технологических методов обработки. Поэтому все операции и их технологические переходы следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, так как конечные характеристики формируются всем комплексом технологических воздействий и изменяются при эксплуатации машины, ее техническом обслуживании и ремонте [1, 2].

Под наследственностью в технологии машиностроения подразумевают явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих операций и переходов к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин [2, 3]. Носителями наследственной информации являются обрабатываемый материал и поверхности детали со всем многообразием описывающих их параметров. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе, проходя через различные операции и переходы, испытывая воздействия технологических факторов [3, 4].

В технологической цепочке существуют своего рода «барьеры». Некоторые технологические факторы преодолеть эти «барьеры» не могут и в таком случае их влияние на конечные свойства объекта отсутствуют. Другие факторы такие «барьеры» проходят, но при этом значительно теряют свою исходную силу и влияют на конечные свойства очень слабо [1, 3]. Самым существенным «барьером» являются термические операции, а также операции, сопровождающиеся поверхностным деформированием и упрочнением, так как они изменяют микроструктуру обрабатываемого материала, микрогеометрию формируемой поверхности, приводят к короблению детали и искажению ее формы. В ходе этих операций различные пороки поверхности, такие как структурная неоднородность, поры, микротрещины, могут развиваться или «залечиваться». Следовательно, процессом технологического наследования можно управлять, с тем, чтобы свойства, положительно влияющие на качество детали, сохранить в течение всего технологического процесса, а свойства, влияющие отрицательно – ликвидировать в его начале [2, 4].

Технологический процесс изготовления детали может быть представлен в виде графа, выделяющего заготовительные, черновые операции, а также чистовые и отделочные операции [2]. Граф, как правило, является ориентированным, а параметры качества взаимосвязаны между собой (рис. 1).

Начальная вершина графа, при описании технологического процесса представляет собой заготовку (З). Конечная вершина технологического процесса – готовая деталь (Д). Ориентированные ребра графа показывают передачу эксплуатационных свойств детали при обработке. Передача ребра описывается коэффициентом наследования K , показывающим количественное изменение свойства и равным отношению предыдущих S_j и последующих S_{j+1} значений свойства [4]:

$$K = S_j/S_{j+1}.$$

Помимо прямой передачи свойств (рис. 1) при технологическом наследовании целесообразно оценивать их взаимовлияние (рис. 2). Общую структуру технологического процесса можно представить как сложную многомерную систему, в виде последовательности изменения основных параметров качества детали [2]. На вход технологической системы обработки поступают различные характеристики заготовки $\{S_{10}, S_{20}, \dots, S_{m0}\}$, а на её выходе обеспечивается соответствующий набор тех же характеристик для готовой детали $\{S_{1p}, S_{2p}, \dots, S_{mp}\}$. Эти изменения определяются действием совокупности технологических $\{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{ln}\}$ факторов для каждой операции φ_l технологического процесса [3].

Так для параметра качества S после окончательной обработки [2]:

$$S_p = a_p S_{p-1}^{b_p}$$

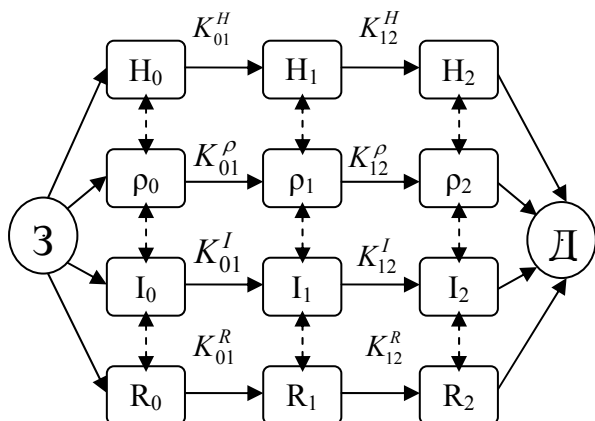


Рис. 1. Развернутый граф технологического наследования, учитывающий комплекс эксплуатационных параметров качества

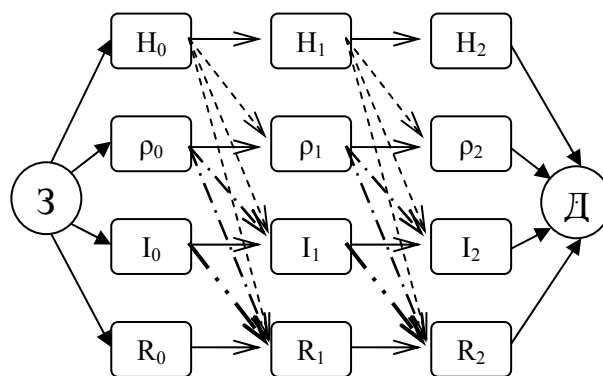


Рис. 2. Граф технологического наследования, отражающий взаимовлияние физико-механических и геометрических параметров качества рабочих

Количественные связи технологической наследственности, зависящие от выбора метода обработки, определяются коэффициентами b , а основные условия обработки внутри этого метода – коэффициентами a . Выполнив преобразования с уравнениями для предшествующих операций $\varphi_{p-1}, \varphi_{p-2}, \dots, \varphi_1$ получают общую математическую модель изменения параметра качества для всего технологического процесса:

$$S_p = a_p a_{p-1}^{b_p} a_{p-2}^{(b_p b_{p-1})} \dots a_1^{(b_p b_{p-1} \dots b_2)} S_0^{(b_p b_{p-1} \dots b_1)}$$

Коэффициент наследственности a_l описывает влияние технологических факторов $t_{11}, t_{12}, \dots, t_{ln}$ на рассматриваемый параметр качества S_j для операции φ_l и может быть представлен [3]:

$$a_l = k_{l0} t_{l1}^{k_{l1}} t_{l2}^{k_{l2}} \dots t_{ln}^{k_{ln}}$$

где $k_{l0}, k_{l1}, k_{l2}, \dots, k_{ln}$ – эмпирические коэффициенты влияния технологических факторов.

Анализ зависимостей показывает, что весь технологический процесс может быть выражен в виде суммы действия окончательной операции и некоторой доли влияния предшествующих операций на исходное состояние заготовки S_0 , которые определяются коэффициентами наследственности b_1, b_2, \dots, b_p . Если на какой-либо операции φ_l коэффициент технологической наследственности $b_l = 0$, то это означает отсутствие влияния исходного качества состояния заготовки на окончательное состояние после данной операции, что может служить интерпретацией действия операции φ_l как непреодолимого «технологического барьера» [2, 4].

Для описания технологического наследования эксплуатационных свойств коленчатого вала и распределительного вала двигателя в процессе восстановления рассматривалась совокупность физико-механических и геометрических свойств: твердости (H), отклонений формы (ρ), точности размеров (I) и рельефа поверхности (R). Для этого в качестве определяющего свойства рабочих

поверхностей деталей принималась физико-механическая характеристика – твердость по Бринеллю (HB), так как твердость является одним из наиболее распространенных и общедоступных интегральных критериев оценки свойств материалов, позволяющим судить о прочностных и триботехнических характеристиках материала. В качестве зависимых от твердости параметров последовательно рассматривались отклонения формы поверхностей (биение ρ), точность размеров (калитет IT) и шероховатость поверхности (среднеарифметическое отклонение профиля Ra).

Эксплуатационные параметры качества рабочих поверхностей детали (HB/HRC , ρ , IT и Ra) измерялись после технологических операций механической обработки: точения, шлифования и полирования.

Измерения твердости HB/HRC , отклонений формы ρ , точности размеров IT и рельефа поверхности Ra проводились на партии из пятидесяти деталей. При этом партия разбивалась на десять групп, а в качестве расчетного значения принималось среднеарифметическое в группе. На основании расчетных результатов определялись коэффициенты передачи наследования K^H , K^p , K^I , K^R для графа на рис. 1 и коэффициенты взаимовлияния технологического наследования K^{Hp} , K^{HI} , K^{HR} , K^{pI} , K^{pR} , K^{IR} для графа на рис. 2. Коэффициенты взаимовлияния рассчитывались как передача K для геометрических параметров качества K^{pI} , K^{pR} , K^{IR} , или как величина обратная передаче $1/K$ для взаимовлияния физико-механических и геометрических параметров K^{Hp} , K^{HI} , K^{HR} , K^{pI} , K^{pR} , K^{IR} .

Для оценки наследования по технологическому маршруту рассчитывались результирующие коэффициенты K_p , равные произведению соответствующих коэффициентов для эксплуатационных параметров качества по всей последовательности операций. Для определения степени влияния наследования на различных технологических операциях рассчитывались коэффициенты сравнения K_c , равные отношению коэффициентов взаимовлияния на предшествующих и последующих операциях.

Изучение экспериментальных данных в процессе восстановления позволило определить основные зависимости технологического наследования физико-механических и геометрических параметров качества рабочих поверхностей коленчатого вала двигателя (табл. 1...4).

Таблица 1. Коэффициенты передачи технологического наследования K и результирующие коэффициенты K_p твердости H , отклонений формы ρ , точности размеров I и рельефа поверхности R коренных шеек коленчатого вала двигателя

Операции механической обработки	Коэффициенты передачи технологического наследования при восстановлении коренных шеек			
	K^H	K^p	K^I	K^R
Предварительное шлифование – окончательное шлифование (K_1)	0,9658	31,99	10,625	1,866
Окончательное шлифование – полирование (K_2)	1,0181	1,912	0,691156	1,268
$K_p = K_1 \cdot K_2$	0,98	61,15	7,34	2,37

Таблица 2. Коэффициенты взаимовлияния K и сравнения K_c при передаче физико-механических H и геометрических ρ , I , R параметров качества поверхностей коренных шеек коленчатого вала двигателя

Операции механической обработки	Коэффициенты взаимовлияния технологического наследования при восстановлении коренных шеек					
	K^{Hp}	K^{HI}	K^{HR}	K^{pI}	K^{pR}	K^{IR}
Предварительное шлифование – окончательное шлифование (K_1)	705,093	1903,750	91,839	86,375	4,167	0,513
Окончательное шлифование – полирование (K_2)	1395,575	1362,442	120,583	1,866	0,165	0,061
$K_c = K_1/K_2$	0,505	1,397	0,762	46,286	25,229	8,379

При механической обработке в процессе восстановления коленчатого вала на начальных операциях устраняется вредное влияние технологической наследственности, т.е. коэффициенты велики ($K \gg 1$) для геометрических и малы ($1 > K > 0$) для физико-механических параметров качества, а на заключительных операциях они стабилизируются ($K \rightarrow 1$).

При восстановлении коренных и шатунных шеек коленчатого вала в процессе ремонта как геометрические, так и физико-механические параметры сначала ухудшаются, а затем при механической обработке улучшаются. В результате по всему технологическому процессу физико-механические характеристики восстанавливаются, а геометрические (особенно связанные с микрорельефом поверхности) даже улучшаются.

Таблица 3. Коэффициенты передачи технологического наследования K и результирующие коэффициенты K_p твердости H , отклонений формы ρ , точности размеров I и рельефа поверхности R шатунных шеек коленчатого вала двигателя

Операции механической обработки	Коэффициенты передачи технологического наследования при восстановлении шатунных шеек		
	K^H	K^I	K^R
Предварительное шлифование – окончательное шлифование (K_1)	0,975	9,235	1,919
Окончательное шлифование – полирование (K_2)	1,014	1,063	1,290
$K_p = K_1 \cdot K_2$	0,999	9,824	2,481

Таблица 4. Коэффициенты взаимовлияния K и сравнения K_c при передаче физико-механических H и геометрических ρ, I, R параметров качества поверхностей шатунных шеек коленчатого вала двигателя

Операции механической обработки	Коэффициенты взаимовлияния технологического наследования при восстановлении шатунных шеек		
	K^{HI}	K^{HR}	K^{IR}
Предварительное шлифование – окончательное шлифование (K_1)	1839,706	93,708	0,470
Окончательное шлифование – полирование (K_2)	2007,016	124,053	0,066
$K_c = K_1/K_2$	0,917	0,755	7,155

Коэффициенты взаимовлияния (табл. 2 и 4) позволяют оценить значимость как технологических операций, так и технологических факторов и параметров на отдельных операциях. Твердость материала, существенно влияет на геометрические параметры. Сильнее всего это влияние на заключительных операциях для отклонений формы (табл. 3). В остальных случаях оно стабильно по всем операциям.

Геометрические параметры поверхностей коренных и шатунных шеек наследуются слабо, особенно это заметно на начальных операциях. Причем для микрорельефа поверхности (шероховатости) чистовые операции восстановления являются технологическими «барьерами» (так как K^{pR} и $K^{IR} \rightarrow 0$). Влияние предыдущих геометрических параметров на последующие не велико. Наиболее заметно происходит изменение коэффициентов передачи для погрешности форм и точности обработки от черновых к чистовым операциям (табл. 1 и 3).

Анализ зависимостей влияния технологических факторов на наследование параметров качества в процессе восстановления дал возможность выявить определяющие процессы передачи свойств при механической обработке поверхностей коренных и шатунных шеек коленчатого вала двигателя.

При окончательном шлифовании на твердость H_B и шероховатость R_a поверхности влияют радиальная и тангенциальная составляющие силы резания, которые определяются глубиной резания и подачей при шлифовании, а также скоростями вращения круга и заготовки. Поэтому для управления качеством обработки при равномерном припуске особое внимание следует уделять глубине резания и подаче шлифовального круга.

По результатам исследований разработаны регламенты операций технологического процесса, позволяющие обеспечить в процессе металлизации стабильную твердость и однородность материала, а также равномерную толщину покрытия.

Изучение экспериментальных данных позволило определить основные зависимости технологического наследования физико-механических и геометрических параметров качества распределительного вала двигателя в процессе восстановления (табл. 5 ... 8).

Коэффициенты передачи (табл. 5 и 6) показывают, что технологический процесс восстановления и упрочнения коренным образом отличается от рационального технологического процесса механической обработки.

Таблица 5. Коэффициенты передачи технологического наследования K и результирующие коэффициенты K_p твердости H , отклонений формы ρ , точности размеров I и рельефа поверхности R опорных шеек распределительного вала двигателя

Операции восстановления и ремонта	Коэффициенты передачи технологического наследования			
	K^H	K^ρ	K^I	K^R
Износенная поверхность- точение после наплавки: (K_1)	3.3	0.8	0.3	0.4
точение после наплавки -окончательное шлифование: (K_2)	0.3	1.9	3.9	4.1
$K_p = K_1 \cdot K_2$	0.99	1.52	1.17	1.64

Таблица 6. Коэффициенты передачи технологического наследования K и результирующие коэффициенты K_p твердости H , отклонений формы ρ , точности размеров I и рельефа поверхности R кулачков распределительного вала двигателя

Операции восстановления и ремонта	Коэффициенты передачи технологического наследования			
	K^H	K^ρ	K^I	K^R
Износенная поверхность- точение после наплавки: (K_1)	3.3	-	0.9	0.6
точение после наплавки -окончательное шлифование: (K_2)	0.3	-	1.1	2.9
$K_p = K_1 \cdot K_2$	0.99	-	0.99	1.74

Таблица 7. Коэффициенты взаимовлияния K и сравнения K_c при передаче физико-механических H и геометрических ρ , I , R параметров качества поверхностей опорных шеек распределительного вала двигателя

Операции процесса ремонта	Коэффициенты взаимовлияния технологического наследования					
	K^{Hp}	K^{HI}	K^{HR}	K^{pI}	K^{pR}	K^{IR}
Дефектация-восстановление: (K_1)	1208	302	35.5	0.3	0.04	0.03
Восстановление-окончательная обработка: (K_2)	538	394	43.6	1.0	0.1	0.4
$K_c = K_1/K_2$	2.25	0.77	0.81	0.3	0.4	0.08

Таблица 8. Коэффициенты взаимовлияния K и сравнения K_c при передаче физико-механических H и геометрических ρ , I , R параметров качества поверхностей кулачков распределительного вала двигателя

Операции процесса ремонта	Коэффициенты взаимовлияния технологического наследования					
	K^{Hp}	K^{HI}	K^{HR}	K^{pI}	K^{pR}	K^{IR}
Дефектация-восстановление: (K_1)	-	23.9	45.8	-	-	1.6
Восстановление-окончательная обработка: (K_2)	-	8.6	38.7	-	-	5
$K_c = K_1/K_2$	-	2.78	1.18	-	-	0.32

При восстановлении в процессе ремонта как геометрические, так и физико-механические параметры сначала ухудшаются, затем улучшаются. Однако в целом по всему технологическому процессу физико-механические характеристики восстанавливаются, а геометрические (особенно связанные с микрорельефом поверхности) даже улучшаются. Коэффициенты взаимовлияния (табл. 7 и 8) позволяют оценить значимость технологических операций, а также технологических факторов и параметров отдельных операций. Твердость материала, так же как и в процессах изготовления детали, существенно влияет на геометрические параметры. Особенно сильно это влияние на начальных операциях для отклонений формы. В остальных случаях оно стабильно по всем технологическим переходам.

Геометрические параметры цилиндрических поверхностей опорных шеек наследуются слабо, особенно это видно на начальных операциях. Для микрорельефа поверхности операции восстановления являются технологическими «барьерами» (K^{DR} и $K^{IR} \rightarrow 0$). Дальнейшее влияние предыдущих геометрических параметров на последующие также не велико и сказывается только на точности обработки.

Изменение твердости опорных шеек и кулачков распределительных валов двигателя показывает, что технологическими «барьерами» при восстановлении рабочих поверхностей являются операции наплавки, а окончательные геометрические параметры качества поверхностей формируются при шлифовании.

В результате анализа технологических операций установлено, что в процессе электродуговой наплавки проволоки Нп-30ХГСА в среде CO_2 твердость поверхности стабилизируется (колебания в пределах 3...5 HRC), в то же время как исходные детали имели существенный разброс (до 20 HRC). После наплавки проволоки заданная в технической документации твердость обеспечивается последующей термической обработкой.

Геометрические параметры поверхности (точность размеров IT , шероховатость поверхности Ra и радиальное биение ρ) после черновой обработки наследуются на чистовых операциях шлифования шеек и кулачков распределительного вала. Геометрические отклонения поверхностей после правки сохраняются на последующих операциях обработки и сборки.

Таким образом анализ зависимостей влияния технологических факторов на наследование параметров качества в процессе ремонта дал возможность выявить определяющие процессы передачи свойств при восстановлении, упрочнении и обработке изношенных поверхностей опорных шеек и кулачков распределительного вала двигателя.

В результате анализа установлено, что в процессе электродуговой наплавки проволоки Нп-30ХГСА в среде CO_2 на твердость HRC поверхности оказывают влияние сила тока электрической дуги, диаметр наплавочной проволоки, а также скорости подачи и главного движения обработки. Определяющим параметром для управления качеством наплавки является сила тока.

При окончательном шлифовании на твердость HRC и шероховатость Ra поверхности влияют радиальная и тангенциальная составляющие силы резания, которые определяются глубиной резания и подачей при шлифовании, а также скоростями вращения круга и заготовки. Поэтому для управления качеством обработки главное внимание следует уделять глубине резания и подаче шлифовального круга.

По результатам исследований разработаны регламенты для операций технологического процесса, позволяющие обеспечить в процессе наплавки стабильную твердость и однородность материала покрытия, а в процессе закалки высокую твердость поверхности (54...56 HRC). Устранены операции правки из технологического процесса восстановления распределительного вала для снижения взаимного радиального биения поверхностей до 0.02 мм и обеспечения требуемой точности рабочих поверхностей.

Таким образом анализ технологического наследования при восстановлении рабочих поверхностей коленчатого вала и распределительного вала двигателя позволил пересмотреть наследственность технологических переходов (устранить операцию правки), регламентировать технологические воздействия (на операциях металлизации, наплавки, закалки, шлифования) и обеспечить качество восстановления (стабильная твердость и точность рабочих поверхностей).

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей / П.И. Ящерицын, М.Л. Хейфец, Б.П. Чемисов и др. – Новополоцк: ПГУ, 1996. – 136 с.
2. Технологические основы управления качеством машин / А.С. Васильев, А.М. Дальский, С.А. Клименко и др. – М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
3. Ящерицын П.И., Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 256 с.
4. Дальский А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин. – М.: Машиностроение, 1975. – 223 с.



ISTRAŽIVANJE PARAMETARA ZA RAZVOJ SISTEMA ZA TRETMAN ČVRSTOG INDUSTRIJSKOG OTPADA

Tomić Radoljub, Ćuk Milenko¹, Ćurčić Srećko²

Rezime:

Sadržaj ovog rada baziran je na opštim ustanovljenim i prihvaćenim principima, dostignućima i istraživačko-razvojnim pretpostavkama i realnim unapređenjima u oblasti normativno-pravne regulative, organizacije, tehnike i tehnologije, kvaliteta i ekologije, energetike i ekonomije.

Posebna pažnja je posvećena razvoju sistema i opreme za tretman čvrstog industrijskog otpada.

Takođe, je istaknuto da se na centralnim sanitarno-komunalnim deponijama sme deponovati samo tretirani otpad kojim se ne zagađuje životna sredina a koji ne može dalje da se reciklira i ponovo koristi.

Ključne reči: *upravljanje otpadom, industrijski otpad, drveni otpad, metalni otpad.*

1. UVOD

Naša razvojno-eksperimentalna istraživanja, neposredno u okviru "Prva petoletka-NIC" AD, evidentno iz sadržaja [1,2,3,4], usmerena su na jačanje funkcija razvoja, kvaliteta i ekologije. Zato i predmetni razvoj mašina i opreme za tretman najrazličitijih vrsta materijala (papir, drvo, metal i sl.), nikako ne zanemaruje opšti kvalitet proizvoda i zaštitu životne sredine (u vezi eliminacije ili redukcije aero-zagađenja, zagađenja vode i zemljišta), saglasno [5,6,8].

U ovom radu prikazaće se osnovna morfologija, struktura i funkcija sistema (glavni podsistem je hidraulična presa) za tretman čvrstog industrijskog otpada.

Sadržaj ovog rada predstavlja odgovarajući doprinos autora da se definišu pretpostavke za integrisano rešenje problema tretmana čvrstog industrijskog otpada, neposredno u metaloprerađivačkoj industriji, sa razvojem koncepta za ekstrapolaciju primene ostvarenih rešenja i dostignuća sa IHP "Prva petoletka" AD – Trstenik na druge industrijske sisteme koji raspolažu otpadom predmetne kategorije.

U istom smislu predviđa se razvoj, proizvodnja i isporuka tehnološkog sistema koji sadrži: podsisteme i uređaje za prikupljanje i cirkulaciju materijala kroz radni prostor, hidrauličku presu za baliranje i/ili briketiranje različitog otpada (papir, drvo, crni otpad od čelika, beli otpad od Al-legura, obojeni otpad od Cu-legura), alate i pripadajuću logističku opremu, uz programsko upravljanje režimom rada sistema, bazirano na mikroprocesoru [6,7].

Za različiti otpad, definišaće se opcionalno odgovarajući moduli opreme i režimi rada sistema (snaga, sila, hod, brzina, masa, energetski bilans, karakter otiska itd.).

Svi radovi na realizaciji ovog projekta, intelektualni i proizvodni, usmereni su na to da se dobije tehnički i komercijalno pouzdan proizvod (u skladu sa regulativama EU i R.Srbije), od interesa za serijsku proizvodnju i isporuku različitim korisnicima/kupcima, uključujući i izvoz.

¹ Timić Radoljub, Ćuk Milenko, Holding Kompanija "Prva Petoletka", Trstenik.

dr Srećko Ćurčić, v.prof, Tehnički fakultet, Svetog Save 65, Čačak, e-mail:sreckoc@tfc.kg.ac.yu,

² Ovaj rad je nastao u sklopu realizacije Projekta, koga finansira Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije. Br. Ugovora:451-01-03059/2005-01/EE-243005A.

2. IDENTIFIKACIJA PROBLEMA TRETMANA ČVRSTOG INDUSTRIJSKOG OTPADA

Predmetni problem biće razmatran u skladu sa ciljevima iniciranja odgovarajućeg projekta, koji je već pokrenut na nivou IHP "Prva petoletka" AD-Trstenik.

Krajnji-poseban cilj je da se dobije tehnički i komercijalno pouzdan proizvod od interesa za serijsku proizvodnju i isporuku različitim korisnicima/kupcima, uključujući i izvoz.

Na osnovu sprovedenih istraživačkih i razvojnih radova uz objektivnu primenu naučnih metoda treba da se dođe do optimalnog rešenja sistema za tretman čvrstog industrijskog otpada (u skladu sa regulativama EU i Republike Srbije).

Sistemi odnosno proizvodi biće prvenstveno mobilni (70%), kompaktni (tipični gabariti: 4500x2500x2500 do 5000x3500x2500), kao i stacionarni (30%), koji su većih gabarita i smešteni su u posebno uređenom prostoru [7,8].

Cilj je takođe, da se u svakoj fazi sprovođenja pripremnih i operativnih aktivnosti, obezbedi i odgovarajuća dokumentacija [5]. Dakle, na nivou faza može se uspostaviti sledeći sklad urađeno-dokumentovano:

- 1) identifikacija čvrstog otpada – uputstvo za selektiranje otpada sa obrascima za prijavu vrste otpada;
- 2) prikupljanje i selekcija otpada - uputstvo za selektiranje otpada sa izveštajem o količinama;
- 3) transportovanje i skladištenje otpada – sa uputstvom za transport i skladištenje i izveštajem o količinama netretiranog-sirovog otpada;
- 4) tretiranje otpada – uputstvo za transport, doturanje, tretman i odlaganje baliranog ili briketiranog otpada;
- 5) transportovanje i skladištenje tretiranog otpada,
- 6) evidencija i izveštavanje o čvrstom otpadu – uputstvo za izradu izveštaja za problematiku kvaliteta i ekologije i izveštaj za Agenciju za reciklažu;
- 7) deponovanje ili prodaja i isporuka gotovih proizvoda – uputstvo za trajno deponovanje otpada ili prodaju tretiranog otpada, sa odgovarajućim izveštajima.

Ističe se da se na centralnim sanitarno-komunalnim deponijama sme deponovati samo tretirani otpad kojim se ne zagađuje životna sredina a koji ne može dalje da se reciklira i ponovo koristi.

Trajno rešenje problema čvrstog industrijskog otpada podrazumeva, uvođenje reda u industriju, uštedu sa aspekta korišćenja skladišnog prostora, redukciju troškova transporta i energije, a definitivno i ekonomsku dobit od prodaje selektiranog i tretiranog otpada.

2.1 Potrebe

Evidentno je da naš metaloprerađivački kompleks sada slabo radi ali se ovim projektom i novom vrstom proizvoda svrstavamo u grupu važnih isporučilaca proizvoda i davaoca usluga aktuelnog tehničko-tehnološkog i ekološkog nivoa, od interesa za sve koji raspolazu čvrstim industrijskim otpadom, a koji će i kod nas još značajnije raspolagati, pošto se nakon privatizacije očekuje obavezno i unapređenje industrijske proizvodnje.

Prva Petoletka posluje u izrazito industrijskom okruženju (Kruševac, Trstenik, Kraljevo, Kragujevac, Čačak, Niš, Jagodina), a potrebe su identifikovane na osnovu direktnih kontakata sa nadležnim službama u domaćim firmama – velikim industrijskim sistemima metaloprerađivačke industrije u Rasinskom i Raškom okrugu.

Prva Petoletka je, u periodu I-XII.2006.godine, raspolagala sa 96-190 t/mesečno metalnog otpada. Procena je, da će samo Prva Petoletka u budućnosti, nakon privatizacije, imati metalnog otpada više od 6000 t/god, za šta je potrebno da bar 4 sistema rade stalno godinu dana.

Sagledavajući moguće količine industrijskog otpada, nakon privatizacije firmi iz okruženja u narednom periodu, samo na nivou Rasinskog okruga, za dve naredne godine biće potrebno minimalno 46 sistema.

2.2 Ciljne grupe i korisnici

Ciljne grupe odnose se na preduzeća iz oblasti: drvne industrije, proizvodnje papira, metaloprerađivačke industrije, tretmana sekundarnih sirovina, metalurgije i reciklaže itd. Direktni korisnici mogu biti proizvodne firme a indirektni, davaoci usluga i distributeri čvrstog otpada.

Direkto uključeni korisnik bio bi "PPT-Hidraulika" AD, u sistemu IHP "Prva petoletka"-Trstenik.

Moguć broj korisnika je na nivou od oko 135. Troškovi razvoja će se amortizovati već na nivou 15-20 plasiranih proizvoda. Ukupna realizacija bila bi na nivou 3 mil EUR, a zarada za isporučioce proizvoda bila bi na nivou 860.000 EUR., prema odgovarajućoj studiji.

2.3 Razlozi za odabir ciljnih grupa, korisnika rezultata i aktivnosti

Presudno za izbor ciljnih grupa uticala je dosadašnja saradnja Prve Petoletke i preduzeća u okruženju i sagledavanje njihovih potreba, kao i sagledavanje potreba lokalne samouprave (opština u kojima ove firme posluju) po pitanju efektivnijeg rada njihovih javnih komunalnih sistema.

Predmetne ciljne grupe su izuzetno važne. Posredstvom racionalnijeg poslovanja, efektivnog i ekološkog razrešenja problema otpada stvaraju se bolji uslovi zaštite životne i radne sredine, a posredno i otvaranje novih radnih mesta i upošljavanje novih radnika, od inženjera-tehnologa i ekologa do nekvalifikovanih radnika na operativnim, rutinskim poslovima tretmana otpada.

2.4 Metodologija istraživanja i razvoja

Istraživanje i razvoj već se realizuju od strane kompetentnog mešovito istraživačkog tima. Time se obezbeđuje potrebno i jednoznačno prevođenje zahteva korisnika u tehničke specifikacije isporučioaca.

Upravljanje realizacijom projekta biće u skladu sa aktuelnim svetskim dostignućima, primereno realizaciji predmetnog posla.

Preme istraživanjima u ovoj oblasti postoji više komplementarnih projekata na nivou industrijskog razvoja, kako u vezi sistema i presa tako i u vezi određenih modula i alata.

Bitno je da se napomene da će se na ovaj projekat nadovezivati drugi projekti, radi daljeg doterivanja i unapređenja performansi razvijenih predmetnih sistema-proizvoda.

Preduzeće "Prva petoletka-NIC" AD radi na istraživanju, razvoju, inženjeringu procesa i proizvoda, čime NIC proširuje bazu znanja i stiče reference i dobit na tržištu.

Preduzeće "PPT-Hidraulika" AD je ozbiljan proizvođač i isporučilac sofisticiranih proizvoda pa se dakle, ovim proširuje asortiman i na predmetni budući sistem-proizvod i takođe stiče dobit na tržištu.

MNZŽS Republike Srbije, pospešuje inovacionu delatnost i implementaciju nauke i istraživanja u industriju, namenski stimulišući učesnike u realizaciji ovakvih projekta, i time dokazuje ispravnost svoje misije.

2.5 Očekivani rezultati i doprinosi na bazi realizacije predmetnog projekta

U kontekstu relevantnih potreba, daje se osnovni doprinos poboljšanju situacije u predmetnoj oblasti na duži rok, a što je moguće samo ako se obezbedi novi-konkurentan proizvod za tretman čvrstog otpada, kao i odgovarajuće tehnologije u vezi baliranja i briketiranja otpada.

Ciljna grupa korisnika/kupaca, kako za domaće potrebe tako i za potrebe izvoza, moći će da operiše novim potencijalom, stavljajući u funkciju nove ekološki ispravne proizvode i procese, uz potpunu artikulaciju tržišta odgovarajućih proizvoda-materijala na bazi tretiranog čvrstog industrijskog otpada, poput standardnih sirovina, repromaterijala i polufabrikata.

Na osnovu sprovedenih istraživačkih i razvojnih radova uz objektivnu primenu naučnih metoda treba da se dođe definitivno do optimalnog rešenja sistema za tretman čvrstog industrijskog otpada, uz razvijene nove tehnologije i procese, a u skladu sa primenom novih namenski razvijenih postrojenja i opreme. Uz navedena poboljšanja kompletne logističke opreme ostvariće se značajan doprinos upravljačkim kapacitetima realizatora, naročito po osnovu upravljanja materijalom.

Evidencija i izveštavanje o čvrstom otpadu prema Agenciji za reciklažu biće znatno olakšani i pouzdaniji.

Deponovanje i/ili prodaja i isporuka gotovih proizvoda tretiranog otpada, odvijaće se na manjem angažovanom prostoru (manja uređena skladišta, precizno trasiran manipulacioni prostor), kao i uz niže troškove transporta, što treba direktno da utiče na smanjenje ukupnih troškova, ali i da dovede do pozitivnih efekata od prodaje materijala-tretiranog otpada.

U ovom trenutku, ne postoje precizni statistički podaci o industrijskom otpadu za naznačenu ciljnu grupu, pa bi se i ovaj problem precizno obradio u okviru predmetnog projekta, čime će se dobiti realnija osnova za rešavanje konkretnih problema i planiranje budućih potreba.

Cilj je da se postojeća situacija prevaziđe i obezbede poboljšanja na duži rok, a u skladu sa zadovoljenjem rastućih potreba industrije i urbanih sredina uopšte, pošto se očekuje i porast industrijske proizvodnje nakon privatizacije velikih industrijskih sistema.

2.6 Doprinos uvećanju izvoza i smanjenju uvoza

Novi proizvodi, tj. novi sistemi za tretman čvrstog industrijskog i komunalnog otpada, smanjiće našu (realizatora, korisnika i zemlje u celini) zavisnost od uvoza, i omogućiti unapređenje izvoza.

Prema našim sagledavanjima, najpre će se moći ostvariti dobri poslovni izvoznici rezultati u zemlji bivše SFRJ, tj. zemlje sa kompatibilnom industrijom kao što je naša.

Treba napomenuti, da tretman otpada, kao što su papir (kancelarijski papir, kartonska ambalaža i sl.) i drvo (daske, drvena ambalaža, palete, sanduci, strugotina i sl.), čega ima u svakoj proizvodnoj celini, može da se ekstrapolira i na tretman otpada drvne industrije i šumskog otpada, sa velikom verovatnoćom implementacije razvijenih sistema i opreme u okviru ovog projekta.

Kompletna proizvodnja sistema za tretman čvrstog otpada bazira se na domaćim komponentama i materijalima, sa najznačajnijim inputom po osnovu primene hidrauličkih i pneumatskih uređaja i komponenata iz proizvodnog programa IHP "Prva petoletka" AD, Trstenik (više od 55% ukupne cene proizvoda), a ostala inputna karakteristika odnosi se na mašinsku konstrukciju-strukturu od standardnih materijala i upravljački sistem (isporučio bi mogli biti MIN-Niš i EI-Niš), pri čemu bi integraciju kvalitetno mogla izvršiti IHP "Prva petoletka" AD, neposredno "PPT-Hidraulika" AD.

3. PRIKAZ HIDRAULIČKE PRESE ZA BALIRANJE I BRIKETIRANJE ČVRSTOG PAPIRNOG I DRVNOG OTPADA

Praktično, jedna od posebnih i najvažnijih stavki jeste svakako presa, uz pripadajuću opremu za pripremu ulaznog otpada: radi sušenja mase (ili bolje rečeno za dovođenje mase na odgovarajući nivo vlažnosti, praktično od 10-18%), te za obezbeđenje količina i geometrijskih i drugih karakteristika ulaznog otpada (kod drveta: granulacija, usitnjenost 3-15 mm, koeficijent briketiranja 5-30, da bi se dobila specifična masa briketa 800-1400 kg/m³), uključujući i eliminaciju metalnih predmeta, peska, kamenja i sl. Radna temperatura zagrevanja materijala-drvnog otpada u toku presovanja tipično iznosi 70-90 °C. Za baliranje papira nije potrebno zagrevanje.

Vezano za oba razmatranja, ispostavilo se da bi perspektivu za reprezentativne količine industrijskog otpada ove vrste mogle imati prese tipa HPBB10, sa sledećim performansama:

- Instal. snaga: **N=9,5 kW**
- Sila presovanja: **F_{izv}=320 kN**
- Radni pritisak: **P_r= 280 bar**
- Vreme (izvl. klipa) presov.: **t_{izvl}=16 s**
- Vreme (uvl. klipa) vraćanja: **t_{uvl}=11 s**
- Hod klipa **H=1000 mm**
- Protok pumpe promenljive zapremine **Q_p=48 l/min**
- Zapremina rezerv. za ulje: **V_r=125 l**
- Kapacitet briketa: **Q_b= 1-5 m³/h**
- Osnovne dim. prese: **1500x1015x2800.**

Moduli za pripremu drvnog otpada i papira/kartona za ulazak u presu radi tretmana, svakako se razlikuju, ali o tome ovde neće biti reči, već će to biti predmet razmatranja nekih budućih radova.

Naravno, ukoliko se ispostavi potreba za tretmanom većih količina, kao i potreba za većom dinamikom obezbeđenja bala i briketa, kao potencijalnog goriva (na primer, energetski briketi koji imaju toplotnu moć od 11.720-16.750 kJ/kg, u skladu sa [7], u zavisnosti od klase), moguće je, na bazi programa IHP "Prva petoletka"-Trstenik, neposredno programa njenog konstitutivnog društva "PPT-Hidraulika" AD, razviti i svaka druga upotrebljiva i racionalna rešenja presa, linija i druge pogodne opreme.

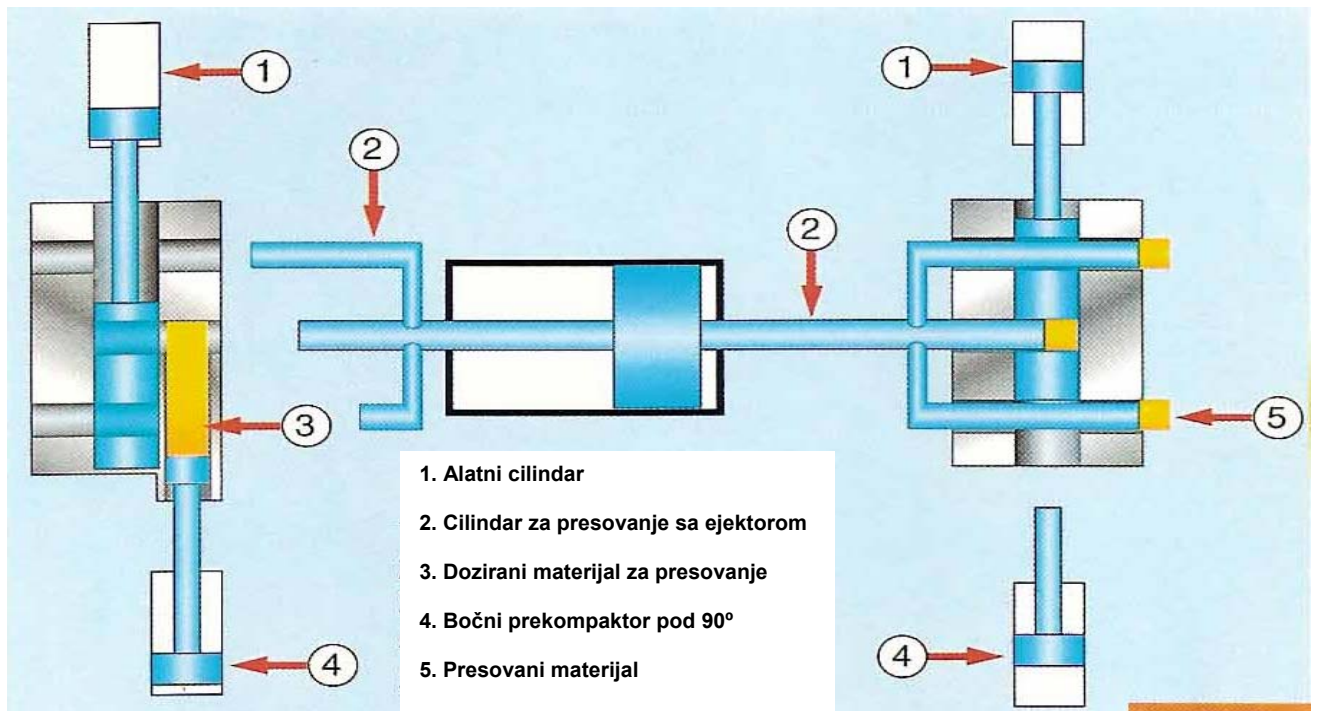
4. PRIKAZ HIDRAULIČKE PRESE ZA BRIKETIRANJE ČVRSTOG METALNOG OTPADA

Kod metalnog otpada, za racionalnu pripremu operacija, dolaze u obzir prvenstveno sečenje i doziranje količina ulaznog materijala, a kod briketiranja metalne strugotine, pored doziranja, mora se vršiti i eliminacija uljnih zagađenja.

Karakteristike izlaznog materijala u osnovi su determinisane ulaznom sirovinom (crni otpad od čelika, beli otpad od Al-legura, obojeni otpad od Cu-legura), praktično sa vrlo malim koeficijentom briketiranja.

Tehnološki sistemi, linije, prese i logistička oprema, obuhvataju najznačajnije podsisteme i uređaje kao što su: uređaji za prikupljanje i cirkulaciju materijala kroz radni prostor, hidrauličku presu za baliranje i/ili briketiranje različitog otpada, alate i pripadajuću logističku opremu, uz programsko upravljanje režimom rada sistema, bazirano na mikroprocesoru [6,7].

Šematski prikaz rada prese dat je na sl. 1, opšti izgled jedne prese za briketiranje (sa izgledom ulaznog materijala i izlaznim briketom) dat je na sl. 2.



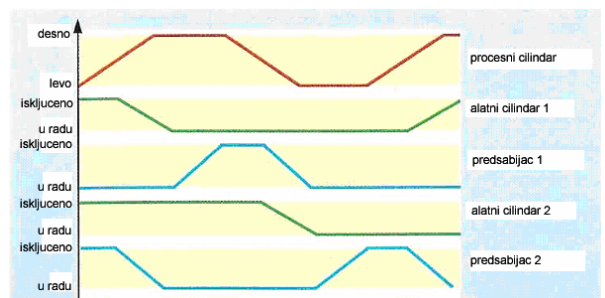
Slika 1. Šematska ilustracija prese za briketiranje



a)



b)



c)

Slika 2. Presa za briketiranje

a) opšti izgled prese

b) materijal namenjen presovanju i otpresak

c) blok dijagram rada prese

Karakteristike navedene prese prema slici 1. i 2. su:

- Instalirana snaga: $N=11$ kW
- Sila presovanja: $F_{izv}=70$ kN
- Radni pritisak: $P_r=280$ bar
- Vreme izvlačenja klipa cilindra i
- uvlačenja po ciklogramu: $t=2,5$ min
- Hod klipa $H=1000$ mm
- Protok pumpe promenljive zapremine $Q_p=48$ l/min
- Zapremina rezerv. za ulje: $V_r=125$ l
- Kapacitet briketa: $Q_b=80$ dm³/h
(200-600 kg/h)
- Osnovne dim. prese: 4600x2620x2400

5. ZAKLJUČCI

Definisani i analizirani problem, kao i njegovo delimično razrešenje (u domenu razvoja kapaciteta, mašina i opreme u oblasti tretmana industrijskog čvrstog drvnog otpada, može da posluži kako u razvojno-proizvodne svrhe kompatibilnim isporučiocima komponenata, uređaja i podsistema opreme predmetne kategorije, tako i u edukativne svrhe mlađim istraživačima, saradnicima i studentima, koji će se sasvim sigurno morati ozbiljnije baviti ovim problemom jer će im se to sve više nametati.

Razvoju procesne opreme, za rešavanje najrazličitijih problema u domenu tretmana i tehnološkog, energetskog i ekonomskog iskorišćenja nekonvencionalnih goriva i materijala, mora se posvetiti posebna pažnja. Realno se nameće i potreba za razvojem, proizvodnjom i plasmanom novih konkretnih tržišno orijentisanih proizvoda, uz angažovanje pogodnih industrijskih kapaciteta, kakvi postoje u zemlji, a koji svakako nisu u dovoljnoj meri iskorišćeni.

Predmetna grupa diskutovanih proizvoda sigurno ima odgovarajuću dobru perspektivu, pa se u skladu sa iznetim, može identifikovati više pravaca i programa razvoja mašina i opreme, za čiju realizaciju postoje adekvatni (ili uz minimum doopremanja) domaći istraživačko-razvojni i industrijski kapaciteti. Uspeh svakako treba tražiti u dobroj kooperaciji i odgovarajuće zastupljenoj specijalizaciji, u vezi domaćih preduzeća i kadrova, u rešavanju identifikovanih zadataka.

LITERATURA

1. Tomić R., A contribution to the identification of basic aspects of management in research and development functions within manufacturing companies, MVM – Volume 30, Number 1; YU ISSN 1450-5304, UDC 621+629(05)=802.0; UDC: 658.5; 659.235; Kragujevac, March, 2004. p. 59 – 69.
2. Tomić R., Prilog objektivizaciji domaćih dostignuća u vezi sistema kvaliteta prema JUS ISO 9000, 5.DQM Konferencija "Dependability and quality management", Beograd, 2002., p. 267-273.
3. Radovanović M., Krkić M., Tomić R., New instruments and protection wood procedure development and application with creoste oil, 2nd International Conference "Research and development in mechanical industry-RaDMI 2002", Vrnjacka Banja, 2002, p.1050-1054.
4. Milovanović B., Stanković V., Nedeljković V., Tomić R., Razvoj mikrotalasnih aplikatora za sušenje materijala (EE-0085), Niš, 2003-4.
5. Nedeljković V., Tomić R., Prilog unapređenju tretmana industrijskog otpada sa aspekta zaštite životne sredine, ELECTRA IV, Tara, 2006., str.419-424.
6. Ćurčić S., Ječmenica R., Đurić M., Tomić R., Razvoj i primena logističkih sistema za korišćenje biomasa i otpadnog drveta kao energenta u domaćinstvima i industriji (EE-243005A), Čačak-Trstenik, 2006-9.
7. Ćuk M., Arnaldo N., Tomić R., Studija moguće opreme i pripreme goriva radi supstitucije električne energije za grejanje (interna studija), Jagodina-Trstenik, 2006.
8. Opšta eksterna i interna dokumentacija: standardi, norme, direktive, prospekti, katalogi, Trstenik, 2006.

RESEARCH OF PARAMETERS FOR SYSTEM OF HARD INDUSTRIAL WASTE TREATMENT

Summary:

This paper contain necessairly is based on common established and acceptable principles, achievements and research and development supposes and real improvements in normative dees, organization, technic and technology, quality and enviroment protection, energy and economy.

Especially attention to development of systems and equipment for hard industrial waste is dedicated.

As emphasized, in cental sanitary-communal depots are admissible to put only the treated waste which does not life environment contaminate. That kind of waste can not bi recycled.

Key words: waste management, industrial waste, tree waste, metallic waste.



Vukelić, Đ.; Hodolič, J.*

UNIFIKACIJA KONSTRUKCIJE PRIBORA

Rezime

Analizom celokupne problematike pribora dolazi se do saznanja da se neracionalno koristi puno različitih pribora za opremanje istih ili sličnih operacija obrade. Da bi se ovaj broj sveo na opravdanu meru potrebno je izvršiti analizu i sistematizaciju pribora. To je moguće sprovesti metodama grupisanja po određenim karakteristikama. Kod pribora za mašinsku obradu grupisanje u odgovarajuće klase je moguće ostvariti primenom unificiranih konstrukcija. Na osnovu razvijenog klasifikatora pribora i izgrađene metodologije moguće je unificirati pribore na različitim nivoima operativne upotrebljivosti. U radu se prikazuju etape i rezultati unifikacije pribora.

1.0. UVOD

Metode tehnološke pripreme proizvodnje, posebno u delu koji se odnosi na pribore, najčešće se baziraju na individualnom prilazu za svaki radni predmet i svaku operaciju obrade. Kao posledica toga razvijaju se pribori originalne konstrukcije. Ove metode bi trebalo sve više istiskivati iz proizvodne prakse i zameniti ekvivalentnim koje znatno skraćuju rokove i troškove projektovanja i izrade pribora i njegovih sastavnih elemenata. Primena tipskih rešenja u tehnološkoj pripremi proizvodnje smatra se jednom od najefikasnijih mera poboljšanja kvaliteta, smanjenja rada i troškova osvajanja novih pribora. Kod pribora za mašinsku obradu ovakva rešenja se ostvaruju primenom unifikacije konstrukcija pribora i njegovih sastavnih elemenata.

2.0. UNIFIKACIJA PRIBORA

Unifikacija pribora predstavlja kompleks mera za racionalno smanjenje tipova konstrukcija i dimenzija. Osnovni cilj unifikacije se sastoji u tome da se objedine pozitivne osobine svih konstrukciono-eksplatacionih tipova pribora (univerzalni, specijalni, itd.). Tu se pre svega misli na široku mogućnost njihove primene i standardizacije, veliku tačnost pozicioniranja radnog predmeta, brzinu i preciznost stezanja, mogućnost istovremene obrade nekoliko radnih predmeta, itd. Unificiraju se, kako cele konstrukcije tako i pojedinačni elementi. Unificirane konstrukcije, koje imaju visoko kvalitetne pokazatelje i široku primenu je potom moguće standardizovati. Na taj način kao logičan kraj unifikacije nastaje standardizacija. Kao objekti za unifikaciju uzimaju se: elementi slične namene i sličnih dimenzija, podsklopovi sličnih funkcija koji se neznatno razlikuju po dimenzijama i eksploatacionim karakteristikama, konstrukcije pribora za tipske operacije sa identičnim šemama pozicioniranja i geometrijskim karakteristikama radnih predmeta čije se dimenzije nalaze u određenim opsezima, itd.

3.0. ETAPE UNIFIKACIJE PRIBORA

Polazne podatke prilikom stvaranja unificiranih konstrukcija pribora predstavljaju podaci o operacijama obrade i crteži pribora. Moguće je grupisati operacije obrade i konstrukcije pribora po osnovnim konstruktivno tehnološkim parametrima i na osnovu dobijenih grupa da se stvore osnovne unificirane konstrukcije pribora.

* mr. Đorđe Vukelić, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad,
e-mail: vukelic@uns.ns.ac.yu

dr Janko Hodolič, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad,
e-mail: hodolic@uns.ns.ac.yu

Prvi deo procesa unifikacije sadrži analizu operacija obrade kada se određuju tipski predstavnici ovih operacija i u skladu sa njima stvaraju principijelne konstruktivne šeme pribora. U suštini, to su pripremne etape u kojima se stvara informaciona baza unifikacije, sistematizuju podaci o operacijama obrade i spremaju predlozi za kompleksnu konstrukcionu unifikaciju pribora.

Drugi deo procesa obuhvata sintezu baznih konstrukcija, razradu tipskih konstrukcija pribora na osnovu svakog tipa radnog predmeta, razradu radnih konstrukcija pribora na osnovu tipskih, unifikaciju pojedinačnih elemenata pribora u skladu sa konstrukcijama osnovnih delova i zamenljivih i/ili podešavajućih elemenata koji čine radne konstrukcije. Proces izrade unificiranih pribora (baznih konstrukcija, tipskih konstrukcija, radnih konstrukcija) nije oštro razgraničen. Oni se razdvajaju paralelno na osnovu kompleksne analize tipskih predstavnika i podataka koji se nalaze u operacijama obrade i crtežima pribora.

Razrada principijelnih šema tipskih konstrukcija je osnovna, najkomplicovanija i najodgovornija etapa unifikacije pribora. Svi dalji radovi se baziraju na korišćenju sistematizacije što omogućava da se smanji raznolikost konstrukcija.

U skladu sa principijelnim tipskim šemama koje se formiraju u prvoj etapi unifikacije, razrađuju se bazne konstrukcije pribora, koje su po svom sadržaju identične sa principijelnim tipskim šemama. One su takođe konstruktivne šeme koje su konkretizovane upotrebom određenih delova.

U procesu razrade tipskih konstrukcija vrši se konstruktivno opremanje odgovarajuće bazne konstrukcije sa zamenljivim i/ili regulišućim elementima za pozicioniranje i stezanje određenog tipa radnih predmeta.

Za svaku operaciju obrade ili grupu operacija obrade koje čine skup u skladu sa tipskom konstrukcijom razrađuje se radna konstrukcija, koja predstavlja radni dokument za definisanje te operacije. U procesu razrade konkretizuje se tipska konstrukcija, koja se koristi kao slepi crtež na koji se nanose konkretni elementi. Metodologija i etape unifikacije pribora date su u tabeli 1.

R. br	Etape unifikacije	Rezultat
1	razrada principijelnih šema tipskih konstrukcija, analiza i izbor dimenzionih karakteristika konstrukcija	principijelne tipske šeme
2	svođenje tipskih šema u bazne konstrukcije pribora	bazne konstrukcije
3	razrada tipskih konstrukcija korišćenjem osnovnih delova i sklopova pribora	tipske konstrukcije
4	razrada radnih konstrukcija korišćenjem tipskih konstrukcija pribora	radne konstrukcije
5	razrada unificiranih delova pribora	delovi i sastavne jedinice

Tabela 1. Etape sistemske unifikacije konstrukcije pribora

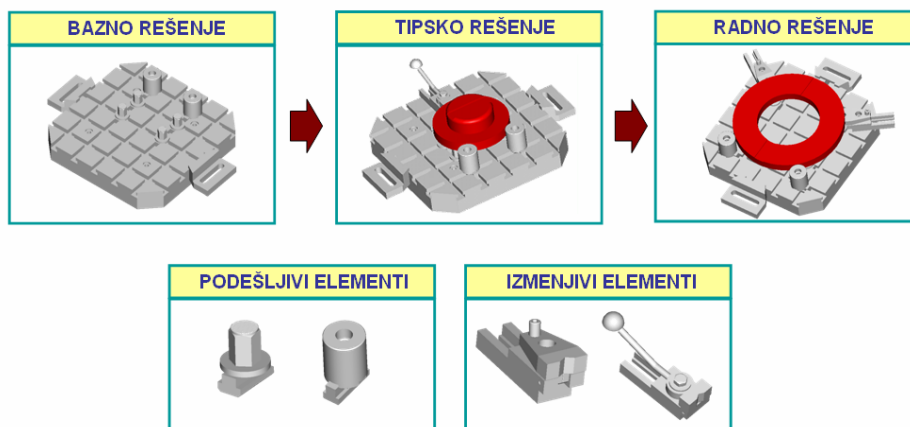
Princip unifikacije konstrukcija pribora po šemi bazna konstrukcija, tipska konstrukcija, radna konstrukcija i podešljivi i/ili izmenjivi elementi, prihvatljiv je za sve klase pribora.

Bazna konstrukcija predstavlja univerzalni sklop, tj. skup elemenata višeznačnog korišćenja u konstrukcijama pribora nekoliko tipova i dimenzija. Bazne konstrukcije su takvi oblici konstrukcija pribora koji imaju sličnu šemu pozicioniranja i geometrijski oblik radnog predmeta.

Tipska konstrukcija je konstrukciona šema pribora, napravljena na osnovu bazne konstrukcije i sadrži prvenstveno osnovne tipske elemente za pozicioniranje i stezanje radnih predmeta određenog tipa. Tipske konstrukcije pribora imaju slične karakteristike obrade, šemu stezanja, šemu pozicioniranja i geometrijske karakteristike radnih predmeta za koje se mogu upotrebiti.

Radna konstrukcija pribora predstavlja skup osnovne ili tipske konstrukcije i grupe izmenjivih i/ili podešljivih elemenata u skladu sa konkretnom operacijom obrade. Radna konstrukcija predstavlja finalnu konstrukciju pribora koja se primenjuje na radnom mestu u toku procesa obrade.

Na slici 1, na jednom primeru, prikazane su etape konstruktivne unifikacije pribora.



Slika 1. Etape konstruktivne unifikacije pribora

U procesu razrade unificiranih konstrukcija pribora razrađuju se, a zatim unificiraju i elementi pribora. Kao što je već rečeno, podela poslova kod stvaranja unificiranih konstrukcija na etape je uslovna. Ovo se odnosi i na razradu unificiranih i elemenata pribora. Elementi koji imaju isti geometrijski oblik, strukturu i merne lance, objedinjeni su u jedan tip. U zavisnosti od stepena unifikacije konstruktivne elemente je moguće podeliti u tri grupe kako je to prikazano u tabeli 2.

Grupa	Stepen unifikacije	Karakteristika	Crtež
1.	potpuno unificirani	imaju određen oblik, strukturu i dimenzije	
2.	delimično unificirani sa postojećom konfiguracijom	imaju određen oblik i strukturu a promenljive dimenzije	
3.	delimično unificirani sa promenljivom konfiguracijom	mogou se korigovati po obliku, strukturi i dimenzijama	

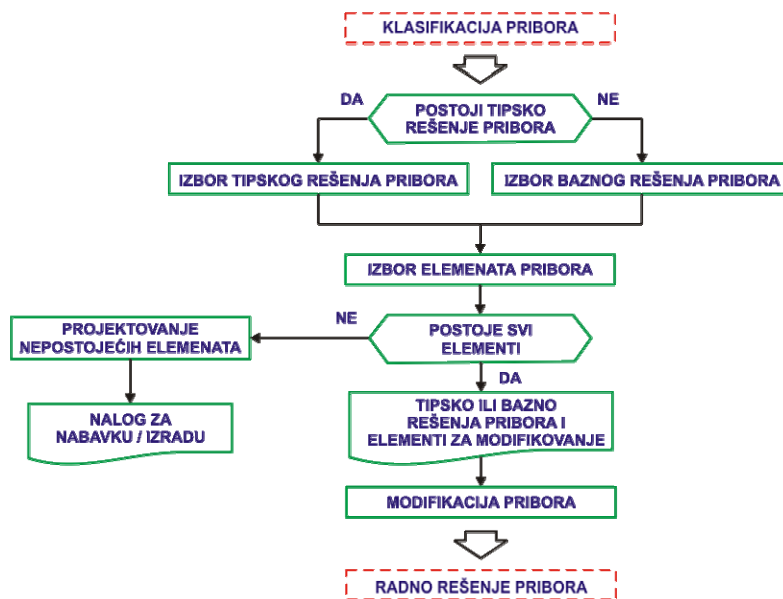
Tabela 2: Klasifikacija konstruktivnih elementa po stepenu unifikacije

4.0. STRUKTURA SISTEMA ZA UNIFIKACIJU PRIBORA

Unifikacija pribora i njegovih elemenata dobija na značaju ukoliko se integriše sa sistemom za automatizovano projektovanje pribora. Algoritamska struktura izbora unificiranog rešenja pribora u okviru kompleksnog sistema za automatizovano projektovanje pribora data je na slici 2.

Na osnovu potrebnih informacija bitnih za projektovanje pribora (karakteristike obrade, radnog predmeta, pozicioniranja i stezanja) vrši se generisanje klasifikacione oznake potrebnog pribora za posmatranu operaciju obrade uz pomoć datoteke klasifikacionih obeležja odgovarajuće baze podataka. Klasifikaciona oznaka predstavlja ključ za pretraživanje datoteke gotovih konstruktivnih rešenja pribora.

U slučaju da u bazi podataka postoji tipsko ili bazno rešenje pribora vrši se, u prvom koraku, izbor tipskog ili baznog (osnovnog) rešenja. Za odabrano (postojeće) tipsko ili osnovno rešenje pribora biraju se elementi pribora neophodni sa ostvarivanje određenih modifikacija. Izbor pojedinih elementa se vrši po unapred definisanim kriterijumima izbora iz datoteke elemenata pribora.



Slika 2. Algoritamska struktura unifikacije pribora

Kriterijumi izbora elemenata pribora su sadržani u klasifikacionom broju potrebnog pribora. Modifikovanje pribora podrazumeva da se određeni elementi pribora dodaju ili podese u odnosu na osnovni sklop pribora. Osnovni sklop čini grupa elemenata pribora, koji se koriste kako u tipskom ili baznom rešenju tako i u radnom rešenju pribora. Na izlazu se dobija tipsko ili bazno rešenje pribora kao i odgovarajući broj elemenata pribora pomoću kojih je potrebno izvršiti odgovarajuće korekcije u cilju dobijanja radnog rešenja pribora.

5.0. IZLAZNI REZULTATI

Sa definisanom klasifikacionom oznakom se ulazi u bazu podataka i pretražuje se datoteka gotovih konstruktivnih rešenja pribora. Utvrđuje se stepen poklapanja potrebne klasifikacione oznake pribora sa postojećim. Sva karakteristična konstruktivna rešenja pribora (radna, tipska i bazna) se filtriraju (ukoliko postoje) i prikazuju na posebnoj formi (slika 3). Redosled po kome se karakteristična rešenja prikazuju, u za to određenim poljima, se definiše tehno-ekonomskom optimizacijom, počev od najboljeg ka najlošijem.

Slika 3. Izgled forme sa mogućim konstruktivnim rešenjima pribora

ELEMENTI PRIBORA ZA MODIFIKACIJU : Form

ELEMENTI PRIBORA ZA MODIFIKACIJU

ELEMENTI PRIBORA KOJE TREBA DODATI

IDENTIFIKACIONA OZNA	NAZIV ELEMENTA	FUNKCIONALNA GRUPA	KOMADA
▶ 2329.012	Pritezni sklop tip tip 5	Element za stezanje	2
2321.745	Nosač priteznog sklopa	Nadogradni element	2
2321.521	Pritezni sklop tip tip 9	Element za stezanje	2
2321.740	Nosač priteznog sklopa	Nadogradni element	2
2301.815	T navrtka	Element za vezu	2
2304.111	Vijak	Element za vezu	2

Record: 1 of 8

ELEMENTI PRIBORA KOJE TREBA IZMENITI ILI PODESITI

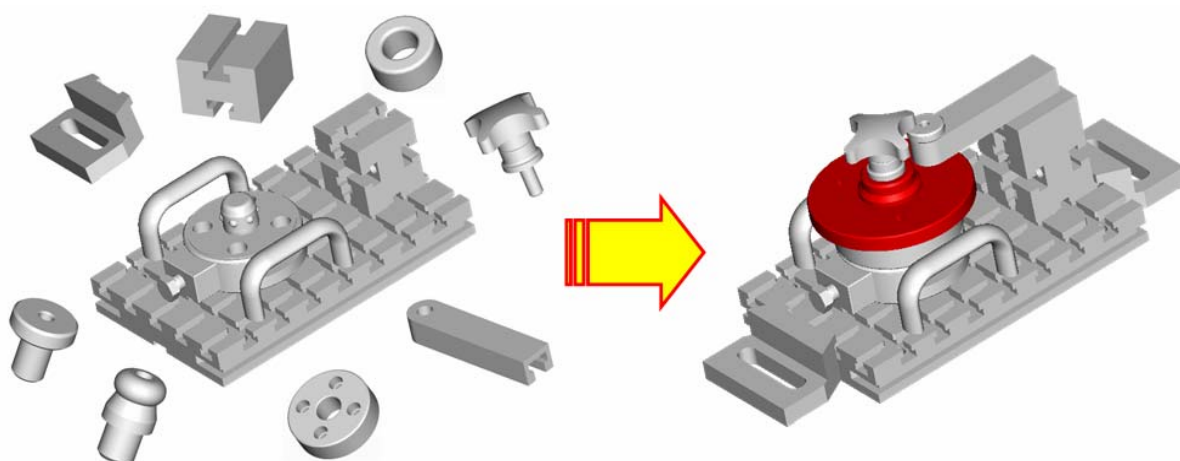
IDENTIFIKACIONA OZNA	NAZIV ELEMENTA	FUNKCIONALNA GRUPA	KOMADA
▶ 2321.321	Pritezni sklop tip 8	Elementi zastezanje	1
2321.748	Nosač priteznog sklopa	Nadogradni element	1
2301.813	T navrtka	Element za vezu	1
2304.111	Vijak	Element za vezu	1
2305.010	Podloška	Element za vezu	1
2307.010	Navrtka	Element za vezu	1

Record: 1 of 12

<<<<<< >>>>>>

Slika 4. Izgledi forme sa elementima pribora potrebnim za modifikaciju

Nakon što se odabere odgovarajuće karakteristično rešenje pribora u sledecem se koraku otvara forma sa prikazom elemenata koje bi trebalo dodati u odnosu na postojeću konstrukciju, kao i lista elemenata koje bi trebalo izmeniti i/ili podesiti u odnosu na postojeće rešenje (slika 4). Lista elemenata se formira na osnovu klasifikacione oznake potrebnog pribora, i razvijene logike odlučivanja izbora (sadržane u programskom kodu) svakog elementa iz pojedinih funkcionalnih grupa. Klasifikaciona oznaka odnosno njena pojedinačna obeležja nose odgovarajuću informaciju - kriterijum izbora. Na bazi ovih kriterijuma se biraju elementi pribora, sa jedne strane, i tipsko ili bazno rešenje pribora, sa druge strane. Ukoliko postoji tipsko ili bazno rešenje znači da postoje elementi pribora koji se mogu koristiti kako u tipskom ili baznom tako i u potrebnom. Ovi elementi predstavljaju osnovni sklop na koji se dodaju odgovarajući novi elementi pribora ili se nekim postojećim elementi koriguje položaj u sklopu - vrši se njihovo podešavanje. Modifikacija pribora se sprovodi na osnovu forme (slika 4) putem koje nam razvijeno programsko rešenje sugerise koje elemente treba dodati odnosno ukloniti ili podesiti. Elementi pribora koji se mogu koristiti u oba konstruktivna rešenja pribora predstavljaju osnovni sklop. U procesu razrade radne konstrukcije pribora vrši se konstruktivno opremanje odgovarajućeg osnovnog sklopa sa odgovarajućim izmenjivim ili regulišućim elementima (slika 5).



Slika 5. Osnovni sklop, set izmenjivih / podešljivih elemenata i radno rešenje pribora

5.0 ZAKLJUČAK

Za uspešnu unifikaciju pribora neophodno je izvršiti detaljnu analizu i sistematizaciju, tj. grupisanje konstrukcija po adekvatnim karakteristikama. Takođe je potrebno razviti adekvatan klasifikator pribora. Na osnovu podataka o tehnološkim operacijama obrade i odgovarajućim priborima korišćenjem klasifikatora pribora moguće je vršiti unifikaciju pribora na različitim nivoima, počev od bazne, preko tipske pa sve do radne konstrukcije.

Primena unificiranih konstrukcija pribora omogućava racionalizaciju procesa projektovanja istih budući da se na ovaj način eliminiše projektovanje sličnih ili identičnih konstrukcija (njihovo dupliranje) a istovremeno se bitno skraćuje vreme projektovanja nove konstrukcije.

6.0 LITERATURA

- [1] Amaral, N., Rencis, J. J., Rong, Y.: Development of a finite element analysis tool for fixture design integrity verification and optimisation, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 25, pp. 409-419, 2005.
- [2] Balasubramanian, S.: Fixture-Based Design Similarity Measures for Variant Fixture Planning, Master Thesis, Institute for System Research, University of Maryland, 1999.
- [3] Brost, R., Goldberg, K. Y.: A complete algorithm for designing planar fixtures using modular components, IEEE Transactions of Robotics and Automation 12 (1), pp. 31-46, 1996.
- [4] Boyle, I. M., Rong, K., Brown, C. D.: CAFIXD - A Case-Based Reasoning Fixture Design Method. Framework and Indexing Mechanisms, Proceedings of DETC '04 ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Salt Lake City, 2004.
- [5] Cecil, J.: Fixture design in a CIM environment, Ph. D. Dissertation, Texas A&M University, Department of Industrial Engineering, 1995.
- [6] DeMeter, E. C., Xie, W., Choudhuri, S., Vallapuzha, S., Trethewey, M. W.: A Model to Predict Minimum Required Clamp Preloads in Light of Fixture - Workpiece Compliance, International Journal of Machine Tools & Manufacture 41, pp. 1031-1054, 2001.
- [7] Hou, J. L., Trappey, A. J. C.: Computer aided fixture design system for comprehensive modular fixtures, International Journal of Production Research, Vol. 39, No. 16, pp. 3703-3726, 2001.
- [8] Rodić, M.: Razvoj strukture integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1992.

FIXTURE STRUCTURE UNIFICATION

Abstract

The analysis of the entire fixture problematic leads to the understanding that a lot of diverse fixtures are irrationally utilized for the same or similar machining operations. In order to minimize their number, it is necessary to perform fixture analysis and systematization. This is possible to be achieved using the methods based on assembling by certain characteristics. With machine operation fixtures, assembling into adequate groups is achievable using unification structures. Based on the developed fixture classifier and methodology, it is possible to unify fixtures on different levels of operative utilization. The paper presents the stages and results of fixture unification.

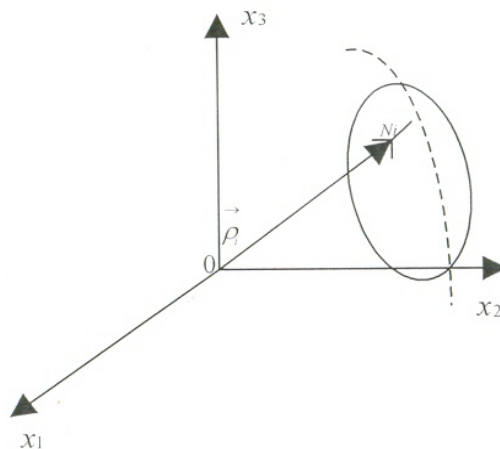
**ODREĐIVANJE HRAPAVOSTI KOD OBRADJE HONOVANJEM METODOM POVRŠINE
REAGOVANJA (ODZIVA) RSM****VRAČ mr. DAMIR
IMR-RAKOVICA**

Rezime: Primenom savremene teorije eksperimenta u radu, prikazani su eksperimentalni rezultati dobijeni ispitivanjem domaćeg sivog liva koji se koristi za izradu košuljica cilindara. Primenjena metoda korišćena je radi dobijanja hrapavosti obrađene površine nakon operacije honovanja. Eksperimentalni rezultati ispitivanja promene parametara hrapavosti u zavisnosti od brzine rezanja, pomaka i specifičnog pritiska takođe su prikazani.

Ključne reči: honovanje, brzina rezanja, pomak, specifični pritisak

1. UVOD

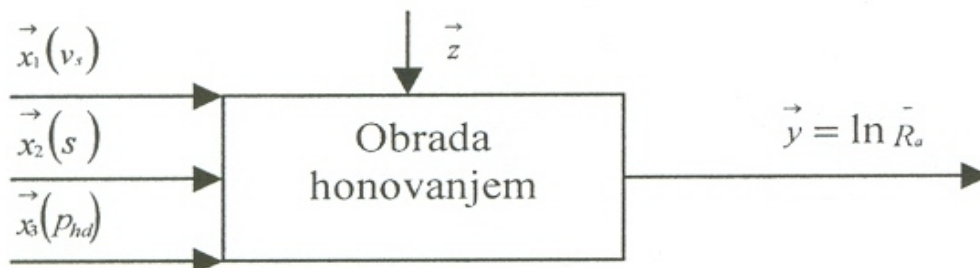
Ispitivanje uticaja elemenata režima rezanja na karakteristike kvaliteta honovane površine rađeno je prevashodno sa ciljem dobijanja eksperimentalnih podataka za obradu koja se koristi u domaćoj industriji. Hrapavost honovane površine, kao jedan od parametara za definisanje kvaliteta, uslovljen je od više uticajnih parametara kao što su: brzina rezanja, pomak, dubina obrade, količina sredstva za rashladno podmazivanje i ispiranje, i dr. Utvrđivanje uticaja pojedinih faktora na veličinu hrapavosti vrši se eksperimentalnim putem variranja parametara. Funkcionalna zavisnost hrapavosti od uticajnih parametara je primarno, kako poznavanje ovih veličina stvara uslove za upravljanje procesom honovanja radi ostvarenja pretpostavljenog kvaliteta honovane površine. U ovom radu obrađeno je merenje i nalaženje zavisnosti parametara hrapavosti pri honovanju cilindarskih otvora, od elemenata režima rezanja. Ocena i obrada izmerenih vrednosti vršena je metodom trofaktornog plana eksperimenta. Višefaktorni optimalni plan komponije se tako da skup graničnih tačaka intervala varijacije ulaznih faktora leži uvek na hipersferi obrazujuć pri tome hiperkub (za slučaj $k=3$) oko koga je opisana hipersfera. Položaj eksperimentalne tačke N_i u trofaktornom prostoru na temenu kuba oko koga je opisana sfera prikazana je na slici 1.



Slika 1 prikazuje položaj eksperimentalne tačke N_i u trofaktornom prostoru na temenu kuba oko koga je opisana sfera.

2. DEFINISANJE MATEMATIČKOG MODELA

Izabrani su najuticajniji parametri na hrapavost kod obrade na obradnom sistemu za honovanje. Slika 2 prikazuje kibernetički princip modeliranja objekta istraživanja.



Slika 2 prikazuje kibernetički princip modeliranja objekta.

Gde je: $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \vec{x}_3$ - vektori kontrolisanih veličina, \vec{z} - vektor nekontrolisanih faktora koji obuhvata i poremećajne faktore, \vec{y} - vektor karakteristika procesa;

Ulazni faktori: x_1 – brzina rezanja (m/s), x_2 – pomak (mm^0), x_3 – specifični pritisak honovanja (N/mm^2); Izlazni odabrani parametri hrapavosti: srednje aritmetičko odstojanje profila (R_a). Nekomontrolisane veličine i konstante su: trošenje i habanje alata, geometrija alata, dinamički sistem: obradni sistem- alat – obradak. Kod planiranja i izvođenja eksperimenta korištena je metodologija trofaktornog plana eksperimenta. Faktori su varirani u tri nivoa vrednosti. Odzivna površina je na ovaj način u ispitivanom intervalu u svakoj ravni određena sa po tri eksperimentalne tačke. Funkcionalna zavisnost između ulaznih i izlaznih veličina faktora potražiti će se u obliku funkcije: $R = c \cdot f_1^{\beta_1} \cdot f_2^{\beta_2} \cdot f_3^{\beta_3}$ (1)

2.1 Eksperimentalni rezultati

Ortogonalna plan matrica x eksperimenta prikazana je u tabeli 1.

Broj opita	Redosled izvođenja eksperimenta	Faktori režima rezanja			Kod promenljivih				Rezultati eksperimentalnih merenja	
		x_1	x_2	x_3	x_0	x_1	x_2	x_3	R_a (μm)	
		Plan matrica							D 181	D 151
									K50	K75
1.	2.	1,11	60,879	1,4	1	1	1	1	1,219	1,214
2.	9.	0,931	60,879	1,4	1	-1	1	1	1,195	1,200
3.	1.	1,11	51,918	1,4	1	1	-1	1	1,200	1,182
4.	10.	0,931	51,918	1,4	1	-1	-1	1	1,175	1,170
5.	3.	1,11	60,879	1,0	1	1	1	-1	0,852	0,862
6.	12.	0,931	60,879	1,0	1	-1	1	-1	0,930	0,910
7.	4.	1,11	51,918	1,0	1	1	-1	-1	0,803	0,800
8.	11.	0,931	51,918	1,0	1	-1	-1	-1	0,752	0,711
9.	5.	1,016	56,221	1,183	1	0	0	0	1,165	1,145
10.	6.	1,016	56,221	1,183	1	0	0	0	1,090	1,053
11.	7.	1,016	56,221	1,183	1	0	0	0	1,147	1,127
12.	8.	1,016	56,221	1,183	1	0	0	0	1,027	1,018

Tabela 1. Plan matrica sa rezultatima eksperimentalnih merenja.

Sve izračunate vrednosti dobijene disperzionom analizom date su u tabeli 2.

Izbor varijacije	Stepen slobode f	Suma kvadrata S		Disperzija S ²		Disperzioni odnosi F _r	
		D 181	D 151	D 181	D 151	D 181	D 151
b ₀	1	0,0123612	0,0039594	0,0123612	0,0039549	3,811*	1,276*
b ₁	1	0,0000449	0,00091489	0,0000449	0,00091489	0,013*	0,295*
b ₂	1	0,0115723	0,0174327	0,0115723	0,0174327	3,567*	5,625*
b ₃	1	0,2653273	0,28406425	0,2653273	0,28406425	81,804	91,66
Rezidualna suma	8	0,0514459	0,0497739	-	-	-	-
Ukupna suma	12	0,3407597	0,35613822	-	-	-	-
Greška eksperimenta	3	0,0097302	0,00929663	0,00324341	0,00309887	-	-
Adekvatnost mat. modela	5	0,0417156	0,040477369	0,01028918	0,00809547	3,172335	2,612395

Tabela 2. Izračunate vrednosti dobijene disperzionom analizom.

Dobijene granice od 95 % pouzdanosti, kao i izračunate vrednosti parametara hrapavosti za svaku eksperimentalnu tačku date su u tabeli 3.

Broj opita	R _a (μm) eksperimentalno		R _a (μm) računsko		R _a (μm) min		R _a (μm) max	
	D 181	D 151	D181	D 151	D 181	D 151	D 181	D 151
1.	1,219	1,214	1,1150	1,302	1,2807	1,213	1,2992	1,396
2.	1,195	1,200	1,1097	1,274	1,2746	1,188	1,2931	1,367
3.	1,200	1,182	1,0333	1,186	1,8693	1,105	1,2040	1,272
4.	1,175	1,170	1,0284	1,160	1,1813	1,082	1,1983	1,245
5.	0,852	0,862	0,7746	0,893	0,8897	0,832	0,9026	0,958
6.	0,930	0,910	0,7710	0,874	0,8855	0,815	0,8983	0,937
7.	0,803	0,800	0,7179	0,813	0,8246	0,758	0,8365	0,872
8.	0,752	0,711	0,7145	0,796	0,8207	0,742	0,8325	0,854
9.	1,165	1,145	0,8924	1,0181	1,0015	0,988	1,0646	1,049
10.	1,090	1,053	0,8924	1,0181	1,0015	0,988	1,0646	1,049
11.	1,147	1,127	0,8924	1,0181	1,0015	0,988	1,0646	1,049
12.	1,027	1,018	0,8924	1,0181	1,0015	0,988	1,0646	1,049

Tabela 3. Dobijene granice pouzdanosti, izračunate vrednosti.

2.2 Uslovi pri eksperimentalnom ispitivanju

Ispitivanja su vršena na vertikalnom obradnom sistemu za honovanje tipa VS8-50 LA- "Nagel", snage glavnog pogonskog elektromotora P=7,5 (kW), i snage pomoćnog elektromotora P=4 (kW). Pri izvođenju eksperimenta korištena je glava za honovanje tipa HLD-Ø 91,47 (mm) sa nosačima belegija za naizmenično honovanje (pred+završno). Eksperimentalna ispitivanja vršena su na materijalu specijalnom sivom livu sledećeg hemijskog sastava: C 2,8%, Si 2,21%, Mn 0,71%, P 0,61%, S 0,02%, Cr 0,35%, Ni 0%. Mehaničke karakteristike: zatezna čvrstoća $\sigma_M = 280$ MPa, tvrdoća po Brinelu HB=249. Za izvođenje eksperimenta korištene su belegije kvaliteta D 181 K50 i D 151 K75 Nagel, dimenzija 4x4x80 (mm) za pred honovanje i belegije kvaliteta NK 280 Gu 410130 HLF5 Nagel, dimenzija 10x10x80 (mm) za završno honovanje. Protok fluida za rashladno podmazivanje i ispiranje (Honol) iznosio je $\xi = 0,203$ (l/s). Materijal abraziva za pred honovanje je sintetski dijamant D, a za završno honovanje silicijum karborundum SiC. Vezivo kod belegija za pred honovanje je bakelitno, a kod belegija za završno honovanje gumeno. Ispitivanja prema planu eksperimenta vršena su na unapred pripremljenim obradcima. Sa ciljem uštede u broju eksperimenata, odnosno smanjenja troškova istraživanja, korištena je metoda planiranog eksperimenta. Ovom metodom postiže se zadovoljavajuća tačnost i pouzadost dobijenih rezultata. U ovom slučaju radilo se konkretno o potpunom trofaktornom planu eksperimenta. Za potpuni trofaktorni plan eksperimenta potrebno je obaviti svega 12 eksperimenata. Vrednosti režima rezanja varirani su prema sačinjenom planu eksperimenta u sledećim granicama: brzina rezanja $v_s = 0,931-1,11$ (m/s); pomak $s = 51,918 - 60,879$ (mm⁰) i specifični pritisak honovanja $p_{hd} = 1,0-1,4$ (N/mm²).

3. ANALIZA REZULTATA OBRADE IZMERENIH VREDNOSTI I DISKUSIJA

Ovako dobijena opšte funkcionalna zavisnost izlazećeg kvaliteta od režima rezanja vrlo je pogodna jer pored ostalog omogućuje i donošenje zaključaka u vezi definisanja procesa obrade honovanjem. Metodološku suštinu površine reagovanja predstavlja izbor matematičkog modela u kojem je reakcija matematički opisana preko funkcije nezavisno promenljivih. Osnovna zaključivanja o stepenu uticaja faktora x_i na varijablu y zasniva se na mogućnosti izdvajanja efekata delovanja faktora x_i na varijabilitet varijabli y zajedno sa mogućnosti upoređivanja tih efekata na istom nivou pouzdanosti. Matematičkom obradom rezultata eksperimentalnih ispitivanja zavisnosti hrapavosti pri procesu honovanja od uslova obrade dobija se empirijski izraz u vidu stepene funkcije elemenata režima rezanja u obliku:

$$R_{aD181} = 0,108489 \cdot v_s^{0,0269496} \cdot s^{0,4777401} \cdot p_{hd}^{1,082497} (\mu m) \quad (2)$$

$$R_{aD151} = 0,0792735 \cdot v_s^{0,121622236} \cdot s^{0,586362060} \cdot p_{hd}^{1,1200679402} (\mu m) \quad (3)$$

Regresiona i disperziona analiza pokazuju sledeće:

- da su svi koeficijenti regresije (b_i) čistog dejstva signifikantni;
- predloženi matematički model je adekvatan;
- izvršena analiza disperzionih odnosa pokazuje da za određivanje parametara hrapavosti pomoću pretpostavljenog matematičkog modela, a pri zadatim uslovima najveću ulogu ima specifični pritisak, dok su brzina rezanja i pomak manje relevantni parametri;

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu napred izloženog mogu se formulisati sledeći zaključci:

- Potpuni faktorni eksperiment PFE pogodan je da se dobiju podaci o broju uticajnih faktora na ispitivani proces.
- Pretpostavljeni matematički model u pogledu adekvatnosti matematičkog modela R_a i α je zadovoljio, ali svi parametri nisu bili signifikantni. Nesignifikantni parametri su u tabeli 2 označeni*.
- Ispitivanjem domaćeg sivog liva priloženom metodom i opremom omogućuje dobijanje izuzetno pouzdanih podataka. Obzirom na pouzdanost vrednosti podataka isti se mogu iskoristiti za banku podataka za domaću industriju.
- Ovako dobijena funkcionalna zavisnost izlazećeg kvaliteta od režima rezanja vrlo je pogodna jer pored ostalog omogućuje i donošenje zaključaka u vezi definisanja postupka obrade.

5. LITERATURA

[1] Stankov, J.: Osnove merne tehnike, FTN-Novi Sad, 1982.

[2] Podloge za predavanje na posle diplomskim studijama iz modula Metode inženjerskog eksperimenta, FTN, 1997.

DEFINING OF ROUGHNESS BY THE WORK OF SMOOSHING AND WITH THE METHOD OF SURFACE REACTION RSM

The summary: Applying the contemporary theory of experiments during the work, the experimental results presented, achieved by testing of domestic gray casting, which is used for manufacturing of cylinder liner. The applied method has been used for obtaining roughness of treated surface, after the operation of smoothing. The experimental results of examining the changing of parameters of roughness, depending on the cutting speed, moving and specific pressure which are presented too.

Key words: honing, cutting speed, moving, specific pressure

ANALIZA, EKSPERIMENTI I PRORAČUNI ZAVARIVANJA
EKSPLOZIJOM LEGURA ALUMINIJUMADr Vlado N. RADIĆ¹

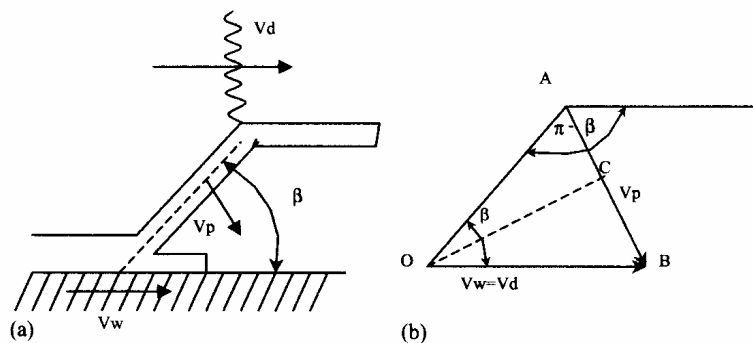
R e z i m e

Legure aluminijuma spojene su zavarivanjem eksplozijom. To je proces u kome se kontrolisana energija detonacije eksploziva koristi za generisanje metalnih spojeva između dva slična ili potpuno različita materijala. Uslovi zavarivanja su podešavani tako da se dobije interfejs koji obezbeđuje maksimalna mehanička svojstva spoja. U analizi karakteristika spoja korišćeni su analitički proračuni domena zavarljivosti, karakterizacija eksploziva kroz eksperimente i simulacije tih eksperimenata korišćenjem Ojlerovog hidrokoda sa konstitutivnim jednačinama Džonson-Kuka za legure aluminijuma.

Ključne reči: zavarivanje eksplozijom, aluminijum, eksperimenti, numeričke simulacije, jednačine stanja

UVOD

Poznato je da kvalitet i morfologija spoja dva ili više metala (legura) dobijenog zavarivanjem eksplozijom zavise od ugla sudara, brzine sudara, svojstava materijala i geometrije ploča koje se spajaju. Takođe, iz mnogobrojnih eksperimentalnih i praktično izvedenih spajanja poznato je da spoj dve ili više ploča, manje više, uvek ima talasni oblik. U poslednje vreme čine se naponi na određivanju parametara koji obezbeđuju ravan spoj. Zavarivanje eksplozijom, po fizičkim karakteristikama, blisko je balističkom efektu: mehanizam zavarivanja eksplozijom je vrlo sličan mehanizmu kumulativnog punjenja koje su opisali Birkhof, Deribas i Krosland, kao i veliki broj drugih naučnika koji su radili na analizi tog procesa. Iz paralelne konfiguracija ploča (slika 1), u kojoj je brzina zavarivanja jednaka brzini detonacije, mogu se sagledati osnovni aspekti procesa.



Slika 1. Mehaniizam zavarivanja eksplozijom: a) paralelna konfiguracija, b) geometrijska analiza

ANALIZA

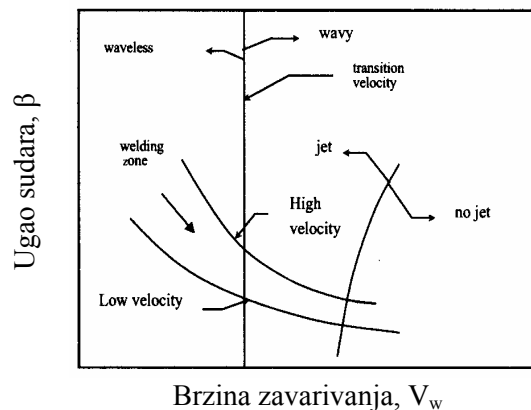
Ugao α između dve ploče jednak je nuli jer su ploče paralelne. Ugao sudara (β) dobija se iz odnosa brzine sudara i brzine ploče jednostavnom geometrijskom analizom, koja pokazuje da brzina ploče "polovi" ugao između ploče u polaznom i deformisanom stanju. Iz trougla OAB dobija se:

¹ Ministarstvo odbrane Srbije, Uprava za odbrambene tehnologije, Birčaninova 5, Beograd, vlado.radic@sezampro.yu

$$\frac{1}{2}V_p = V_d \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

Kada je ugao $\beta < 10^\circ$, može se aproksimativno koristiti izraz $V_p \approx V_d \sin\beta$. Formiranje mlaza je nužan preduslov za ostvarenje zavarivanja eksplozijom.

Witman i Deribas razvili su "prozor zavarljivosti" – slika 2. – u kome je ugao sudara (β) na ordinati, a brzina zavarivanja (V_w) na apscisi. Oni su proučavali formiranje mlaza, kritičan pritisak sudara, maksimalu brzinu sudara i brzinu prelaza iz talasne u ravnu strukturu spoja. Zaključili su da ako brzina V_w dostiže supersoničnu vrednost, tada ne dolazi do formiranja mlaza, što se dešava i kada je brzina sudara suviše mala.



Slika 2. Teoretske i praktične granice za formiranje talasa i mlaza

Prvi model kojim je na osnovu eksperimentalnih rezultata bilo moguće odrediti geometriju talasa razvio je Deribas. To je, u stvari, hidrodinamički model koji opisuje formiranje talasa analogno kretanju fluida iza prepreke. Odavde, graničnom sloju između ravne i talasne strukture odgovara laminarno-turbulentni prelaz. U mehanici fluida taj prelaz karakteriše Rejnoldsov broj (R_t), a za zavarivanje eksplozijom (prema Kauanu), on iznosi:

$$R_t = (\rho_a + \rho_b) \frac{V_t^2}{2(H_a + H_b)}$$

gde su: ρ_a i ρ_b – gustine materijala, a H_a i H_b – tvrdoće tih materijala po Vickersu.

Kasnijim istraživanjima i kombinacijom podataka iz različitih spojeva (Fe-Fe, Cu-Cu, Al-Al), uz poznate dimenzije ploča, dobijena je relacija za Rejnoldsov broj u funkciji ugla sudara sa faktorom korelacije 0,9853, prema sledećem (K_{EP} – konstanta elastoplastičnosti):

$$R_t = K_{EP} = 93,02 (\pm 9,62) - 13,45 (\pm 2,06) \beta + 0,71 (\pm 0,14) \beta^2 - 0,012 (\pm 0,03) \beta^3$$

"Prozor zavarljivosti" se analizira u konfiguraciji kada su ploče postavljene pod uglom. Uspostavljanje "prozora zavarljivosti" zahteva relaciju između ugla α i karakteristika eksploziva te ugla sudara β . Geometrijske analize u toj konfiguraciji dale su sledeće jednačine:

$$\sin\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) = \frac{V_p}{2V_d}; \quad V_w = \frac{V_p}{\sin\beta} \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right); \quad V_f = \frac{V_p}{\sin\beta} \cos\left(\frac{\beta + \alpha}{2}\right)$$

Poznavajući vrednosti α , β , V_p i V_d , brzina ploče (V_p) može se odrediti iz poznate Garnijeve jednačine za specifičnu geometriju zavarivanja eksplozijom:

$$V_p = \sqrt{2E} \left(\frac{(1 + 2/R)^3 + 1}{6(1 + 1/R)} + \frac{1}{R} \right)^{-1/2}$$

gde je: $R = C/M$ – odnos mase eksploziva i mase ploče koja se odbacuje eksplozijom, $\sqrt{2E}$ je energija Garnija.

Ako su poznate vrednosti α , β , V_d , V_p , V_f , V_w i svojstva materijala moguće je pozicionirati "prozor zavarljivosti". Donja granica zavarljivosti može se odrediti iz jednačine:

$$\beta = k_1 \sqrt{\frac{H}{\rho V_w^2}}$$

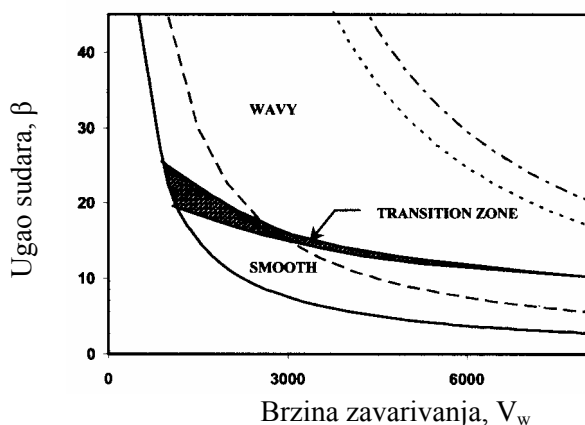
gde je: k_1 – konstanta (vrednost 0,6 odgovara visokom kvalitetu prethodno očišćenih površina ploča, a 1,2 neočišćenju površini), H – tvrdoća materijala ploče po Vickersu i ρ – gustina materijala ploča.

Gornja granica zavarljivosti može se odrediti iz jednačine:

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{k_3}{t^{0,25} V_w^{1,25}}$$

gde je: k_3 – konstanta koja se određuje eksperimentalno i jednaka je polovini brzine talasa sabijanja $k_3 = C_f/2$, $C_f = \sqrt{K/\rho}$, $K = E / 3(1 - 2\nu)$.

Sa specifičnim parametrima za aluminijum ($\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$, $H = 38 \text{ kg/mm}^2$, $C_f = 5293 \text{ m/s}$), Seket je dobio "prozor zavarljivosti" (slika 3) za ploče debljine 1,5 mm i 3 mm.



Slika 3. "Prozor zavarljivosti" za leguru aluminijuma

MODELIRANJE

U numeričkoj analizi problema zavarivanja eksplozijom metode konačnih razlika i konačnih elemenata koriste poznati Ojlerov princip, a za različite vrste materijala odgovarajuće jednačine stanja. U ovoj analizi primenjena je konstitutivna jednačina stanja Džonson-Kuka za aluminijum određenih mehaničkih svojstava. Njena prednost je što se pet konkretnih parametara mogu relativno jednostavno odrediti mehaničkim ispitivanjima. Jednačina stanja je:

$$\sigma = (\sigma_0 + B \varepsilon^n) \left(1 + C \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right) [1 - (T^*)^m]$$

$$\text{sa } T^* = \frac{T - T_r}{T_m - T_r}$$

Navedenih pet parametara su σ_0 , B , C , n i m , a T_r je referentna temperatura (na kojoj se određuje vrednost σ_0) i $\dot{\varepsilon}_0$ je referentna brzina deformacije (obično je jednaka 1). Prvi izraz u jednačini izražava naprezanje u

funkciji deformacije sa $\dot{\epsilon} / \dot{\epsilon}_0 = 1$ i $T^* = 0$, a drugi i treći izraz predstavljaju efekte deformacije i temperature. Vrednosti parametara dobijene su kvazistatičkim i dinamičkim mehaničkim ispitivanjima konkretne legure aluminijuma (oznaka po ASTM je 6061 T0). Dinamička ispitivanja izvršena su na različitim temperaturama korišćenjem metode Hopkinsonovog štapa. Prema tome, parametri jednačine stanja Džonson-Kuka za materijal ploča od legure aluminijuma su sledeći: $\sigma_0 = 60$ MPa, $B = 500$ MPa, $C = 0,02$, $n = 0,3$ i $m = 1$.

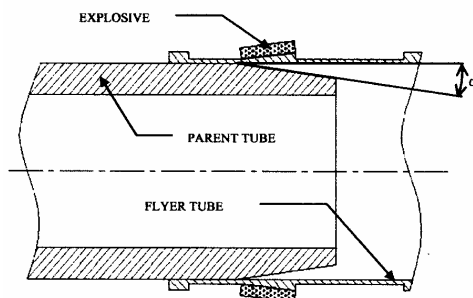
Jednačina stanja za eksploziv, poznata JWL jednačina (Jones-Wilkins-Lee), izabrana je da reprezentuje ekspanziju produkata eksplozije i definiše pritisak kao funkciju relativne zapremine V (obrnuto i gustine) i unutrašnje energije po jedinici zapremine (E), kao:

$$P = A \left(1 - \frac{\omega}{R_1 V} \right) e^{-R_1 V} + B \left(1 - \frac{\omega}{R_2 V} \right) e^{-R_2 V} + \frac{\omega E}{V}$$

gde je: P – pritisak, V – relativna zapremina, E – unutrašnja energija, ω – parametar Grinaizena, a A , B , R_1 i R_2 su konstante koje zadovoljavaju jednačine očuvanja mase, momenta i energije.

EKSPERIMENTALNI SKLOP

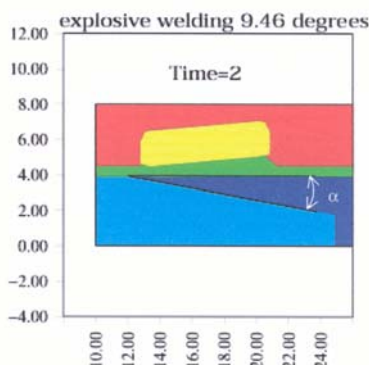
Na slici 4 prikazana je konfiguracija korišćena u zavarivanju kapsule. Eksploziv se inicira u tački i detonacija se prostire u sfernom obliku sa dva fronta. Ugao između dva cevi je α . U cilju izvršenja eksperimenta ispitivana je ploča koja se odbacuje. Eksploziv korišćen u eksperimentima je plastični eksploziv PETN (pentaeritritoltetranitrat), poznat i kao "pentrit", sa linearnom gustinom od 4,25 g/m i brzinom detonacije 7900 m/s.



Slika 4. Konfiguracija korišćena u eksplozivnom zavarivanju kapsule

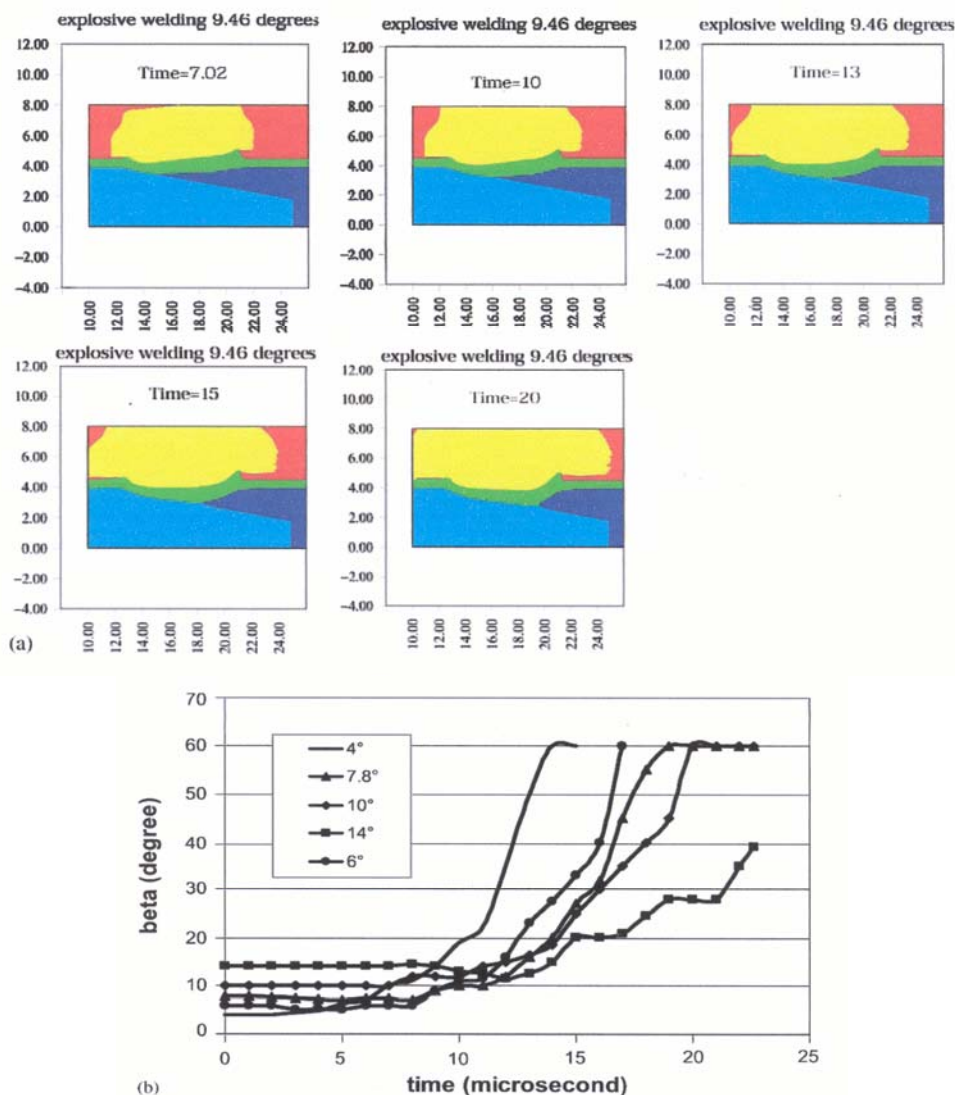
REZULTATI PRORAČUNA

Na slici 5 prikazana je reprezentativna 2D konfiguracija. Dimenzije su u milimetrima, vreme u mikrosekundama, a boje odražavaju materijale na toj i narednim slikama: eksploziv je obojen žuto, ploča koja se odbacuje zeleno, a osnovna ploča je plava.



Slika 5. 2D konfiguracija korišćena za proračune

Rezultati proračuna prikazani su u vremenskim sekvencama. Na slici 6 prikazana je simulacija sa početnim uglom $\alpha = 10^\circ$ u intervalima 7, 10, 13, 15 i 20 μs .



Slika 6. Numerička simulacija procesa zavarivanja eksplozijom. Početni ugao $\alpha \approx 10^\circ$

Na slici 6a vidi se da ugao sudara (β) nije konstantan i da se povećava tokom vremena. Na slici 6b prikazan je dijagram uglova sudara u funkciji vremena sekvenci zavarivanja, a merenja su izvršena pri različitim uglovima α : 4° , 6° , 7.8° , 10° i 14° . To su važni rezultati i oni su konzistentni sa metalografskom karakterizacijom morfologije spoja. Takođe, vrlo bitno je napomenuti da ni debljina ploče koja se odbacuje nije konstantna, što je suprotno dosadašnjim razmatranjima.

Iz simulacija je moguće dobiti relaciju između ugla β i vremena, brzine V_p i vremena, a onda i ugla β i brzine V_p .

Iz proračuna moguće je, takođe, sagledati uticaj ugla α . Manji ugao α uzrokuje brži porast ugla β i brzine V_p . Za vrednost $\alpha=4^\circ$ spoj ima vrlo brzi prelaz iz ravnog u talasni oblik i dužina talasa je konstantna. Za vrednost $\alpha=8^\circ$ spoj ima veći prelazni deo od ravnog prema talasnom obliku i dužina talasa nije konstantna. Dalje, prelazna zona se dostiže ranije nego za vrednost $\alpha=4^\circ$. Kada je vrednost $\alpha=10^\circ$ talasni deo može se podeliti u dve zone: prvu sa smanjenom dužinom talasa (kao u slučaju $\alpha=4^\circ$ i $\alpha=8^\circ$) i drugu, sa konstantnom dužinom talasa. Prelazni region je širi nego u slučaju $\alpha=4^\circ$ i uži nego u slučaju $\alpha=8^\circ$. Ove činjenice iz numeričkih rezultata su potvrđene eksperimentalnim ispitivanjima. U odnosu na oblik talasa treba naglasiti da njihova

dužina zavisi od brzine ploče V_p , dok amplituda zavisi od početnog ugla α . Topljenje materijala dešava se kada brzina V_p postane konstantna (u toku nekoliko μs).

ZAKLJUČCI

Eksperimentalni rezultati (dobijeni optičkim mikroskopom) i računarski proračuni (odgovarajućim 2D ili 3D programima) pokazuju da odnos između brzine ploče i ugla sudara ($V_p - \beta$) nije konstantan tokom procesa zavarivanja jer, u svim navedenim slučajevima, talasni oblik spoja uvek sledi posle ravnog. Može se naglasiti da debljina materijala utiče na proces zavarivanja, a prema tome, i ugao β . Za polaznu konfiguraciju izabran je model u kome ploča koja se odbacuje nije iste debljine pa, odavde, i brzina ploče V_p varira.

Proračuni su izvršeni metodom konačnih elemenata u 2D geometriji, uz korišćenje Džonson-Kukove konstitutivne jednačine stanja sa eksperimentalno dobijenim parametrima za aluminijum u kvazistatičkim i dinamičkim eksperimentima i JWL jednačine stanja za eksploziv. Sa numeričkog aspekta rezultati su vrlo ubedljivi. Iako se formiranje pojedinačnih talasa ne može opaziti zbog ograničenja mreže konačnih elemenata, rezultati pokazuju da se ugao sudara povećava sa povećanjem rastojanja u svim analiziranim konfiguracijama, što se direktno odražava na promenu morfologije spoja. Nadalje, korelacija između eksperimenata i računarskih simulacija pokazuje da je model dovoljno korektan za simulaciju procesa zavarivanja.

LITERATURA

- [1] Deribas, A.A., Kudinov, V.M., Matveenkov, F.I., Simonov, V.A., Simulation of the process of wave formation in explosive welding, *Fizika goreniya i vzryva*, 4 (1), 100-107, 1968
- [2] Crossland, B., Explosive welding of metals and its applications, Oxford Science Publication, 1982
- [3] Jaramillo, D., Szecket, A., On the transition from a waveless to a wavy interface in explosive welding, *Mater Sci Eng*, 91, 217-222, 1987
- [4] Johnson, G.R., Cook, W.H., A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures, 7th Int. Symp. on Ballistics, The Hague, Netherlands, 1983
- [5] Dobratz, B.M., Explosives handbook: properties of chemical explosives and explosives simulants, UCRL-52997, LLNL, Livermore, CA, 1981
- [6] Benson, D.J., RAVEN: User's Manual Ver.2000
- [7] Benson, D.J., Computational methods in Lagrangian and Eulerian hydrocodes, *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.*, 99, 235, 1992
- [8] Cowan, G.R., Holtzman, A.H., Flow configuration in colliding plates: explosive welding, *Journal of Appl. Phys.* 34, 928-939, 1963

Abstract

Two aluminium alloys was joined by explosive welding. This is a process in which the controlled energy of a detonating explosive is used to create a metallic bond between two similar or dissimilar materials. The welding conditions were tailored to produce both wavy and straight interfaces. In study was used analytical calculation of the domain of weldability, characterization of the explosive welding experiments and 2D simulation using Eulerian hydrocod Raven with a Johnson-Cook constitutive equations for Al alloy. The numerical simulation and the analytical calculations confirm the experimental results and explain the difficulties met for obtaining a continuous straight interface along the entire weld.

Zrilić R., Pejašinić Ž., Latinović T¹**IDENTIFIKACIJA UTICAJA NAPONSKOG STANJA U ZONI DEFORMISANJA NA TEHNO-EKONOMSKU EFIKASNOST (PRODUKTIVNOST) TEHNOLOGIJA IZRADE SITNIH KOMPAKTNIH OSNOSIMETRIČNIH PROFILA***Rezime*

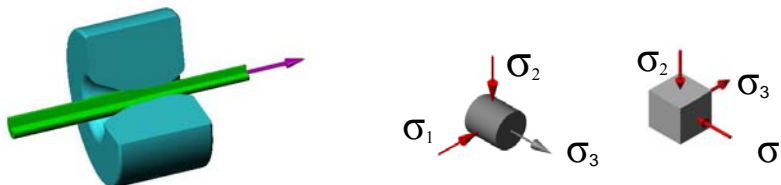
Naponsko deformaciono stanje u zoni deformacije kako po svom karakteru, tako i po intenzitetu glavnih napona σ_1 , σ_2 , σ_3 znatno se razlikuje kod izrade profila, i ako različito ono proizvodi isto deformaciono stanje u datoj zoni kod svih navedenih tehnologija. Međutim i ako je deformaciono stanje u zoni deformacije po definiciji kod promatranih tehnologija isti, ono se kod svake od navedenih postupaka po svom intenzitetu glavnih deformacija ε_1 , ε_2 , ε_3 bitno razlikuje, tako da se može govoriti umjesto uticaju glavnih napona o uticaju glavnih deformacija u zoni deformacije na tehno-ekonomsku efikasnost (produktivnost) kod tehnologija izrade profila. Kako sila vučenja znatno smanjuje mogućnost deformacije ε_3 u poprečnom pravcu, a povećava deformaciju u uzdužnom pravcu ε_1 i iz tih razloga dolazi do promjene širine profila, a samim time i do različite produktivnosti kod navedenih tehnologija.

1. UVOD

Pod pojmom sitnih osnosimetričnih profila podrazumjevaju se profili čiji poprečni presjek ne prelazi 120 mm². Osnosimetrični profili su oni profili kod kojih se središnja osa upisanog kruga nalazi u središnjoj osi profila. Obavljena teorijska i praktična istraživanja su pokazala da u izradi kompaktnih osnosimetričnih profila najveću primjenu u osnovi imaju sledeće tri tehnologije:

- a.) **Tehnologija vučenja**, sa raznoimenim naponskim stanjem (dva pritiska i jedno zatežno) u zoni deformacije, gdje se kod vučenja okruglog presjeka ostvaruje:

$$|\sigma_3| > |\sigma_1| = |\sigma_2|$$



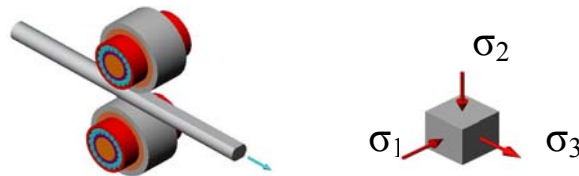
Sl. 1 Matrično vučenje u stacionarnoj jednodjelnoj matrici punih osnosimetričnih profila i šema naponskog stanja u zoni deformacije

- b.) **Tehnologija vučenja kroz sistem slobodnoobrtnih valjaka**

Trenje klizanja koje je prisutno kod matričnog vučenja zamijenjen je trenjem kotrljanja čiji otpor je neuporedivo manji, što dovodi i do znatnog smanjenja napona u zoni deformacije. Valjci dobijaju pogon djelovanjem aksijalne sile vučenja preko obratka (Sl. 2). U zoni deformacije se ostvaruje naponsko stanje identično naponskom stanju vučenja neuporedivo manjeg intenziteta, gdje se ostvaruje zakonitost:

$$|\sigma_3| > |\sigma_2| > |\sigma_1|$$

¹ Doc.dr Radenko M. Zrilić, Mašinski fakultet, Univerzitet u Banjojluca, tel.387 51 468 320, E-mail:zriliic@yahoo.com
Doc.dr Pejašinić Živko, Mašinski fakultet, Univerzitet u Banjojluca, tel.387 51 468 320, E-mail:zivkop@blic.net
Doc.dr Latinović Tihomir, Mašinski fakultet, Univerzitet u Banjojluca, tel.387 51 468 320, E-mail: tiho@inecco.net



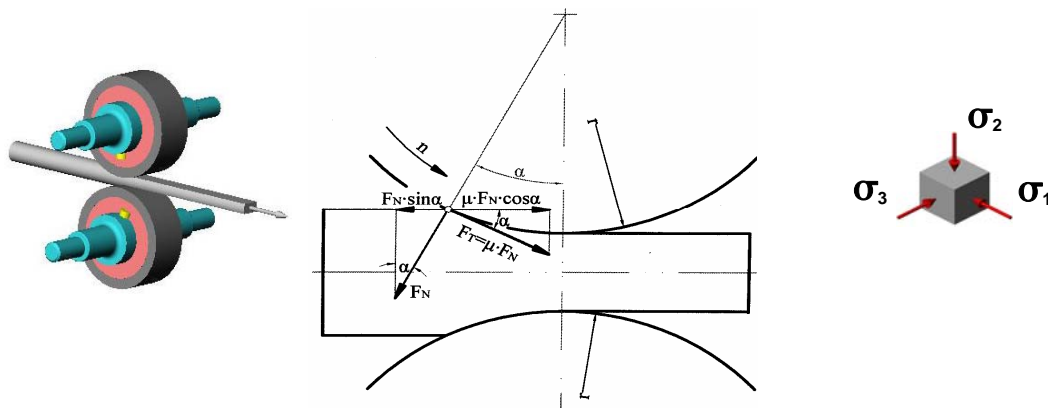
Sl. 2 Vučenje punog osnosimertričnog profila kroz sistem slobodnoobrtnih valjaka i šema naponskog stanja u zoni deformacije

c.) Tehnologija valjanja punih osnosimetričnih profila

Valjanje osnosimetričnih profila u hladnom stanju predstavlja proces ravnog uzdužnog valjanja. Otvor valjaka odgovara geometrijskom obliku poprečnog presjeka profila. Da bi se proces valjanja profila mogao odvijati, mora biti zadovoljen uslov valjanja. Na materijal obratka preko valjaka djeluju dvije sile Sl. 3i to:

- sila trenja F_T , između valjaka i obratka i
- pritisna sila valjka F_N .

Kako se iz navedene slike vidi, horizontalnoj komponenti sile trenja $\mu F_N \cos\alpha$, koja uvlači materijal u zonu deformisanja, suprotstavlja se horizontalna komponenta pritiskne sile valjka $F_N \sin\alpha$. Da bi se proces valjanja mogao odvijati mora biti ispunjen uslov:



Sl. 3 Valjanje osnosimetričnih profila, mehanička šema naponskog stanja u zoni deformacije, sile na valjku i uslov valjana

$$\mu F_N \cos\alpha > F_N \sin\alpha$$

odnosno,

$$\mu > \operatorname{tg}\alpha \quad (1)$$

Jednačina (1) predstavlja **uslov valjanja**, gdje su:

- μ - koeficijent kontaktnog trenja
- α - ugao zahvata

U zoni deformacije ostvaruje se troosno, istorodno (istoimeno), prostorno, pritisno naponsko stanje: $(\sigma_2 > \sigma_3 > \sigma_1)$.

Naponsko-deformaciono stanje u materijalu profila nastaje kao rezultat djelovanja vanjskih neuravnoteženih sila koje utiču na obrazovanje mehaničke šeme napona. Naš zadatak je bio da identifikujemo intenzitet i uticaj naponskog stanja u zoni deformacije na tehno-ekonomsku efikasnost (produktivnost) tehnologija izrade profila

2. ISTRAŽIVANJE TEHNO-EKONOMSKA EFIKASNOST (PRODUKTIVNOST) TEHNOLOGIJA IZRADE PROFILA Q_f

Kod istraživanja uticaja naponskog stanja u zoni deformacije na tehno-ekonomsku efikasnost (produktivnost) navedenih tehnologija došlo se do saznanja da produktivnost izrade profila u najvećoj mjeri ovise od stepena deformacije i brzine odvijanja procesa, šema dejstva aktivnih sila (naponsko-deformaciono

stanje), dejstvo kontaktnog trenja, oblik kontaktne površine, geometrijski oblik polaznog materijala, neravnomjernost deformacije i sl.

Kako je stepen deformacije, uz brzinu odvijanja procesa jedan od najuticajnijih faktora posvetićemo mu dužnu pažnju. Pri proračunu stepena deformacije kod preoblikovanja okruglog u pravougaoni presjek sa slobodnim širenjem, javlja se problem tačnosti, budući da se istisnuta zapremina pomjera u smjeru izvođenja procesa i normalno na taj smjer. Isti tako kružni poprečni presjek utiče na neravnomjernost deformacije, što sve skupa otežava tačnost proračuna.

Obrasci koji sa najčešće primjenjuju za proračun stepena deformacije su:

$$\varepsilon = \frac{d_o - h_x}{d_o} = \frac{\Delta h}{d_o} \quad (2)$$

i

$$\varepsilon = \frac{A_o - A_1}{A_o} = \frac{\Delta A}{A_o} \quad (3)$$

gdje su:

d_o – prečnik polaznog profila prije deformacije

h_x – visina profila poslje ostvarne deformacije

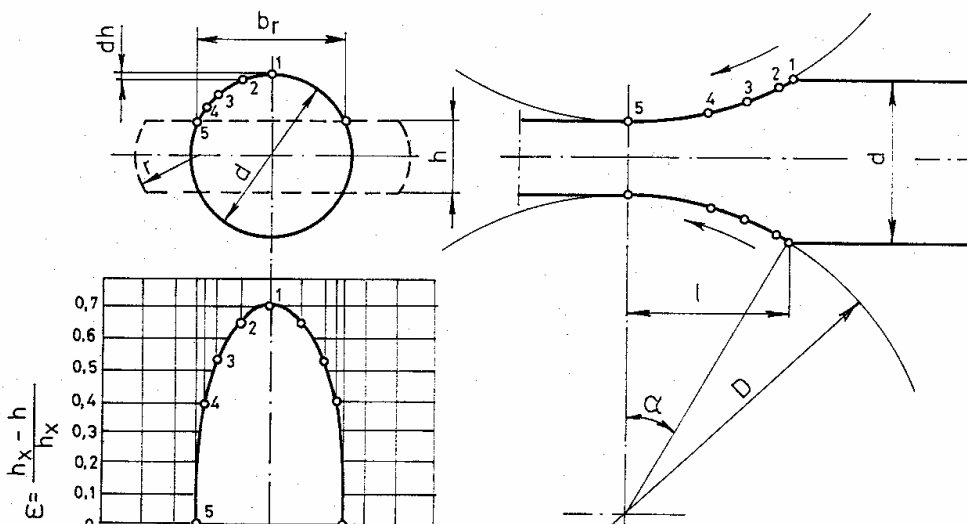
$A_o = \frac{d_o^2 \cdot \pi}{4}$ - površina poprečnog presjeka profila prije deformacije,

$A_1 = b_{1s} \cdot h_1$ - površina poprečnog presjeka profila poslije deformacije,

b_{1s} – srednja širina profila poslje deformacije,

h_1 – visina profila poslje ostvarne deformacije.

Iz slike 4 vidljivo je da pokazane jednakosti (2) i (3) nedovoljno odražavaju ostvarenu deformaciju.



Sl. 4 Linearni stepen deformacije

Stepen deformacije o kome je riječ ima konvencionalni karakter i izražava odnos glavne apsolutne deformacije prema početnoj dimenziji u istom pravcu.

Ovu deformaciju, dakle treba shvatiti kao matematički izraz (pokazatelj, karakteristiku) koji omogućuje da se kvantitativno ocijeni stepen izvršenog deformisanja.

Vezu između polaznog prečnika profila i konačne visine profila u zavisnosti od relativnog stepena deformacije može se napisati u obliku:

$$d_o = \frac{h_n}{(1 - \varepsilon_{1j}) \cdot (1 - \varepsilon_{2j}) \cdot \dots \cdot (1 - \varepsilon_{ij}) \cdot \dots \cdot (1 - \varepsilon_{nj})} \quad (4)$$

gdje su:

d_o – polazni prečnik profila,
 h_n – konačna visina profila,
 ε_{ij} – stepen deformacije i-tog prolaza j- ote tehnologije ili naponskog stanja,
 i – broj prolaza,
 j – broj promatrane tehnologije tj. naponskog stanja i
 n – ukupan broj prolaza.

Iz navedenog obrasca se vidi, da se u promatranoj tehnologiji mogu ostvariti dva režima rada i to:

- režim rada kod koga je $\varepsilon_{1j} \neq \varepsilon_{2j} \neq \varepsilon_{3j} \neq \dots \neq \varepsilon_{nj}$ i
- režim rada kod koga je $\varepsilon_{1j} = \varepsilon_{2j} = \varepsilon_{3j} = \dots = \varepsilon_{nj}$.

Drugi slučaj režima rada je daleko povoljniji od prvog jer se istim postiže:

- viši kvalitet i bolje mehaničke osobine profila,
- ravnomjernije opterećenje i pohabanost obradnog modula (alata) i
- ravnomjernije opterećenje ostalih modula obradnog sistema.

U ovom slučaju režima rada jednačina (4) poprma oblik:

$$d_o = \frac{h_n}{(1 - \varepsilon_{ij})^n}$$

odnosno,

$$h_i = d_o \cdot (1 - \varepsilon_{ij})^i \quad (5)$$

gdje je

i - broj prolaza.

Uticaj stepena deformacije na optimalnost tehnologije izrade profila ogleda se prije svega u smanjenju produktivnosti što se može pokazati pomoću jednačine kontinuiteta.

$$Q_j = \gamma \cdot A_j \cdot v_j = \gamma \cdot b_j \cdot h_j \cdot v_j = \gamma \frac{d_o + d_o(1 - \varepsilon_{1j})}{2} d_o (1 - \varepsilon_{1j}) \cdot v_j =$$

$$= \frac{\gamma}{2} d_o^2 (2 - \varepsilon_{1j}) \cdot (1 - \varepsilon_{1j}) \cdot v_j \quad (6)$$

gdje je:

$h_j = d_o(1 - \varepsilon_{1j})$ - visina profila poslje j-otog prolaza,

$b_j = \frac{d_o + h_j}{2} = \frac{d_o}{2}(2 - \varepsilon_{1j})$ - srednja širina profila poslje j-otog prolaza,

v_j - brzina odvijanja j-otog prolaza,

γ - specifična težina materijala profila.

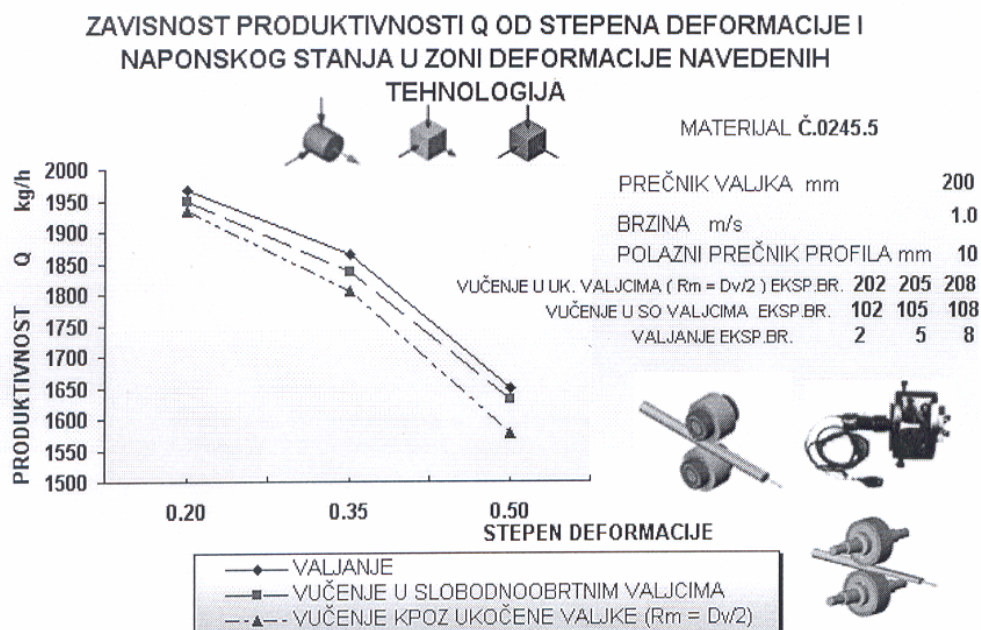
Kako se vidi iz date jednakoati (6) brzina odvijanja procesa kao drugi uticajni faktor direktno utiče na povećanje produktivnosti, zbog toga da bi smo utvrdili uticaj naponskog stanja u zoni deformacije na produktivnost procesa, eksperimente smo izvodili sa konstantnim tehnološkim parametrima za sve tri ispitivane tehnologije.

Kao što se vidi iz teorijskog razmatranja i prikazane jednakosti (6) pri $v_j = \text{const}$, $d_o = \text{const}$. i uz $\varepsilon_j = \text{const}$. za razmatrane procese (tehnologije) $Q_j = \text{const}$.

3.EKSPERIMENTALNA IDENTIFIKACIJA UTRICAJA NAPONSKOG STANJA U ZONI DEFORMACIJE NA TEHNO-EKONOMSKU EFIKASNOST (PRODUKTIVNOST) NAVEDENIH TEHNOLOGIJA IZRADE PROFILA.

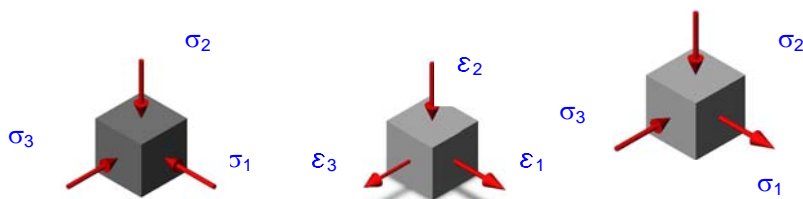
Da bi eksperimentalni rezultati bili što kvalitetni i mogli se upoređivat, eksperimenti su izvedeni na istoj valjačkoj mašine, valjni i vučeni materijal je korišten iz iste šarže, izvršni radni organi mašine za

vučenje i valjanje (alati) su napravljeni od istog materijala, obrada alata vršena je istim sredstvima, rashladno sredstvo je bilo identično i ista ekipa je obavljala sva eksperimentalna ispitivanja. Praksa i eksperimentalni podaci prema slici 5 pokazuju da pri $v_j = \text{const}$, $d_o = \text{const}$. i uz $\epsilon_j = \text{const}$. za razmatrane procese (tehnologije) $Q_j \neq \text{const}$



Sl. 5 Zavisnost $Q = f(\epsilon_{ij}, \sigma_{ij})$

Razlog ovome je Sl. 6 naponsko – deformaciono stanje u zoni deformacije tj. djelovanje sile vučenja.



Sl. 6 Mehanička šema naponsko – deformacionog stanja u zoni deformacije

Sila vučenja smanjuje mogućnost poprečnog pravca deformacije ϵ_3 , a povećava deformaciju u uzdužnom pravcu ϵ_1 i iz tih razloga dolazi do promjene širine profila tj.

$$b_v > b_{VSOV} > b_{VUV} \text{ , odnosno,}$$

$$Q_v > Q_{VSOV} > Q_{VUV} \quad (7)$$

gdje je:

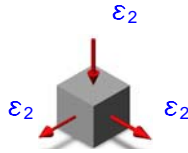
Q_v – produktivnost tehnologije valjanja,

Q_{VSOV} – produktivnost tehnologije vučenja u slobodnoobrotnim valjcima i

Q_{VUV} – produktivnost tehnologije vučenja u ukočenim valjcima ($R_m = D_v/2$)

4.ZAKLJUČAK

Naponsko deformaciono stanje u zoni deformacije kako po svom karakteru, tako i po intenzitetu glavnih napona $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ znatno se razlikuje kod navedenih tehnologija, i ako različito ono proizvodi isto deformaciono stanje u datoj zoni kod svih tehnologija. Deformaciono stanje u zoni deformacija kod navedenih tehnologija je isto po definiciji troosno (prostorno) sa dvije pozitivne i jednom negativnom glavnom deformacijom.(Sl. 7)



Sl. 7 Deformaciono stanje u zoni deformacije (mehanička šema) – kod navedenih tehnologija.

Međutim i ako je deformaciono stanje u zoni deformacije po definiciji kod promatranih tehnologija isti, ono se kod svake od navedenih tehnologija po svom intenzitetu glavnih deformacija ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 bitno razlikuje, tako da se može govoriti umjesto uticaju glavnih napona o uticaju glavnih deformacija u zoni deformacije na tehnno-ekonomsku efikasnost (produktivnost) kod tehnologija izrade profila.

Kako sila vučenja znatno smanjuje mogućnost poprečnog pravca deformacije ϵ_3 , a povećava deformaciju u uzdužnom pravcu ϵ_1 i iz tih razloga dolazi do promjene širine profila, a samim time i do različite produktivnosti kod navedenih tehnologija.

$$b_V > b_{VSOV} > b_{VUV}, \text{ odnosno, } Q_V > Q_{VSOV} > Q_{VUV}$$

gdje je:

Q_V – produktivnost tehnologije valjanja,

Q_{VSOV} – produktivnost tehnologije vučenja u slobodnoobrotnim valjcima i

Q_{VUV} – produktivnost tehnologije vučenja u ukočenim valjcima ($R_m = D_v/2$).

5. LITERATURA

- [1] Musafia B.: Primjenjena teorija plastičnosti, I dio, Sarajevo, 1973.
- [2] Musafia B.: Primjenjena teorija plastičnosti, II dio, Sarajevo, 1974.
- [3] Popović P.: Temeljkovski D.: Mašine za obradu deformisanjem – noseća striktura, II deo, Niš, 1991.
- [4] Popović P.: Mašine za obradu deformisanjem – klasifikacija, koncepcijska i eksploatacijska analiza, I deo, Niš, 1991.
- [5] Radenko Z.: Istraživanje zavisnosti tehnno-ekonomske i energetske efikasnosti od naponskog stanja pri izradi osnosimetričnih profila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Banjaluka, 2004.
- [6] www.Wire & Tube Drawing-Fenn Technologies.htm
- [7] www.Tuks Head – Fenn Technologies.htm

Zrilić R., Pejašinić Ž., Latinović T.

IDENTIFICATION OF INFLUENCE OF THE TENSION CONDITION IN THE DEFORMATION ZONE ON THE TECHNO-ECONOMICAL EFFICIENCY (PRODUCTIVITY) TECHNOLOGIES FOR PRODUCING SMALL COMPACT AXIAL SYMETRY PROFILES

Abstract

The tension deforming condition in the deformation zone differs substantially during the production of profiles, by its characteristics as well as by intensity of their major tensions σ_1 , σ_2 , σ_3 . Although different, the tension deforming condition produces the same deformation condition in given zone in the cases of all observed technologies. However, although all observed technologies by definition have the same deformation condition in the deformation zone, deformation state significantly differs by its major deformations ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 intensity for each of the stated procedures. Consequently, we can discuss about the impact of main deformations in the deformation zone on the techno-economical efficiency (productivity) of producing profiles technologies instead of the impact of main tension condition. Since pull force significantly reduces the possibility of deformation ϵ_3 in the transversal direction and increases the deformation ϵ_1 in the longitudinal direction; resulting change in the width of profile leads to different productivity of observed technologies.



D. Petrović, D. Glišić, D. Krstić¹

OPTIMIZACIJA SKLADIŠNOG SISTEMA "TELEKOM-SRBIJA"

REZIME

Rad obuhvata analizu postojećeg stanja skladišnog sistema TELEKOM-a Srbija sa detaljnom specifikacijom poslova koji su obavljani da bi se dobila kvalitetna varijantna rešenja i sagledale optimalne potrebe skladišnog sistema TELEKOM-a Srbija. Analiziran je dispozicioni raspored skladišnih kapaciteta u sistemu sa prostornom identifikacijom i analizom veza između skladišta. Roba koja se skladišti je analizirana prema količini i vrsti artikala, uslovima skladištenja, vrsti pakovanja, vrsti transportnih jedinica, fizičko-hemijskim svojstvima, roku upotrebe i veku trajanja. Posebno je analizirano kretanja materijala i roba, dinamike ulaza i izlaza iz skladišnog sistema, tehnološke veze skladišnog sistema i analiza poslova i broja ljudi koji obavljaju skladišne funkcije. Na bazi sprovedene analize po navedenim stavkama formirana su varijantna rešenja skladišnog sistema i urađena je uporedna analiza varijantnih rešenja primenom metode višekriterijumskog odlučivanja.

UVOD

Telekom Srbija za svoje potrebe s koristi skladišne sisteme koji su organizovani u četiri regionalna centra kao najvišeg hijerarhijskog nivoa, a niža struktura obuhvata priručna, pomoćna i skladišta robe za hitne intervencije, koje su od lokalnog regionalnog značaja i nisu predmet ove studije. Četiri regionalna skladišta koja su od značaja za integralno funkcionisanje Telekom-a nalaze se u Beogradu, Novom Sadu, Nišu i Kraljevu.

Centralno skladište u Beogradu podeljeno je u dve lokacije. Prva lokacija je skladište u Vinči. Skladište je otvorenog tipa sa tri različite kote zemljišta. Na prvom nivou postoji dva objekta koji se koriste kao priručni magacini za smeštaj robe koja je podložna atmosferskom uticaju. Kancelarijski prostor je organizovan u metalnim kontejnerima u kojima radi šestoro ljudi, od čega je jedan viljuškarista, a ostali su magacioneri. Od transpornih sredstava postoji viljuškar, nosivosti 8 tona, a od pomoćne opreme ima produžetke za viljuške. Na skladištu ne postoje odgovarajuća sredstva PP zaštite. Druga lokacija je skladište u Kumodraškoj ulici. Skladište je zatvorenog tipa i nalazi se u preuređenom objektu za tu svrhu od garaže PTT-a. Skladišni prostor je podeljen u dve celine na različitim nivoima. Veza između nivoa skladišta je neadekvatna, jer je prilaz kružnog-spiralnog oblika. Roba je delimično postavljena na police, a delimično na pod objekta. U skladištu je zaposleno 7 (magacioneri, računopolagači). Od opreme na skladištu se nalazi elektro – viljuškar, nosivost 2 tone, koji od pomoćne opreme poseduje produžetke za viljuške, dvoja paletna kolica, nosivosti 2 tone.

Centralno skladište u Novom Sadu je smešteno na jednoj lokaciji. Skladište je otvorenog i zatvorenog tipa i u istoj zoni je sa skladištem PTT Srbija. Otvoreno skladište organizovano je u dve odvojene celine. Zatvoreni deo se sastoji od dve međusobno odvojene celine. Deo zatvorenog prostora podeljen je na kancelarijski prostor i prostor za smeštaj robe (dve prostorije). U drugoj celini nalaze se tri prostorije koje su dograđene na postojeći objekat. Roba u zatvorenom skladištu se skladišti na police, ali zbog velike količine robe, ista se skladišti i na pod. Na skladištu ne postoje uređaji za mehanizaciju, nego Telekom uslužno koristi viljuškar nosivosti 5 tona, koji od dodatne opreme ima nastavke za viljuške i dvoje paletnih kolica.

Centralno skladište u Nišu je podeljeno na četiri lokacije. Prva lokacija Glavna pošta nalazi se u glavnoj pošti u strogom centru grada. Skladišni prostor je zatvorenog tipa podeljen u više prostorija i nalazi se u suterenu objekta. Roba se odlaže na police različitih dimenzija. Manipulacija robom je nemoguća uz pomoć sredstava mehanizacije, nego se robom manipulise isključivo ručno. Druga lokacija Ledena Stena

¹ dr Dušan Petrović, docent, dr Uglješa Bugarić, docent, tel. 011/3302-347

Katedra za Industrijsko Inženjerstvo, Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd

Dušan Glišić, dipl. inž. maš., Spinnaker New Technologies, Savski nasip 7, 11070 Beograd

Dragan Krstić, dipl. inž. maš., Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd

pretežno zatvorenog, odnosno poluzatvorenog tipa, ali se zbog malog skladišnog prostora određena vrsta robe smešta na otvoreni prostor, čak i izvan objekta. Zatvoreni prostor se sastoji pet odvojenih prostorija u kojima se roba, odnosno artikli smeštaju na police, odnosno pod. Treća lokacija Mediana nalazi se u naseljenom delu grada. Skladište je otvorenog tipa. Služi za smeštaj opreme i robe koja se skladišti na otvorenom prostoru. Roba se odlaže na zemlju. Četvrta lokacija skladišta nalazi se na iznajmljenoj lokaciji firme "Elektrotehna". Služi za smeštaj opreme i robe koja se skladišti na otvorenom prostoru. Na svim lokacijama skladišta u Nišu ne postoje sredstva mehanizacije u vlasništvu Telekom, nego se iznajmljuju. Centralno skladište u Kraljevu nalazi se uz glavni magistralni put, a ulaz se nalazi na glavnoj saobraćajnici koja vodi ka centru grada. Skladište je organizovano u dve celine: otvoreno i zatvoreno skladište. Otvoreno skladište je smešteno na posebnu celinu i služi za smešta roba koje se skladište napolju, ali se roba smešta direktno na zemlju što otežava manipulaciju sa njima. Zatvoreni prostor je podeljen u dve celine u kojima se roba odlaže na police i na pod prostorije. Od mehanizacije postoji viljuškar, nosivosti 5t i paletna kolica.

FORMIRANJE VARIJANTNIH REŠENJA

Razmatrani skladišni sistem je izuzetno kompleksan sa različitim kvalitativnim i kvantitativnim uticajima koje je, generalno, teško uporediti i kvantifikovati. Sagledavajući najznačajnije parametre koji su relevantni za rad skladišnog sistema primenjena je metoda višekriterijumske analize na varijantna (alternativna) rešenja koja su nastala na bazi razmišljanja i stavova investitora, realnog zahteva da se nivo skladišta i upravljanja istim podigne na viši nivo a sve na bazi sprovedene analize i sagledavanja stvarnih potreba za obavljanjem delatnosti uskladištenja i distribucije roba, koje su osnov za pravilno i dobro funkcionisanje celokupnog sistema Telekom-a .

Prvo alternativno rešenje: jedno centralno skladište, lokacija Beograd, s tim da se ne koristi ni jedno od postojećih lokacija. Skladištem se upravlja iz jedne direkcije.

Drugo alternativno rešenje: centralno skladište u Beogradu sa jednim specijalizovanim skladištem (Kraljevo) za određene vrste roba (kablovi i ostali materijal koji se ređe koriste). Skladištem se upravlja iz jedne direkcije.

Treće alternativno rešenje: četiri ravnopravna skladišna sistema (Beograd, Novi Sad, Niš, Kraljevo) gde se delimično koriste postojeće lokacije koje mogu da ispune tehničke uslove (Kraljevo i delimično Novi Sad), a za Beograd i Niš potrebna je nova lokacija. Upravljanje je delimično autonomno, a nabavka i distribucija se obavlja iz Beograda.

Sve tri alternative podrazumevaju informacioni sistem sa on-line stanjem, bar-code obeležavanjem roba, kontinualnim popisom i izjednačenim materijalnim i knjigovodstvenim stanjem i unifikacijom svih pratećih dokumenata, od nabavke, preko skladištenja do distribucije.

Vrednovanje pojedinih alternativnih rešenja izvršeno je u tri hijerarhijska nivoa prikazanih na slici 1. U prvom hijerarhijskom nivou nalazi se samo jedan kriterijum, tj. globalni cilj – rešenja skladišnog sistema Telekom-a. U drugom hijerarhijskom nivou nalaze se četiri kriterijuma i to: tehničko rešenje, layout skladišnog sistema, ekonomski uticaji i ostali uticaji. Treći hijerarhijski nivo sastoji se od 17 kriterijuma prikazanih u tabelama od 1 do 17. Svaki kriterijum u trećem hijerarhijskom nivou je kvalitativno rangiran i pridodata je kvantitativna ocena, kao mera nivoa uticaja.

Tabela 1.

K ₁	Stepen mehanizacije (25%)	V _r
	bez mehanizacije	0.1
	ručna mehanizacija	0.4
	pomoćna mehanizacija	0.4
	viljuškari	0.7
	specijalna mehanizacija	1.0

Tabela 2.

K ₂	Način pakovanja (5%)	V _r
	osnovno (jedinično) pakovanje	0.5
	fabričko ili paletno pakovanje	1.0

Tabela 3.

K ₃	Struktura zaliha robe na sklad. (10%)	V _r
	mala	0.2
	srednja	0.6
	velika	0.9

Tabela 4.

K ₄	Iskor. zapremine skladišta (25%)	V _r
	slabo	0.2
	prosečno	0.5
	odlično	0.9

Tabela 5.

K ₅	Kvalitet opreme (10%)	V _r
	postojeća oprema	0.2
	reparirana i delimično nova	0.5
	nova oprema	1.0

Tabela 6.

K ₆	Odziv sistema (25%)	V _r
	u roku od 72 sata	0.4
	u roku od 24 sata	0.8
	u roku od 6 sati	1.0

Tabela 7.

K₇	Oblik i veličina skladišta (65%)	<i>V_r</i>
	razuđeno	0.1
	kombinovano	0.5
	zatvoreni objekat	1.0

Tabela 8.

K₈	Fleksibilnost sistema (15%)	<i>V_r</i>
	mogućnost proširenja kapaciteta	0.3
	formiranje univerzalne transportne jedinice	0.3
	univerzalnost manipulacije	0.5
	specijalni transportni sistemi za uskladištenje	0.5

Tabela 9.

K₉	Pouzdanost sistema (20%)	<i>V_r</i>
	potpuni otkaz	0.0
	delimični otkaz	0.4
	nevažan otkaz	0.9

Tabela 10.

K₁₀	Troškovi eksploatacije (15%)	<i>V_r</i>
	veliki	0.1
	srednji	0.7
	mali	0.9

Tabela 11.

K₁₁	Investicije u objekat (35%)	<i>V_r</i>
	male	0.8
	srednje	0.6
	velike	0.4

Tabela 12.

K₁₂	Investicije u opremu (40%)	<i>V_r</i>
	male	0.8
	srednje	0.5
	velike	0.4

Tabela 13.

K₁₃	Troškovi eksploatacije (10%)	<i>V_r</i>
	veliki	0.1
	srednji	0.7
	mali	0.9

Tabela 14.

K₁₄	Upravljanje sistemom (25%)	<i>V_r</i>
	centralni informacioni sistem sa on-line podacima	1.0
	više autonomnih informacionih sistema sa knjigovodstvenom vezom	0.5
	kartice	0.2

Tabela 15.

K₁₅	Upravljanje i kontrola zaliha (30%)	<i>V_r</i>
	minimalna zaliha na bazi on-line stanja	1.0
	prilagođena dislokaciji skladišnih sistema	0.6
	neoptimalna u funkciji raspoloživog prostora	0.1

Tabela 16.

K₁₆	Mogućnost oštećenja robe (10%)	<i>V_r</i>
	minimalna	0.9
	normalna	0.7
	velika	0.3

Tabela 17.

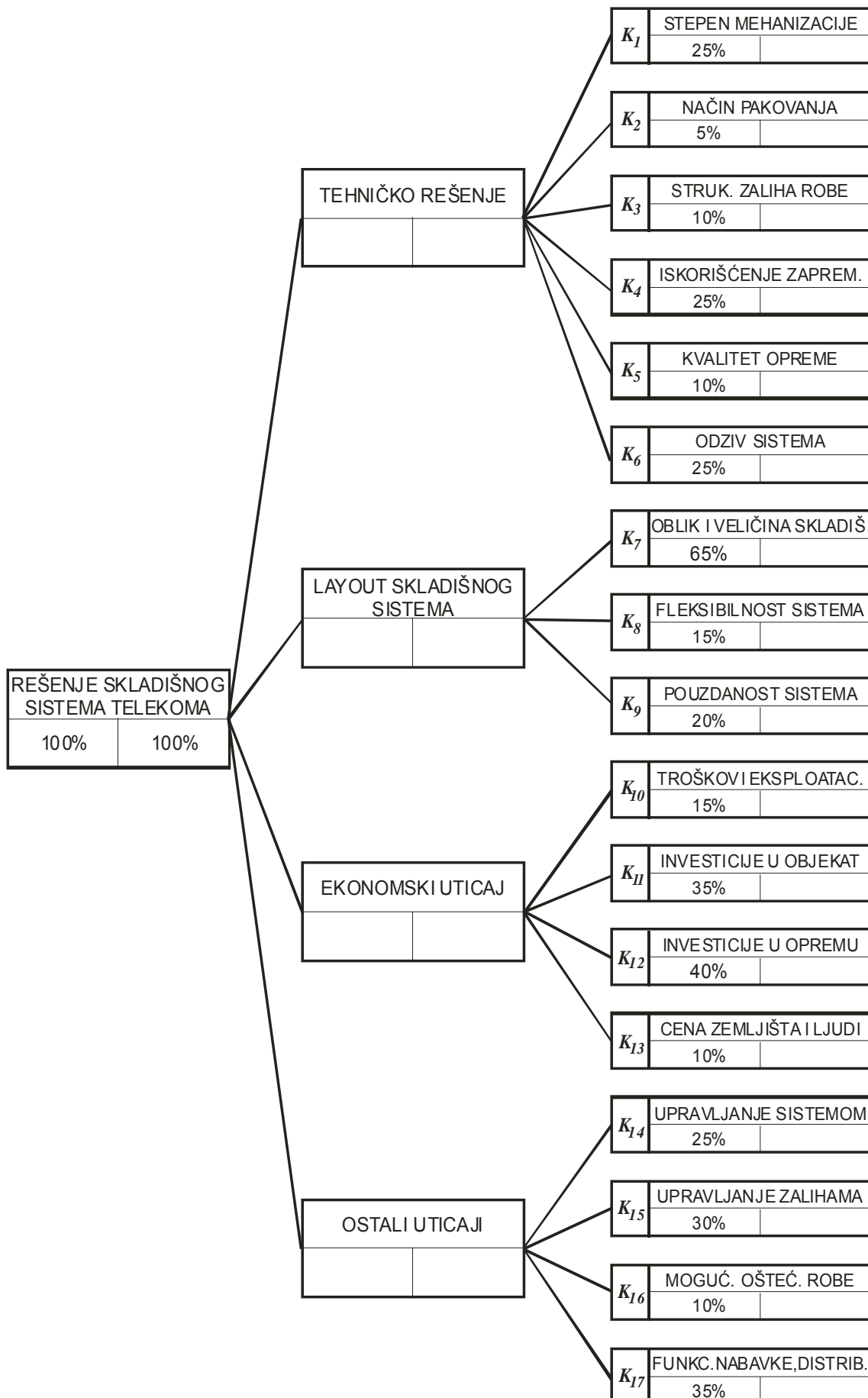
K₁₇	Funkcionisanje (organizacija) nabavke i distribucije (35%)	<i>V_r</i>
	centralna organizacija sa <i>Just-In-Time</i>	1.0
	centralna organizacija bez <i>Just-In-Time</i>	0.8
	planirana po kvartalima	0.5

Relativne težine kriterijuma u trećem hijerarhijskom nivou prikazane su na slici 1 i u tabelama 1 – 17 (izraženo u procentima), a variranje apsolutnih težina kriterijuma u drugom hijerarhijskom nivou prikazano je u tabelama od 19 do 22. Vrednovanje alternativnih rešenja, korišćenjem kriterijuma datih u tabelama 1 – 17, prikazano je u tabeli 18.

REZULTATI VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE

Rezultati višekriterijumske analize, pri variranju težina kriterijuma u drugom hijerarhijskom nivou prikazani su u tabelama 19 do 22.

Variranje uticaja kriterijuma u drugom hijerarhijskom nivou rađeno je od jednakog uticaja kriterijuma, preko favorizovanja svakog od kriterijuma, redom, do nivoa maksimalnog uticaja svakog od kriterijuma od 70% i minimalnog uticaja od 5% sa gradacijama od 5%. Zatim je razmatran grupni uticaj dva tehnička parametra do zajedničkog uticaja od 70% i zajedničkog minimalnog od 20% i na isti način favorizovana su druga dva ne tehnička kriterijuma sa gradacijom od 10%. Na ovaj način formirano je četiri osnovne podgrupe varijantnih uticaja prema gore pomenutim kriterijumima i tako dobijena velika baza varijantnih uticaja je sublimirana u tabelama 19 do 22.



Slika 1. Kriterijumi za ocenjivanje varijantnih rešenja

Tabela 18. Ocene alternativnih rešenja prema postavljenim kriterijumima.

Kriterijum	Alternativ. rešenje 1	Alternativ. rešenje 2	Alternativ. rešenje 3
Stepen mehanizacije	1,0	0,7	0,7
Način pakovanja	1,0	1,0	0,5
Struktura zaliha robe na skladištu	0,9	0,9	0,2
Iskorišćenje zapremine skladišta	1,0	0,5	0,2
Kvalitet opreme	1,0	0,5	0,5
Odziv sistema	0,4	0,8	1,0
Oblik i veličina skladišta	1,0	0,5	0,1
Fleksibilnost skladišta	0,3	0,3	0,5
Pouzdanost skladišta	0,9	0,4	0,0
Troškovi eksploatacije	0,1	0,1	0,9
Investicije u objekat	0,4	0,4	0,8
Investicije u opremu	0,5	0,5	0,4
Cene zemljišta i učešće ljudskog rada	0,1	0,1	0,7
Upravljanje sistemom	1,0	0,5	0,2
Upravljanje i kontrola zaliha	1,0	0,6	0,1
Mogućnost oštećenja robe	0,9	0,7	0,5
Funkcionisanje (organizacija) nabavke i distribucije	1,0	0,8	0,5

Favorizovanje tehničkih kriterijuma u odnosu na netehničke

Tabela 19.

Odnos tehničkih i netehničkih kriterijuma 60:40					
Kriterijum	Procentualno učešće svakog od kriterijuma				
Tehničko rešenje	30	40	50	20	10
Layout skladišnog sistema	30	20	10	40	50
Ekonomski uticaj	20	10	5	30	35
Ostali uticaji	20	30	35	10	5
	Ocene				
Varijantno rešenje 1	0.786	0.845	0.872	0.727	0.699
Varijantno rešenje 2	0.546	0.599	0.638	0.493	0.455
Varijantno rešenje 3	0.399	0.406	0.431	0.392	0.367

Tabela 20.

Odnos tehničkih i netehničkih kriterijuma 80:20			
Kriterijum	Procentualno učešće svakog od kriterijuma		
Tehničko rešenje	40	70	10
Layout skladišnog sistema	40	10	70
Ekonomski uticaj	10	15	10
Ostali uticaji	10	5	10
	Ocene		
Varijantno rešenje 1	0.822	0.780	0.832
Varijantno rešenje 2	0.558	0.616	0.486
Varijantno rešenje 3	0.377	0.524	0.248

Favorizovanje netehničkih kriterijuma u odnosu na tehničke

Tabela 21.

Odnos tehničkih i netehničkih kriterijuma 40:60					
Kriterijum	Procentualno učešće svakog od kriterijuma				
Tehničko rešenje	20	30	35	10	5
Layout skladišnog sistema	20	10	5	30	35
Ekonomski uticaj	30	20	10	40	50
Ostali uticaji	30	40	50	20	10
	Ocene				
Varijantno rešenje 1	0.75	0.809	0.869	0.691	0.63
Varijantno rešenje 2	0.534	0.587	0.628	0.481	0.44
Varijantno rešenje 3	0.412	0.428	0.412	0.414	0.429

Tabela 22.

Odnos tehničkih i netehničkih kriterijuma 20:80			
Kriterijum	Procentualno učešće svakog od kriterijuma		
Tehničko rešenje	10	5	10
Layout skladišnog sistema	10	15	10
Ekonomski uticaj	40	10	70
Ostali uticaji	40	70	10
	Ocene		
Varijantno rešenje 1	0.714	0.877	0.526
Varijantno rešenje 2	0.522	0.593	0.435
Varijantno rešenje 3	0.443	0.34	0.551

ZAKLJUČAK

Rezultati analize daju jasan prikaz kvantifikacije ponuđenih alternativa i njihov relativan međusobni odnos, dobijen na osnovu formiranih kriterijuma koji su uzeti u razmatranje. Svi priloženi dijagrami koji su nastali variranjem uticaja kriterijuma ukazuju na jedinstven odnos razmatranih varijantnih rešenja i to takav u kome je najbolje varijantno rešenje ono u kome postoji samo jedno centralno skladište, dok su druga dva varijantna rešenja u svim slučajevima niže vrednovana.

LITERATURA

1. Petrović D., Bugarić U.: Studija: Analiza i predlog rešenja skladišnog sistema "TELEKOM Srbija", radeno za TELEKOM Srbija, Beograd, 2002-2003.
2. Zrnić, Đ.: Projektovanje Fabrika, Mašinski fakultet, Beograd 1993.

OPTIMIZATION OF THE "TELEKOM-SRBIJA" WAREHOUSE SYSTEM

SUMMARY

Paper deals with analysis of present state of "TELEKOM-Srbija" warehouse system with detail specification of works which has been done for obtaining qualitative alternative solutions and optimal needs of analysed warehouse system. Allocation of the warehouse capacities in the system with analysis of links between warehouses is analysed. Goods in warehouses are analysed according to present quantities, type of articles, needed storage conditions, type of transport unit, physical and chemical properties and deadlines for usage and duration. Handling of materials and goods, dynamics of material flow in and out of warehouse system, warehouse technological relations and work analysis, and number of employs are specially analysed. On the basis of analysis which has been carried out, alternative solutions of warehouse system are obtained and parallel analysis of alternative solutions using multi-criteria decision making has been done.

**VIRTUELNA KINEMATSKA ANALIZA DVOSTEPENOG PLANETARNOG
REDUKTORA SA DVOSTRUKIM UNUTRAŠNJIM OZUBLJENJEM****Svetislav Lj. Marković¹, Milijana Steljić², Elvis Gašanin³**

Rezime: U radu je prikazana jedna od mogućnosti formiranja familije reduktora za različite brojeve obrtaja izlaznog vratila, pri konstantnim ulaznim veličinama, korišćenjem računarskih programa. Broj obrtaja izlaznog vratila je variran od 1 do 1000 min⁻¹, menjan po standardnom redu R10. Reduktor je dvostepeni planetarni sa dva unutrašnja sprezanja kod koga je nosač satelita vezan za ulazno vratilo, a jedan centralni zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjem se nalazi na izlaznom vratilu pri nepokretnom drugom centralnom zupčaniku.

1. UVOD

Projektovanje planetarnih prenosnika podrazumeva prethodnu kinematsku analizu usvojene šeme prenosnika. Osnovni zadaci kinematske analize su:

- određivanje položaja članova prenosnika;
- određivanje brzina i ubrzanja elemenata prenosnika;
- definisanje jednačina kretanja elemenata prenosnika;
- određivanje broja obrtaja elemenata prenosnika;
- određivanje prenosnih odnosa.

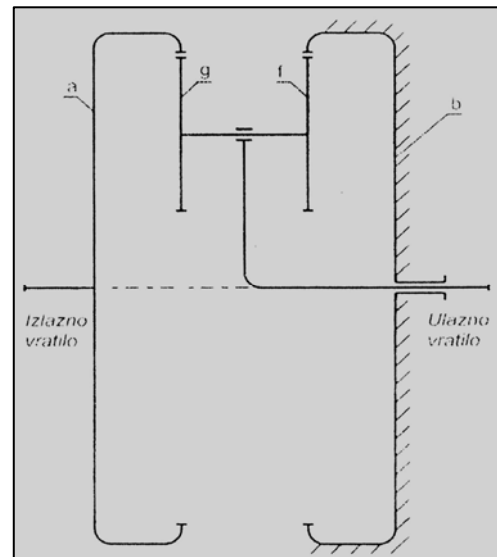
Sa aspekta racionalnog konstruisanja posebno su značajni određivanje broja obrtaja pojedinih elemenata i definisanje prenosnih odnosa. Tačno definisanje ovih karakteristika može biti otežano, naročito u slučajevima složenih planetarnih prenosnika.

Za kinematska ispitivanja i određivanje kinematskih karakteristika planetarnih prenosnika, danas se u tehničkoj literaturi najčešće koriste:

- metoda plana brzina i broja obrtaja;
- metoda zaustavljanja nosača (metoda Willis-a);
- određivanje prenosnog odnosa preko ugla obrtanja;
- metod trenutnog pola;
- metod razlaganja složenog kretanja (metoda Swamp-a).

Reduktor obrađen u ovom radu je dvostepeni planetarni sa dva unutrašnja sprezanja kod koga je nosač satelita vezan za ulazno vratilo, a centralni zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjima se nalazi na izlaznom vratilu pri nepokretnom centralnom zupčaniku b.

Slika 1. Šema dvostepenog planetarnog reduktora sa dvostrukim unutrašnjim ozubljenjem

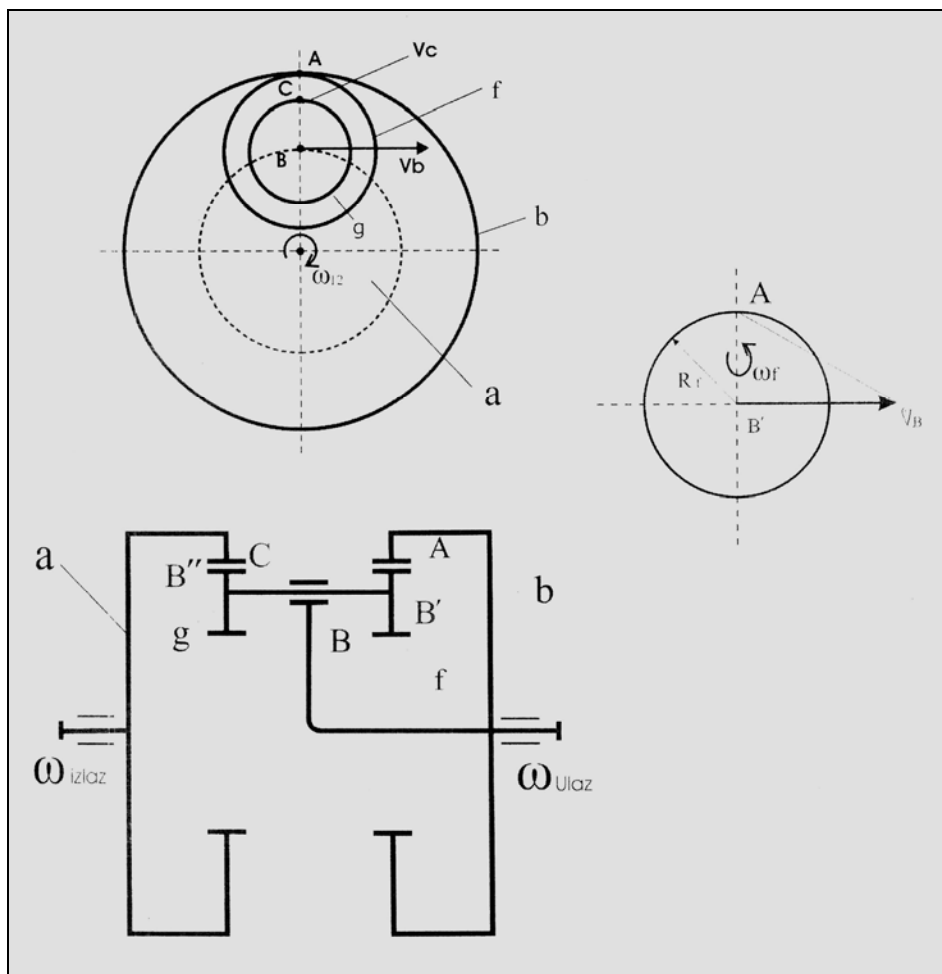


¹ Dr Svetislav Lj. Marković, profesor, Viša tehnička škola Čačak, Svetog Save 65, 32000 Čačak, E-mail: svetom@ptt.yu.

² Milijana Steljić, predavač, Viša tehnička škola, Milosava Stikovića 2, 31300 Prijepolje, E-mail: steljics@panline.net.

³ Elvis Gašanin, stručni saradnik, Viša tehnička škola, Milosava Stikovića 2, 31300 Prijepolje, E-mail: vtsrijepolje@beotel.yu.

2. KINEMATSKA ANALIZA DVOSTEPENOG PLANETARNOG REDUKTORA SA DVOSTRUKIM UNUTRAŠNJIM OZUBLJENJEM



Slika 2. Plan brzina kod dvostepenog planetarnog reduktora sa dvostrukim unutrašnjim ozubljenjem

Da bi realizovali postavljeni zadatak usvojili smo sledeće izlazne brojeve obrtaja: 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000 o/min.

Radi uprošćavanja problema, ali i iz konstruktivnih razloga usvajaju se sledeća ograničenja:

Minimalni broj zubača zupčanika je 14.

Maksimalan broj zubača je 40.

Ulazni broj obrtaja je 1400 o/min.

Dozvoljena greška izlaznog broja obrtaja je 1%.

Brojevi zubača satelita su različiti: $z_g \neq z_f$.

Broj zubača desnog satelita može biti: $z_f = 14 \div 40$.

Broj zubača levog satelita može biti: $z_g = 14 \div 40$.

Da ne bi došlo do interference brojevi zubača centralnih zupčanika moraju biti veći od brojeva zubača satelita najmanje za 10:

$$z_b \geq z_f + 10.$$

$$z_a \geq z_g + 10.$$

Kinematski parametri se računaju preko poznatih formula.

Prenosni odnos:

$$i = \frac{\omega_{ulaz}}{\omega_{izlaz}}$$

Ulazna ugaona brzina se računa po obrascu:

$$\omega_{ulaz} = \frac{\pi \cdot n_{ulaz}}{30}$$

gde je: n_{ulaz} - ulazni broj obrtaja.

Brzina tačke B:

$$v_B = \overline{OB} \cdot \omega_{ulaz}$$

Rastojanje: $\overline{OB} = R_m$

$$v_B = R_m \cdot \omega_{ulaz}$$

$$v_B = v'_B = v''_B$$

$$v_B = \omega_f \cdot R_f$$

$$R_m \cdot \omega_{ulaz} = \omega_f \cdot R_f,$$

pa dobijamo da je:

$$\omega_f = \frac{R_m}{R_f} \cdot \omega_{ulaz}$$

R_f - prečnik zupčanika f.

Brzina tačke C se računa po obrascu:

$$v_C = \overline{AC} \cdot \omega_f$$

$$v_C = (R_f - R_g) \cdot \omega_f$$

$$v_C = \omega_{izlaz} \cdot R_a$$

Zamenom dobijamo:

$$(R_f - R_g) \cdot \omega_f = \omega_{izlaz} \cdot R_a$$

$$(R_f - R_g) \cdot \frac{R_m}{R_f} \cdot \omega_{ulaz} = \omega_{izlaz} \cdot R_a$$

$$i = \frac{\omega_{ulaz}}{\omega_{izlaz}} = \frac{R_f \cdot R_a}{R_m \cdot (R_f - R_g)} = \frac{R_f \cdot R_a}{R_m \cdot R_f - R_m \cdot R_g}$$

Jasno je da postoje dva slučaja:

$$R_m = (R_b - R_f) \text{ i}$$

$$R_m = (R_a - R_g)$$

Zamenom u formulama dobijamo:

$$i = \frac{R_f \cdot R_a}{(R_a - R_g) \cdot R_f - (R_b - R_f) \cdot R_g} = \frac{R_f \cdot R_a}{R_a \cdot R_f - R_g \cdot R_f - R_b \cdot R_g + R_g \cdot R_f}$$

Ukupan prenosni odnos:

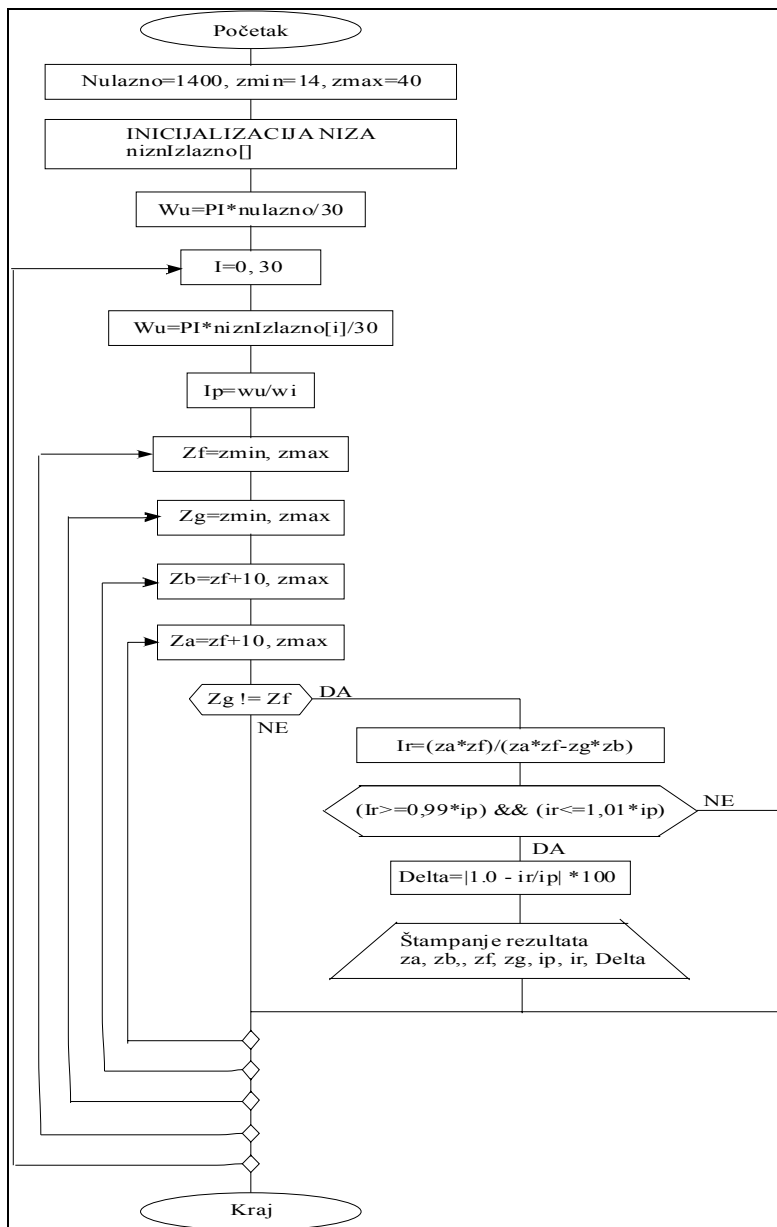
$$i = \frac{R_f \cdot R_a}{R_a \cdot R_f - R_b \cdot R_g}$$

Ukoliko se usvoji da su moduli sva četiri zupčanika jednaki ($m_a = m_b = m_f = m_g$) dobijamo:

$$i = \frac{z_f \cdot z_a}{z_a \cdot z_f - z_b \cdot z_g}$$

3. BLOK ŠEMA PROGRAMA

Za rešavanje konkretnog zadatka korišćen je program izrađen pomoću programskog jezika C. Kompjuterski program je urađen na bazi dole prikazanog algoritma.



4. PROGRAM

```

/*****
* DVOSTEPENI PLANETARNI REDUKTOR SA DVOSTRUKIM UNUTRAŠNJIM OZUBLJENJEM*
*****/
/*****
*
* FEBRUAR 2007. GOD.
*****/
/*****
* PROGRAM DAJE BROJ ZUBACA, PRENOSNI ODNOS, IZLAZNI BROJ OBRTAJA I DOZVOLJENU
GREŠKU ZA DVOSTEPENI PLANETARNI REDUKTOR SA DVOSTRUKIM UNUTRAŠNJIM
OZUBLJENJEM
*****/

```

```

#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<math.h>

```

```

#define PI 3.141592

```

```

int main(){

    static int za, zb, zg, zf; /* Brojevi zubaca */
    double wu, wi; /*Ulazna i izlazna ugaona brzina */
    double ir; /* Racunski prenosni odnos i=wul/wiz */
    double ip; /* Potreban prenosni odnos i=wul/wiz */
    const nulazno = 1400; /*Ulazni broj obrtaja je konstantan*/
    int zmin=14; /*Minimalni broj zubaca */
    int zmax=40; /*Maksimalni broj zubaca */
    int i;
    double Delta; /* Greska: delta=ir/ip*100. Mora biti manja od 10%*/
    FILE *izlaz;

    double niznIzlazno[]={1.0, 1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0,
                           5.0, 6.3, 8.0, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0,
                           25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 68.0, 80.0, 100.0,
                           125.0, 160.0, 200.0, 250.0, 315.0, 400.0,
                           500.0, 630.0, 800.0, 1000}; /*Izlazni brojevi obrtaja */

    /* Kreiranje izlaznog fajla u koji se upisuju rezultati */
    izlaz=fopen("rezultati.txt", "w");
    if(!izlaz){
        printf("Greska u kreiranju izlaznog fajla!\n");
        return EXIT_FAILURE;
    }

    wu=PI*nulazno/30; /*Ulazna ugaona brzina je konstantna*/

    fprintf(izlaz, "za\t zb\t zf\t zg\t\t ip\t ir\t nizlazno\tGreska\n");
    fprintf(izlaz, "-----\n\n");

    for(i=0; i<31; i++){ /*Petlja za niz vrednosti izlaznog broja obrtaja */
        wi=PI*niznIzlazno[i]/30; /*Izlazna ugaona brzina */
        ip=wu/wi; /* Potreban prenosni odnos */
        /*printf("%12.4f%12.4f\n", wi, ip);*/

        for(zf=zmin; zf<=zmax; zf++){
            for(zg=zmin; zg<=zmax; zg++){
                for(zb=zf+10; zb<=zmax; zb++){ /* Zadati uslov za broj zubaca zb */
                    for(za=zg+10; za<=zmax; za++){ /* Zadati uslov za broj zubaca za */

                        if (zg != zf){ /* Zadati uslov */
                            /*if ((zg != zf) && (zb>=(zf+10)) && (za >= (zg+10)))*/{
                                ir=(float)(za*zf)/(float)(za*zf - zg*zb);
                                if ((ir>=0.99*ip) && (ir<=1.01*ip)){ /* Greska mora biti manja od 1% */
                                    Delta=fabs(1.0-ir/ip)*100; /* Proracun greske merenja */
                                    fprintf(izlaz, "%-10d%-10d%-10d%-10d%8.2f%8.2f%12.2f%10.4f\n", za, zb, zf,
                                            zg, ip, ir, (float)niznIzlazno[i], Delta);
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }

    fclose(izlaz);
    return EXIT_SUCCESS;
}

```

5. ZAKLJUČAK

Ovaj tip planetarnog reduktora ima smisla koristiti samo kao kinematski mehanizam, to jest za transformaciju brzina.

Program u ovom radu je rađen u programskom jeziku C, koji ima veliku praktičnu primenu.

Broj planetarnih prenosnika dobijen korišćenjem datog programa za tražene izlazne brojeve obrtaja, uz navedena ograničenja, prikazan je tabelarno.

Izlazni broj obrtaja	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5
Broj prenosnika	0	0	1	2	3	0	3	4	5	4	1	10	2	9	10	10

Izlazni broj obrtaja	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
Broj prenosnika	34	41	44	50	58	48	79	110	108	127	114	99	47	0	0

Za izlazne brojeve obrtaja 1; 1,25; 3,15; 800 i 1000 o/min (odnosno za prenosne odnose 1400, 1120, 444, 1,75 i 1,4) nema nijednog reduktora koji bi zadovoljio tražene uslove.

Najbrojnija familija reduktora je za izlazni broj obrtaja 315 o/min (prenosni odnos 4,44) i ona sadrži 127 reduktora.

Takođe, za prenosni odnos manji od 2,22 (630 o/min na izlaznom vratilu) ne može se koncipirati ovakav reduktor.

U radu nije analizirana mogućnost da moduli dva zupčasta para budu različiti, što bi dovelo do novih kombinacija, odnosno do velikog broja novih reduktora.

Rezultati ovog rada potvrđuju da jedan relativno prost planetarni prenosnik daje mogućnost promene prenosnog odnosa u veoma širokom opsegu od 875 do 2,22. Odnosno, pri ulaznom broju obrtaja od 1400 o/min omogućava izlazne brojeve obrtaja od 1,6 do 630 o/min.

LITERATURA

- [1] Kraus L.: *Programski jezik C sa rešenim zadacima*, „Akademska misao“, Beograd.
- [2] Kudrjavcev V. N., Kirdjašev J. N. i dr.: *Planetarnie predači*, spravočnik, „Mašinostoenie“, Leningrad, 1977.
- [3] Marković S.: *Osnovi mašinstva*, Viša tehnička škola, Čačak, 2005.
- [4] Rosić B.: *Planetarni prenosnici*, Mašinski fakultet, Beograd, 2003.
- [5] Tanasijević S., Vulić A.: *Mehanički prenosnici*, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1944.

VIRTUAL KINEMATIC ANALYSIS OF THE TWO-LEVEL PLANETARY REDUCER WITH DOUBLE INTERNAL INDENTATION

Abstract: *This work presents one of the possibilities of forming a family of reducers for various numbers of turns of the outgoing shaft at constant input quantities by using computer program. The number of turns of the outgoing shaft was varied from 1 to 1000 min⁻¹, changed according to the standard order R10. The reducer is a two-level planetary reducer with two internal couplings at which the support of the satellite is connected to the ingoing shaft, and one central gear with internal indentation is situated on the outgoing shaft when the other central gear is motionless.*

33. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

33rd JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



35. simpozijum

UPRAVLJANJE PROIZVODNOM U
INDUSTRIJI PRERADE METALA

Zlatibor, maj 2007.

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

Dondur, N., Radojević, S. PRIVATIZACIJA U INDUSTRIJSKIM PREDUZEĆIMA U SRBIJI.....	4.1
Drndarević, D., Panić, S., Petrović, S. ЈЕДАН ПРИСТУП ПРОЈЕКТОВАЊУ ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА	4.6
Stevanov, B., Ostojić, G., Stankovski, S., Lazarević, M. MODEL RELACIONE BAZE PODATAKA ZA UPOTREBU PODATAKA DOBIJENIH PRIMENOM RFID TEHNOLOGIJE U PROCESIMA DEMONTAŽE	4.12
Sokić, D., Drndarević, D. PRIKAZ JEDNE APLIKACIJE INFORMACIONOG SISTEMA VALJAONICE ALUMINIJUMA.....	4.18
Božičković, R., Ćosić, I., Sorak, M., Gojković, P. PRILAZ PROJEKTOVANJU LEAN KONCEPTA U INDUSTRIJSKIM SISTEMIMA.....	4.25
Đukić, R., Đukić, J. VIŠENIVOVSKO DIZAJNIRANJE PROCESA OPTIMIZACIJE PROIZVODNOG PROGRAMA	4.31
Nedić, B. MOGUĆNOSTI ISTRAŽIVANJA, RAZVOJA I PROIZVODNJE OPTIČKIH UREĐAJA	4.37
Đukić, J., Đukić, R. ISTRAŽIVANJE PROIZVODNE FUNKCIJE GRUPE PROIZVODA U SITUACIJAMA NEIZVESNOSTI.....	4.42
Pozhidaeva, V., Živković, D., Medenica, M. AVAILABILITY OF PISTON PUMPS IN SPRINKLERS FOR PLANT PROTECTION	4.48
Gillich, G., Gillich, N., Berinde, F., Chioncel, C. THE USE OF WIGNER-VILLE DISTRIBUTIONS IN INDUSTRIAL PLANT MONITORING	4.54
Biočanin, R., Stoilković, S., Zatežić, M. BEZBEDNOST UPRAVLJANJA RIZIKOM PRI TRANSPORTU OPASNIH MATERIJA	4.60
Vujačić, G., Lukić, Lj., Marjanović, Ž. UPOTREBA BLUETOOTH TEHNOLOGIJA ZA NADZOR RAČUNARSKIH MREŽA I KORIŠĆENJE BLUETOOTH UREĐAJA KAO MEDIJUMA KOMUNIKACIJE I DELA PODSISTEMA ZA DONOŠENJE ODLUKA	4.71
Pilipović, M., Mujković, F. SIMULACIJA U AUTOMATIZACIJI - PRIMER SIMULACIJE PRERADE POŠTANSKIH POŠILJKI	4.77

[← NAZAD](#)



Dondur, N.¹, Radojević, S.²,

PRIVATIZACIJA U INDUSTRIJSKIM PREDUZEĆIMA U SRBIJI

Rezime: Rad testira uticaj privatizacije i restrukturiranja na uspešnost poslovanja industrijskih preduzeća u Srbiji privatizovanih tokom 2002 i 2003 godine. Na uzorku od 45 izabranih preduzeća analiza pokazuje da se privatizacijom povećavaju prosečne vrednosti pokazatelja uspešnosti poslovanja. Nije dokazano da je to povećanje i statistički signifikantno osim u slučaju profitabilnosti ukupne ekonomije preduzeća. U radu je potvrđena hipoteza da uspešnost poslovanja privatizovanih preduzeća u postprivatizacionom periodu statistički značajno zavisi od tipa investitora i koncentracije vlasničkih prava ali ne i od dela kapitala u vlasništvu države.

Ključne reči: industrijska preduzeća, privatizacija, Srbija, efikasnost

Uvod

Privatizacija je prodaja državnih preduzeća privatnom sektoru. Sporenja oko toga da li je privatno vlasništvo superiornije od državnog sa aspekta racionalne upotrebe raspoloživih resursa stara je koliko i sama ekonomska teorija. (8. str.321-389). U ekonomskoj teoriji dugo je prisutna koncepcija da u uslovima perfektne konkurencije, odsustva informacionog problema i kompletnih ugovora uspešnost poslovanja firme ne zavisi od tipa vlasništva. Ključni argument u isticanju značaja državnih preduzeća jeste suzbijanje tzv. prirodnih monopolističkih preduzeća koja se javljaju uvek kada tržište ne funkcioniše perfektno. Ovaj, inače, ozbiljni pristup u ekonomskoj teoriji sve je manje prisutan, pošto se smatra da liberalizacija ekonomskih odnosa u spoljnoj razmeni povećava konkurenciju i onemogućava privatnog preduzetnika i vlasnika da na dugi rok sebično eksploatiše monopolističke pogodnosti. To čak više nije moguće ni u oblasti energetike, transporta ili telekomunikacija koji su tipični prirodni monopoli i koji se upravo iz razloga mogućnosti da ih privatni vlasnici sebično koriste predlažu kao preduzeća koja moraju ostati u državnom vlasništvu.

Glavni mikro ekonomski cilj privatizacije jeste povećanje efikasnosti poslovanja preduzeća. Ekonometrijsko testiranje hipoteze o promeni efikasnosti implicira merenje operativnih i finansijskih performansi preduzeća pre i posle privatizacije. Ukoliko se pokaže da neka privatizovana preduzeća imaju bolje performanse posle privatizacije hipotezu o povećanju ukupne prosečne efikasnosti koja je rezultat privatizacije ima smisla dokazivati. Za dokaz hipoteze o povećanju efikasnosti promenom tipa vlasničke strukture moraju se izolovati faktori (promenljive) koji potencijalno mogu menjati efikasnost a nisu direktna posledica privatizacije. (2. str.320-334).

Za ocenu efekata privatizacije u Srbiji razmatrana je populacija preduzeća u oblasti *industrije i rudarstva* privatizovana tokom 2002 i 2003 godine javnim tenderom ili aukcijskom prodajom kao glavnim metodama privatizacije promovisanim novim zakonom o privatizaciji iz 2001 godine.

Kvantitativna ocena efekata privatizacije i restrukturiranja privatizovanih preduzeća implicira izbor odgovarajućeg ekonometrijskog modela. Ekonometrijskim modelom se definišu promenljive koje opisuju nivo promene efikasnosti poslovanja preduzeća u posmatranom vremenskom intervalu. (4. str.1238.) Za

¹ Nikola Dondur, Mašinski fakultet u Beogradu, Katedra za industrijsko inženjerstvo, Kraljice Marije 16, ndondur@mas.bg.ac.yu. Tel. +381113302374

² Slobodan Radojević, Mašinski fakultet u Beogradu, Katedra za industrijsko inženjerstvo, Kraljice Marije 16, sradojevic@mas.bg.ac.yu. Tel. +381113302402

zavisne promenljive se u većini empirijskih istraživanja uzimaju mere profitabilnosti i operativne efikasnosti (produktivnost) poslovanja industrijskih preduzeća.

Modeli

Za potrebe naše analize koristili smo dva indikatora profitabilnosti - profitabilnost ukupnog prihoda i profitabilnost ukupne imovine i jedan indikator poslovne produktivnosti - trošak po jedinici proizvedenog i prodanog proizvoda u određenoj godini. Izbor nije slučajna i pre svega je determinisan potpunom komparabilnošću kategorija koje su korišćene za njihovo izračunavanje u periodu pre i posle uvođenja međunarodnih računovodstvenih standarda.

Prvi nivo analize se odnosio na testiranje hipoteze o promeni vrednosti izabranih indikatora profitabilnosti i produktivnosti pre i posle privatizacije i restrukturiranja. U tom cilju formulisana je sledeća hipoteza:

H1: Privatizacije poboljšava performanse poslovanja industrijskih preduzeća

Za testiranje navedene hipoteze je korišćen sledeći ekonometrijski model:

$$ip_{it} = \alpha + \beta priv_{i0} + \chi priv_{it} + \delta bdp_{i,t,j} \quad (1)$$

gde su ip_{it} indikatori uspešnosti poslovanja u periodu 2000-2005, $priv_{i0}$ nivo uspešnosti merena odgovarajućim indikatorom u godini privatizacije (2002 ili 2003), $priv_{it}$ nivo uspešnosti merena odgovarajućim indikatorom u godinama posle privatizacije (2003, 2004 i 2005). i $bdp_{i,t,j}$ kontrolna promenljiva kvantitativnog karaktera koja meri stope rasta domaćeg bruto proizvoda industrijske grane kojoj pripada određeno preduzeće klasifikovano po dvocifrenoj klasifikacionoj shemi industrijskih delatnosti u celokupnom posmatranom periodu 2000-2005 godina. Stopa rasta domaćeg bruto proizvoda u periodu 2000-2005 je izračunata na bazi stalnih cena iz 2002 godine. (13. str 120.).

Nezavisna promenljiva bdp_i se koristi da bi se izolovao direktan uticaj promene vlasničke strukture (direktan efekat privatizacije i restrukturiranja) od prosečnih fluktuacija privredne aktivnosti u određenoj industrijskoj grani kojoj pripada neko preduzeće. Naime, da bi ocenili stvari efekat promene vlasničke strukture i procesa restrukturiranja potrebno je izračunati koji deo promene profitabilnosti i produktivnosti određuje promena vlasnika a koji deo te promene determinišu opšti nivo aktivnosti unutar privredne grane kojoj preduzeće pripada. Ekonometrijski model je ustvari višestruki regresioni model sa dve kvalitativne i jednom kvantitativnom promenljivom. Koeficijenti α , β , χ i δ su parametri modela čije vrednosti pokazuju parcijalne doprinose promenljive na promenu performansi preduzeća.

Drugi nivo analize se odnosi na ocenu uticaja koncentracije vlasničkih prava, stepena privatizacije i tipa investitora na promene indikatora performansi profitabilnosti i operativne efikasnosti. Za potrebe analize je formulisana sledeća hipoteza:

H2: Povećanje poslovne efikasnosti i profitabilnosti privatizovanih preduzeća zavisi od koncentracije vlasničkih prava, učešća države u strukturi vlasništva i tipa investitora..

Za testiranje navedene hipoteze korišćen je sledeći ekonometrijski model:

$$privip_i = \alpha + \beta stranikupac_i + \chi kon.vlas.prav_i + \delta drzvas_i + \varepsilon stranikupac_i * kon.vlas.prav_i + \phi stranikupac_i * drzvas_i + \varphi kon.vlas.prav_i * drzvas_i + \gamma bdp_i \quad (2)$$

gde su $privip_i$ pokazatelji uspešnosti poslovanja u postprivatizacionom periodu, $stranikupac_i$ nivo uspešnosti u postprivatizacionom periodu preduzeća koja su kupljena od stranog kupca, $kon.vlas.prav_i$ nivo uspešnosti u postprivatizacionom periodu onih preduzeća kod kojih je više od 50% vlasničkih prava u rukama jednog pravnog ili fizičkog lica, $drzvas_i$ nivo uspešnosti u postprivatizacionom periodu preduzeća kod kojih postoji između 5 i 15% kapitala u vlasništvu države (privatizacioni registar) i

bdp_i kontrolna promenljiva kvantitativnog karaktera koja meri stope rasta domaćeg bruto proizvoda industrijske grane kojoj pripada određeno preduzeće klasifikovano po dvocifrenoj klasifikacionoj shemi industrijskih delatnosti iskazana u stalnim cenama iz 2002 godine u postprivatizacionom periodu. Kontrolne promenljive su : domaći kupac, struktura vlasništva u kojoj ne postoji jedno pravno ili fizičko lice kao većinski vlasnik preduzeća i preduzeća koja nemaju kapitala u vlasništvu državnog privatizacionog registra. Pored toga model testira i interaktivnost kvalitativnih promenljivih. Izračunati parametri modela uz interaktivne promenljive omogućavaju npr. odgovor na pitanje kolika je razlika između indikatora uspešnosti poslovanja ako je preduzeće kupljeno od stranog a ne domaćeg investitora i ako je više od 50% vrednosti preduzeća u rukama jednog pravnog ili fizičkog lica ($\beta + \chi + \varepsilon$). Ostale interaktivne promenljive omogućavaju odgovore na slična kombinovana pitanja koja se odnose na tip investitora, stepen koncentracije vlasničkih prava i učešće države u strukturi vlasništva.

Rezultati

Prvi nivo analize pokazuje da se profitabilnost ukupne imovine povećava posle privatizacije i restrukturiranja i da je razlika između profitabilnosti u pre i postprivatizacionom periodu statistički signifikantna.

U tabeli 1. su dati rezultati testa prve hipoteze.

Tabela 1. Regresioni rezultati za hipotezu H1

Metod: OLS- (korigovana heteroskedastičnost)					
Zavisne promenljive		Nezavisne promenljive			
		konstanta	priv 0	priv(+1,+3)	bdp
Pprofitabilnost prihoda	ukupnog	- 0,0828251***	-0,0512323	0,063343	0,0451015
Profitabilnost imovine	ukupne	0,00667474	-0,0143365	0,0516147***	0,0949229*
Trošak po jedinici prihoda		1,05767***	0,00778559	-0,0283414	-0,171513

Napomene:

* Označava signifikantnost na nivou od 10%

** Označava signifikantnost na nivou od 5%

*** Označava signifikantnost na nivou od 1%

U utvrđivanju parametara je korišćen metod najmanjih kvadrata primenjen na panel podatke koji se odnose na 45 preduzeća u vremenskom intervalu od 6 godina – 270 opservacija. (*Pre*) je kvalitativna promenljiva koja je jednaka 1 ako se podatak odnosi na period (-3,-1) a ako ne onda 0. (*Priv0*) je kvalitativna promenljiva koja je jednaka 1 ako je podatak lociran u godini privatizacije a ako ne onda 0. (*Priv*) je kvalitativna je promenljiva koja je jednaka 1 ako se podaci odnose na period od (+1,+3) a ako ne onda 0. *Stopa rasta bruto domaćeg proizvoda(bdp)* je izračunata kao indeks na bazi podataka o vrednosti domaćeg bruto proizvoda izraženog u stalnim cenama iz 2002 godine.

Produktivnost ukupne imovine privatizovanih preduzeća se zahvaljujući privatizaciji i restrukturiranju povećala u odnosu na produktivnost u predprivatizacionom periodu (2000-2003). Model pokazuje da je produktivnost ukupne imovine bila najmanja u godinama privatizacije (*priv0*), odnosno manja od vrednosti istog pokazatelja u predprivatizacionom periodu. Stopa rasta domaćeg bruto proizvoda bitno određuje profitabilnost ukupne imovine u celokupnom posmatranom periodu. Što se profitabilnosti ukupnog prihoda tiče, model pokazuje da je prosečna profitna stopa u postprivatizacionom periodu značajno porasla u odnosu na referentni period pre privatizacije, ali da je opšta stopa rasta domaćeg bruto proizvoda statistički nesignifikantna. Jedini indikator proizvodne efikasnosti korišćen u našem modelu je poslovni trošak po jedinici poslovnog prihoda (vrednosti napravljenih i prodatih proizvoda u odnosnoj godini). Vrednost troška po jedinici poslovnog prihoda u postprivatizacionom periodu se smanjila a negativan znak ispred parametra *dbp* nagoveštava da povećanjem opšte privredne aktivnosti dolazi i do povećanja poslovne efikasnosti u posmatranom periodu.

Analiza *profitabilnosti ukupnog prihoda* pokazuje značajnu signifikantnost promenljive koja opisuje

koncentraciju vlasničkih prava u privatizovanim preduzećima i interaktivnost tipa investitora i kapitala u vlasništvu privatizacionog registra. hipoteze U tabeli 2. su dati osnovni rezultati testa druge hipoteze.

Tabela 2. Regresioni rezultati za hipotezu H2

Metod: FGLS - WLS								
Zavisne promenljive	Nezavisne promenljive							
	konstanta	strani kupac	kon.vlas.prav.	drzvlas.	strani kupac*kon.vlas.p rav	strani kupac*drzvlas	kon.vlas.prav.* drzvlas	bdp
Pprofitabilnost ukupnog prihoda	0,02393**	0,162053	-0,09616**	0,0578787	-0,0778262	-0,244164**	0,155073	0,00501
Profitabilnost ukupne imovine	0,0597***	0,324**	-0,04998**	0,01605	-0,186184	-0,152357**	0,0214178	0,0957
Trošak po jedinici prihoda	0,9638***	-0,102	0,1471**	-0,060	0,005933	0,161671	-0,1571	0,0863

Napomene:

* Označava signifikantnost na nivou od 10%

** Označava signifikantnost na nivou od 5%

*** Označava signifikantnost na nivou od 1%

U utvrđivanju parametara je korišćen je metod ponderisanih najmanjih kvadrata (WLS) primenjen na podatke koji se odnose na 45 preduzeća u vremenskom intervalu od 2 ili 3 godine pošto su preduzeća privatizovana – 106 opservacija(pooled). Kao ponder je korišćena recipročna vrednost standradne greške reziduala – tkz Glesjer test za korekciju heteroskedastičnost što predstavlja specijalni slučaj opšteg metoda najmanjih kvadrata(FGLS).

Zaključci

Ekonometrijski dokazi navedenih hipoteza proizvode sledeće zaključke:

- prosečna vrednost svih analiziranih pokazatelja uspešnosti poslovanja privatizovanih preduzeća u postprivatizacionom periodu je povećana
- statistički je signifikantno samo povećanje profitabilnosti ukupne imovine
- preduzeća kupljena od stranog investitora bez obzira na koncentraciju vlasničke strukture i deo kapitala u vlasništvu privatizacionog registra(države) u postprivatizacionom periodu ima bolje performanse od preduzeća kupljenih od strane domaćih investitora
- preduzeća kod kojih postoji visoka koncentracija vlasničkih prava(više od 50% vlasništva u rukama jednog pravnog ili fizičkog lica) bez obzira na tip investitora i stepen privatizacije ima slabije performanse od preduzeća kod kojih su vlasnička prava razudjenija.
- Privatizovana preduzeća kod kojih je manji deo (5-15%) vlasničkih prava zadržan u državnom privatizacionom registru bez obzira na tip kupca i koncentraciju vlasničkih prava ima bolje performanse od preduzeća kod kojih ne postoji deo kapitala u privatizacionom registru.

Interaktivni efekti kvalitativnih promenljivih nemaju jednoznačan smer. Profitabilnost ukupne ekonomije preduzeća kupljenih od stranog investitora sa koncentrisanim vlasničkim pravima je veća a profitabilnost ukupnog prihoda i poslovna efikasnost su manje u odnosu na iste pokazatelje u kontrolnim preduzećima. Isti zaključak u pogledu poslovnih performansi važi i za preduzeća kupljena od stranog investitora kod kojih je deo kapitala zadržan u vlasništvu privatizacionog registra. Kod preduzeća koja imaju koncentrisana vlasnička prava i manji deo kapitala u državnom vlasništvu poslovna produktivnost (efikasnost) i profitabilnost ukupnog prihoda su veći a profitabilnost ukupne ekonomije manja od istih performansi kontrolnih privatizovanih preduzeća.

Na bazi ekonometrijskih dokaza formulisanih hipoteza sledi da privatizacija industrijskih preduzeća u Srbiji posle 2000 godine ima pozitivan uticaj na profitabilnost i proizvodnu efikasnost preduzeća. Druga hipoteza o

značaju i smeru uticaja tipa investitora, stepena koncentracije vlasništva i učešća države u strukturi vlasništva nije jednoznačano dokazana. Statistički je nedvosmisleno signifikantan samo izolovani uticaj koncentracije vlasničkih prava i kombinovani uticaj tipa investitora i učešća države u u vlasničkoj strukturi kroz privatizacioni registar. Ostali izolovani i kombinovani uticaji su statistički nesignifikantni.

Literatura:

- 1) Dewenter, Kathryn L.; Malatesta Paul: "State Owned and Privately Owned Firms: An Empirical Analysis of Prerofitability, Leverage, and Labour Intensity", *The American Economic Review*, Vol.91,N0.1 (Mar., 2001).
- 2) Earle John and Almos Telegdy: "Privatization methods and Productivity effects in Romanian Industrial Enterprises", *Journal of Comparative Economics*, vol. 30, 2002.)
- 3) Simoneti Marko, Damjan Jože, Rojec Matija, Majcen Boris: "Case-by-Case Versus Mass Privatization in Transition Economies: Initial Owner and Final Seller Effects on Performance of Firms in Slovenia", *World Development*, vol. 33 no 10. (2005)
- 4) Statistički godišnjak Srbije – 2006, Republički zavod za statistiku, Beograd,2006.
- 5) Villalonga Belen: „Privatization and Efficiency:differentiating ownership effects from political,organizational and dynamic effects“, *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol.42 (2000)

Abstract: *This paper examine the impact of privatization and restructuring on the operating and financial performances of industrial enterprises privatized in Serbia during the period 2002-2003. The longitudinal study of 45 firms has empirically confirmed the significant increase in profitability of total assets (ROA). The impacts of buyer type and level of property rights concentration on increase of performances in postprivatization period were also confirmed.*

Keywords: *privatization, Serbia, industrial enterprises, efficiency*



Драгољуб Дрндаревић, Стјепан Панић, Слободан Петровић¹

ЈЕДАН ПРИСТУП ПРОЈЕКТОВАЊУ ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА

Резиме: Поступак пројектовања информационог система, дат у овом раду, заснован је на стандардима IDEF0 и IDEF1X. Стандард IDEF0 се користи за моделовање процеса и реализован је помоћу софтверског алата VPwin, а стандард IDEF1X је намењен за моделовање података и користи се помоћу ERwin-a. Из модела информационог система, формираног у ERwin-у, аутоматски се генерише шема базе података у изабраном систему за управљање базама података.

1. УВОД

Пројектовање информационог система треба да буде засновано на захтевима корисника и на предходној анализи постојећег стања, на основу чега се дефинише оптимална концепција и структура информационог система, као и потребна техничка и програмска опрема, организациона и кадровска подршка.

Пројектовање информационог система, дато у овом раду, базира се на стандардима IDEF0 и IDEF1X. Стандард IDEF0 служи за функционално моделовање, односно за моделовање процеса. Омогућава функционалну декомпозицију преко скупа дијаграма, стварање потребне документације, као и комуникацију између чланова пројектог тима и шире, комуникацију са корисницима. Овај стандард, поред изнетог, обезбеђује елементе потребне за примену IDEF1X стандарда. Реализован у облику CASE (Computer Aided Software Engineering) алата VPwin. Стандард IDEF1X се користи за информационо моделовање и помоћу њега се дефинише модел података. Реални систем се представља преко објеката, односно ентитета и њихових особина (атрибута) и њихових међусобних веза. Овај стандард је реализован у облику CASE алата ERwin. Модел информационог система, формиран у ERwin-у, користи се за директно генерисање шеме базе података у већини данас коришћених система за управљање базама података.

При пројектовању информационог система потребно да су испуњени следећи услови:

- јединствен систем означавања - то је основни предуслов за рад информационог система. Сваки предмет мора имати јединствену ознаку у целом систему пословања. Најчешће је у примени паралелни систем означавања, који се састоји од идентификационог броја, који је јединствен, класификационог броја који служи за претраживање предмета пословања и записа основних података (назива, стандарда и других карактеристика).
- јединственост модела и процеса - примена јединствене методологије пројектовања информационог система коришћењем CASE алата.
- јединственост система за управљање базама података.

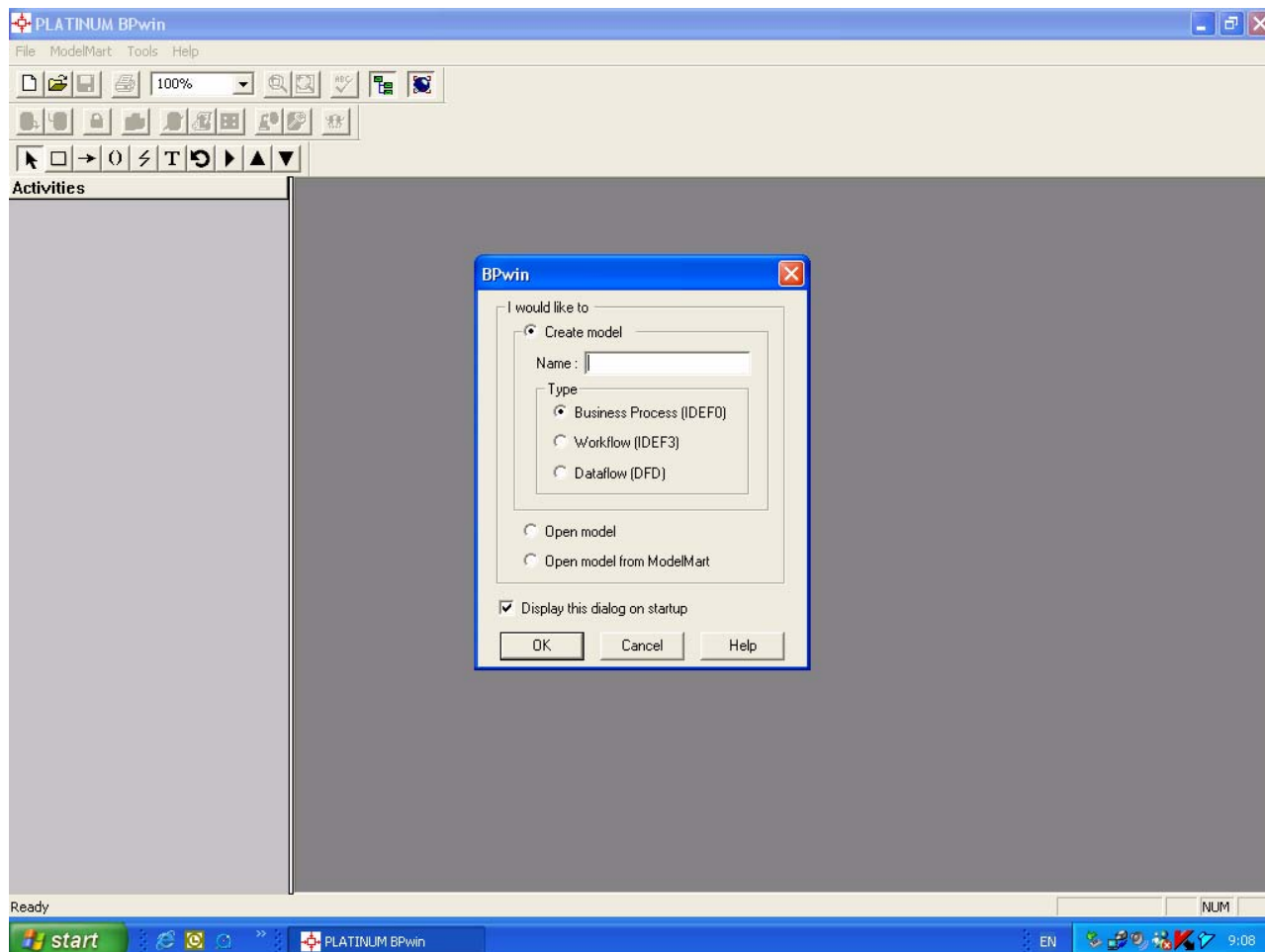
2. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОМОЋУ VPWIN-A

VPwin је софтверски алат за моделовање пословних процеса и базира се на стандарду IDEF0. Ради у графичком окружењу (сл. 1).

Објекти, односно процеси и подаци представљају се графички, помоћу дијаграма који представљају границе система. Дијаграми су међусобно повезани и описују систем хијерархијски,

¹ Виша пословно-техничка школа, Св. Саве 34, 31000 Ужице, тел: 031/512-013, Е-mail: masinski@vpts.edu.yu

одозго на доле. Дијаграми се састоје од правоугаоника и стрелица. **Правоугаоници** представљају активности (функције, процесе). Сваки правоугаоник има назив активности и број везан за текстуалним описом. **Стрелице** представљају податке везане за активности. Свака стрелица носи назив податка.

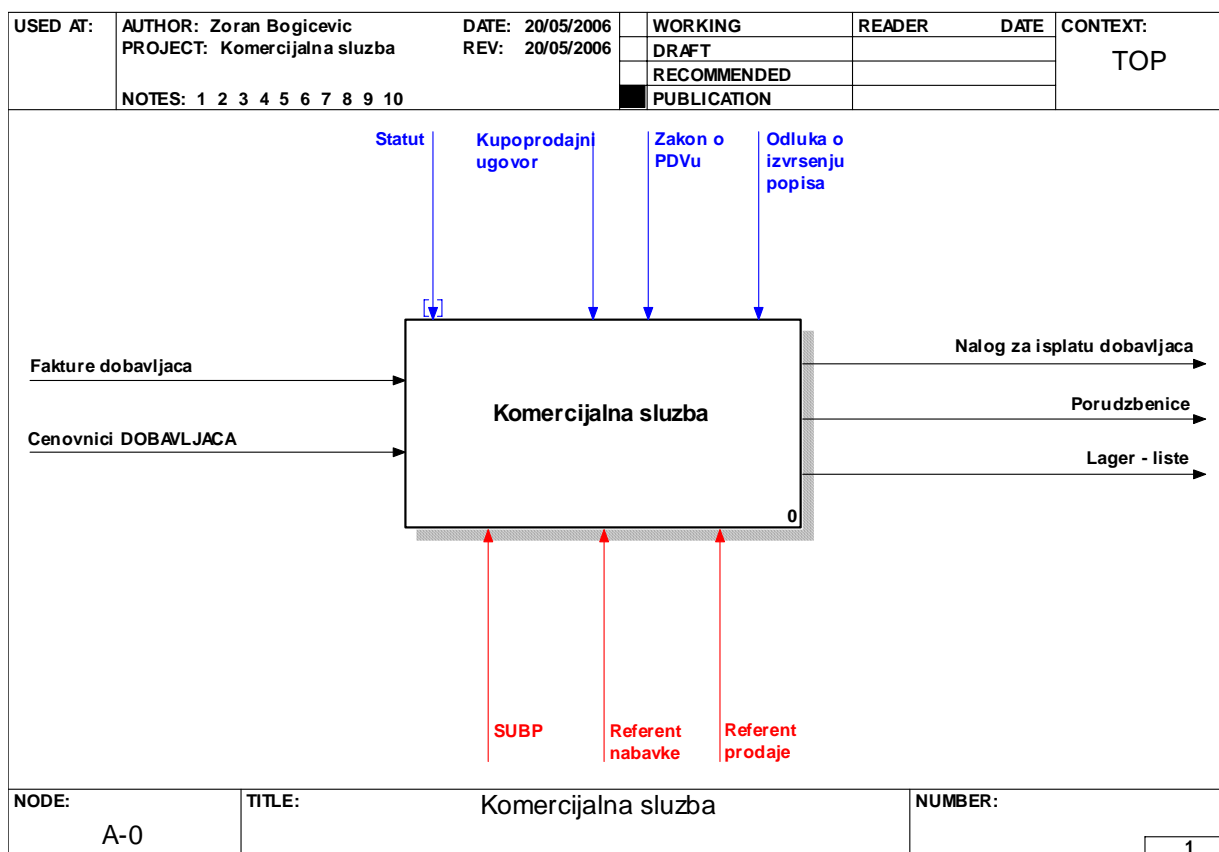


Сл. 1. Основни екран BPwin-a

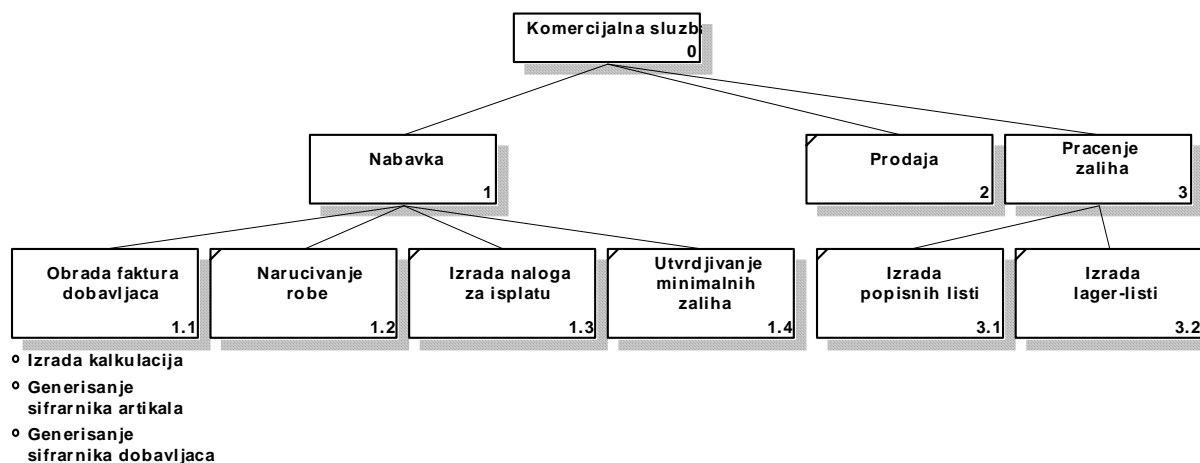
Приказ метода моделовања дат је на примеру комерцијалне службе предузећа. Први корак на највишем нивоу је формирање **дијаграма контекста (целине)**, који се растављањем преводи у детаљније дијаграме нижег нивоа. Дијаграм целине, представљен једним правоугаоником, којим се дефинишу границе система, под називом "Комерцијална служба" дат је на сл. 2.

- Стрелице које са леве стране улазе у правоугаоник - **улази**. Оне носе податке који се трансформишу у излазе. Присуство улаза је опционо.
- Стрелице које на десној страни излазе из правоугаоника - **излази**. Излази су подаци, односно производи активности. Свака активност мора имати бар један излаз.
- Стрелице које одозго улазе у правоугаоник - **контроле**. Контроле (правила, процедуре, стандарди) регулишу извођење активности. Контроле се при томе не мењају. Свака активност мора имати бар једну контролу.
- Стрелице које одоздо улазе у правоугаоник - **механизми**. Механизми су извори који изводе активности (људи, машине, опрема). Присуство механизма је опционо.

Стабло активности успоставља вертикалне (хијерархијске) везе између активности (сл. 3). Формира се поступком одозго на доле, при чему се сложена активност ("родитељ") раставља на више простијих активности ("деца"), а затим се решавају те просте активности, чиме је решена сложена активност.

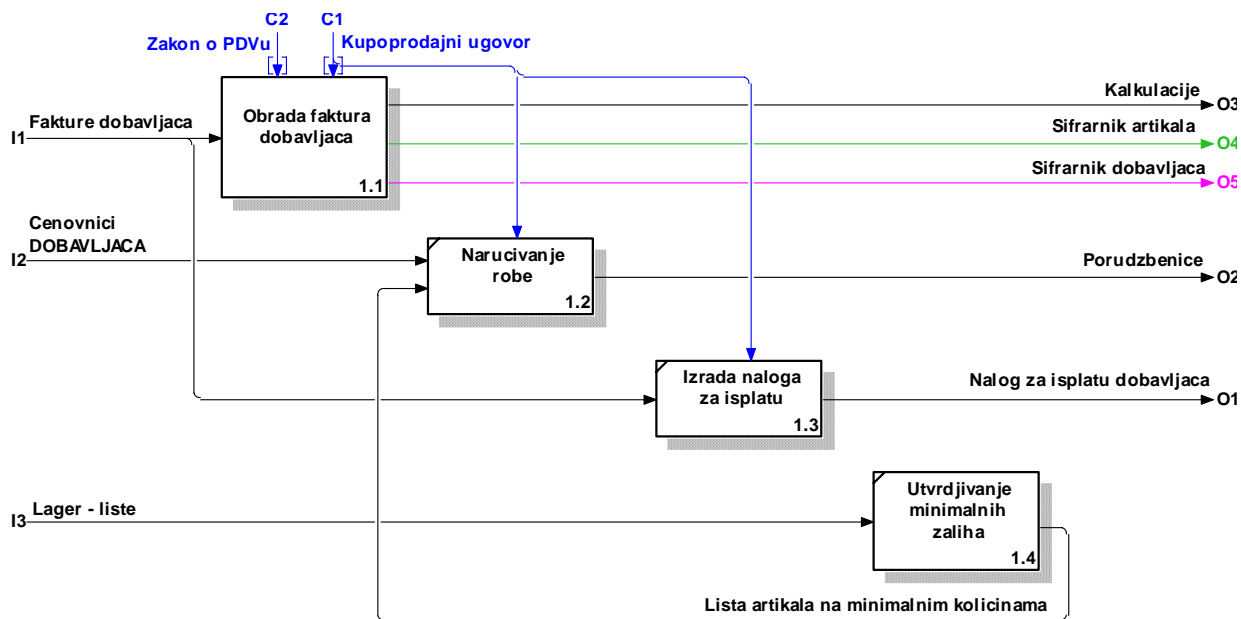


Сл 2. Дијаграм контекста



Сл. 3. Стабло активности

Декомпозициони дијаграми (сл. 4) добијају се на основу Дијаграма контекста, Стабла активности и захтева корисника. Дијаграми такође садрже правоугаонике и стрелице. Правоугаоници представљају активности и цртају се дијагонално од горњег левог угла према доњем десном углу. Полази се од Дијаграма контекста (родитељ) и он се раставља на подређене (дете) дијаграме, који се могу даље растављати, описујући детаљније активности. Стрелице у оквиру дијаграма омогућују хоризонтално повезивање активности. Стрелице из надређеног дијаграма преносе се у подређени дијаграм и то као граничне стрелице. Стрелице унутар подређеног дијаграма су интерне стрелице. Стрелице се могу **гранати** у исте или различите скупове информација (Фактуре добављача), а такође и **удруживати**, па им ради јасноће треба дати назив. **Повратне** стрелице - излаз из једне активности представља улаз, контролу или механизам неке предходне активности (повратна

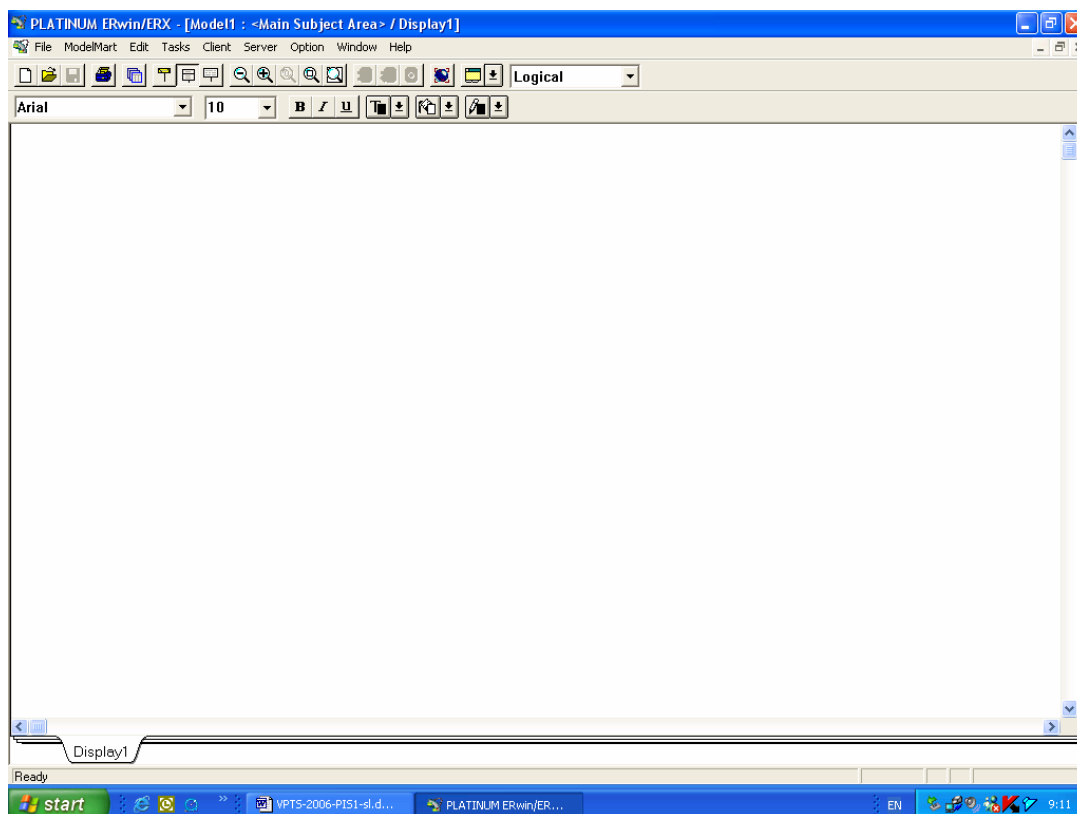


Сл. 4. Декомпозициони дијаграм

петља) (Листа артикала на минималним количинама). **Скривене** стрелице - стрелице које се због пренатрпаности ради јасноће не приказују у нижим, односно вишим нивоима, или стрелице које се јављају као контрола у свакој активности на нижим нивоима. Скривене стрелице се означавају заградама на делу стрелице код правоугаоника на дијаграму родитељ и на делу стрелице од правоугаоника на дијаграму дете (Закон о ПДВ-у, Купопродајно уговор).

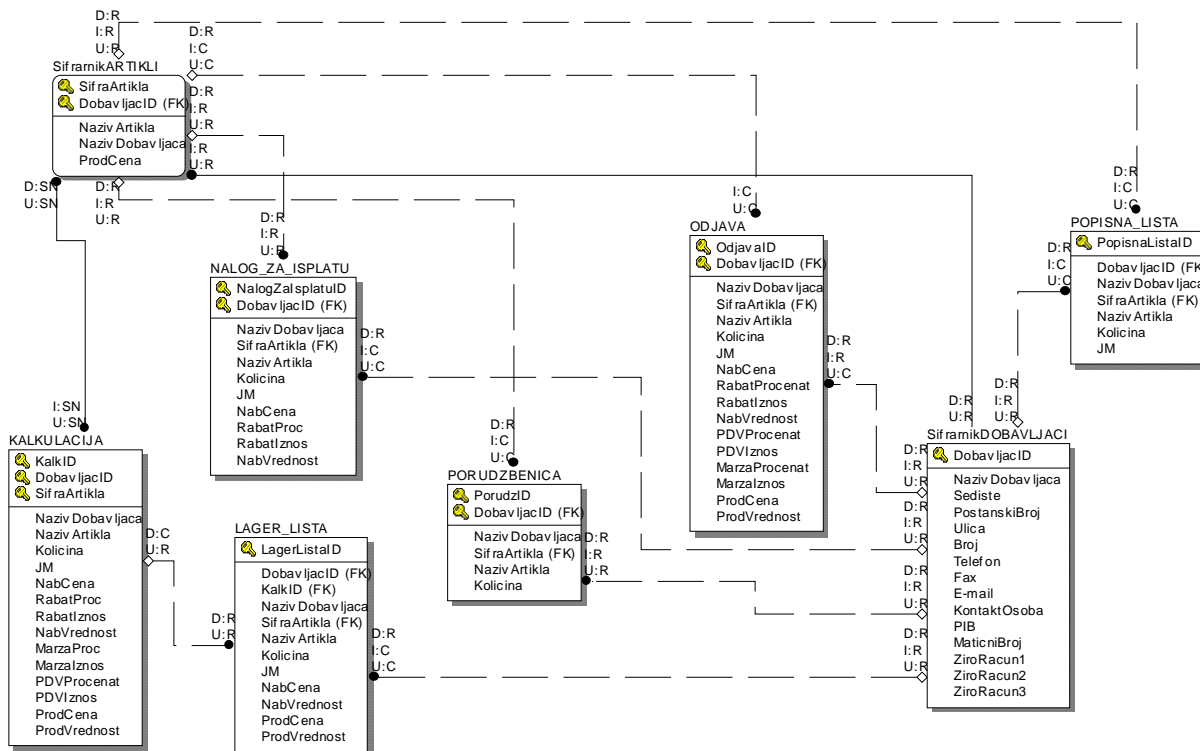
3. МОДЕЛОВАЊЕ ПОМОЋУ ERWIN-A

ERwin је CASE алат који моделује податке ER (Entity Relationship) методом, која је подржана IDEF1X стандардом (сл. 5).



Сл. 5. Основни екран ERwin-а

Моделовањем података добија се ентитетни (ER) дијаграм (сл. 6), чији су основни елементи: ентитети, везе, атрибути, кључеви, кардиналност веза и референцијални интегритет. Ентитети, везе, атрибути и кључеви су стандардно дефинисани у ERwin-у, а кардиналност веза и референцијални интегритет имају своје специфичности.



Сл. 6. Ентитетни дијаграм

Кардиналност везе родитељ - дете дефинише "колико много" примерака родитељ је повезано са "колико много" примерака дете. Постоје четири случаја:

- 0, 1 или више (без ознаке) - сваки родитељ повезује се са 0. 1 или више примерака дете,
- 1 или више (P) - сваки родитељ повезује се са 1 или више примерака дете,
- 0 или 1 (Z) - сваки родитељ повезује се са 0 или 1 примерака дете,
- тачно n (n) - сваки родитељ повезује се са n примерака дете,

Референцијални интегритет описује понашање када, услед операција одржавања, долази до нарушавања кардиналности веза. Дефинише се за сваку везу и то посебно за страну ентитета родитељ, а посебно за дете, и то за операције: Insert - I (убацивање), Delete - D (брисање), Update - U (ажурирање). Ознака референцијалног интегритета дата је на линији везе код правоугаоника за ентитет родитељ и ентитет дете.

4. ЗАКЉУЧАК

Системски прилаз пројектовању информационих система помоћу CASE алата омогућује да се систем моделује интегрално, елиминисањем непотребних детаља. Омогућена је лака међусобна комуникација између пројектаната и комуникација са корисницима. Постигнута је компатибилност различитих програма и размена информација. Графички приказ омогућава олакшано сагледавање, праћење и измене у моделу.

Моделовање система, односно функционално моделовање по стандарду IDEF0, реализовано са софтверским алатом VPwin, даје модел процеса у облику дијаграма. Модел процеса се у информационом моделовању пребацује у ERwin, који је базиран на стандарду IDEF1X и његов коначан резултат је модел података у облику ER дијаграма. Даље се апликационим моделовањем за добијени модел података се врши дефинисање физичког дизајна и шеме базе података, што уствари

представља избор одговарајућег система са управљање базама података и аутоматско креирање апликације у изабраној бази података.

На крају се може констатовати да пројектовање информационих система помоћу CASE алата представља систематичан и брз поступак, што посебно долази до изражаја код сложених пословних система.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. Вељовић, *Моделовање информационих система*, Компјутер библиотека, Чачак, 2005.
- [2] BPwin Methods Guide - Logic Works
- [3] ERwin Methods Guide - Logic Works

AN APPROACH AT INFORMATION SYSTEMS DESIGN

***Abstract:** The procedure of information system design, given in this paper, is based on the standards IDEF0 and IDEF1X. The standard IDEF0 is used for processes modelling and it is realized with softer tool BPwin, and the standard IDEF1X is used for data modelling and it is realized with ERwin. From a model of information system, which is formed in ERwin, a scheme of data base is generated automatically in selected Data Base Management System.*

Branislav Stevanov, Gordana Ostojić, Stevan Stankovski, Milovan Lazarević¹

MODEL RELACIONE BAZE PODATAKA ZA UPOTREBU PODATAKA DOBIJENIH PRIMENOM RFID TEHNOLOGIJE U PROCESIMA DEMONTAŽE

Rezime : Komponente demontirane sa proizvoda se identifikuju, mere i sortiraju u različitim fazama procesa demontaže. Informacije prikupljene na liniji za demontažu podrazumevaju, grupe proizvoda, proizvođača, datum proizvodnje, demontirane materijale, demontirane delove, težinu, instrukcije za demontažu. Same informacije se primenom RFID tehnologije i relacionih baza podataka mogu iskoristi za upravljanje i poboljšanje procesa demontaže u modernim uslovima poslovanja.

UVOD

Demontaža predstavlja kompleksan proces kojim se može upravljati primenom odgovarajućeg RFID sistema a kasnije i izgradnjom informacionog sistema koji će omogućiti analizu dobijenih podataka. U radu su prikazane osnove upravljačkog sistema bazirane na ovim tehnologijama.

Sam RFID sistem se sastoji od tri osnovne komponente: antene, transivera (prijemnik i predajnik sa dekoderom) i transpondera (RF tag). Podatak se generiše i skladišti putem računara ili PLC-a, slično kao kod barkod sistema. Antena generiše magnetno polje koje aktivira magnetni tag i omogućava komunikaciju između transpondera i taga. Često su antena i transiver zajedno zapakovani u obliku čitača. Domet sistema može biti preko 30 metara u zavisnosti od tipa transpondera i taga koji se koristi i frekvencije koja je upotrebljena.

RFID uređaj (čitač, odnosno terminal za prikupljanje informacija) koristi radio transmisiju za slanje energije RFID tagu koji onda emituje povratnu informaciju: jedinstveni identifikacioni kod i/ili niz podataka, ranije smeštenih u sam tag (slika 1). Tako prikupljene podatke, kao i u slučaju barkoda, moguće je dalje obrađivati.



Slika 1. Komunikacija između RFID čitača i taga

1. PODELA I OSOBINE RFID TAGOVA

RFID sistemi mogu biti kategorizovani ili kao nisko-frekventni ili kao visoko-frekventni. Nisko-frekventni (30 KHz-500 KHz) sistemi imaju kratak domet čitača i niže cene. Visoko-frekventni sistemi (850 MHz-950 Mhz i 2.4 GHz-2.5 GHz) imaju veće domete i mnogo veće brzine skeniranja, ali im je i cena znatno veća.

Pored navedenog postoje i druge kategorizacione grupe u zavisnosti od: načina odnosno sredstva napajanja, sposobnosti čuvanja podataka, odnosno opcije programiranja, fizičkog oblika i na kraju cene.

U zavisnosti od načina, odnosno sredstva napajanja RFID tagovi mogu biti: aktivni i pasivni. Aktivni tagovi imaju izvor napajanja. Oni imaju mogućnost čitanja i pisanja, veći memorijski kapacitet i mnogo veći operativni opseg od pasivnih tagova. Pored toga, mnogo su robusniji i znatno skuplji od pasivnih tagova i njihov životni vek je kraći. Pasivni tagovi su u opštem slučaju read-only tipa (slično barkodu). Oni imaju

¹ Branislav Stevanov, Fakultet tehničkih nauka, +381(0) 21 485 2155, branisha@gmail.com
Gordana Ostojic, Fakultet tehničkih nauka, +381(0) 21 485 2166, goca@uns.ns.ac.yu
Stevan Stankovski, Fakultet tehničkih nauka, +381(0) 21 485 2168, stevan@uns.ns.ac.yu
Milovan Lazarević, Fakultet tehničkih nauka, +381(0) 21 485 2153, laza@iis.ns.ac.yu

manje operativne opsege i manji memorijski kapacitet. Oni su, međutim, mnogo jeftiniji, manji i životni vek im je duži u poređenju sa aktivnim tagovima.

Prema sposobnosti čuvanja podataka, odnosno mogućnosti programiranja, „EPCglobal“, konzorcijum industrijskih lidera kao što su Wal-Mart, Cisco, Procter&Gamble, Lockheed-Martin i Hewlett-Packard, podrazumeva da se RFID tagovi mogu klasifikovati u šest klasa:

1. Klasa 0: Read Only – tagovi koji sadrže permanentno upisane podatke, programirani od strane proizvođača;
2. Klasa 1: Write Once, Read many (WORM) – programiran od strane proizvođača ili korisnika;
3. Klasa 2: Read Write – tagovi na koje čitač može da iznova upisuje podatke;
4. Klasa 3: Read Write – sa senzorima (on-board) – za registrovanje vrednosti kao što je npr. temperatura;
5. Klasa 4: Read / Write sa integrisanim transmiterima – koji mogu komunicirati nezavisno od čitača;
6. Klasa 5: Read / Write, sa integrisanim transmiterima – kao i klasa 4 uz mogućnost međusobne komunikacije i pasivnih uređaja.

Fizički, uopštene su vrste RFID tagova (slika 2):

- tag (transponder)
- "smart" nalepnice
- RFID pločica (PCB).



Slika 2. Različite vrste RFID tagova

Nosilac informacije u obliku taga, nalepnice, ili PCB-a obično se postavlja na objekat, ambalažu, paletu, kontejner ili čak na sam proizvod, tako da može putovati s njime i na svakom koraku ga identifikovati. Podaci u tagu mogu biti raznovrsni – potrebni za identifikaciju proizvoda na traci, robu u tranzitu, lokaciju, vozilo, takođe i životinju ili osobu, ali mogu predstavljati i instrukcije o daljim postupcima.

1.1 RFID tag (transponder)

Tagovi se proizvode u vrlo različitim oblicima i veličinama, s različitim kapacitetima memorije i sposobnostima "aktivnosti" u okolini. RFID tag može biti dovoljno malen da se smesti pod kožu životinje, može biti uobličien kao ekser ili vijak za označavanje drvene građe ili u obliku kreditne kartice za korišćenje u aplikacijama kontrole pristupa. Veliki plastični privesci za sprečavanje krađe prikačeni za odeću u trgovinama takođe su RFID tagovi, a slični su i vrlo otporni tagovi u obliku bloka kojima se označavaju kontejneri u procesima proizvodnje, ili radne mašine i kamioni u svrhu praćenja rada, odnosno kretanja i održavanja. Gotovo svi su zaštićeni nekom vrstom kućišta od udaraca, hemikalija, vlage i prašine.

1.2 RFID PCB

PCB pločica (Printed Circuit Board) je namenjena ugradnji u sam proizvod ili njegovu ambalažu. Prednost joj je niža cena i sposobnost podnošenja uslova okoline koje RFID nalepnice ne bi podnele.

1.3 RFID nalepnice

Barkod kao tehnologija automatske identifikacije u upotrebi je već decenijama. Ipak, jednom odštampane, barkod nalepnice ne mogu više biti promenjene, a da bi je skener pročitao mora biti u vidljivom dometu skenera. Nova generacija "pametnih" (smart) nalepnica opremljena je RFID tehnologijom i prevazilazi neka ograničenja tradicionalnog barkoda. Integrisani elektronski sklop sadrži digitalnu memoriju i može biti programiran ili re-programiran korišćenjem radio-talasa. Smart nalepnice imaju očiglednu prednost pred tradicionalnim barkod nalepnicama u aplikacijama gde je potrebna kombinacija efikasnosti čitanja i vizuelna, ljudskom oku razumljiva informacija.

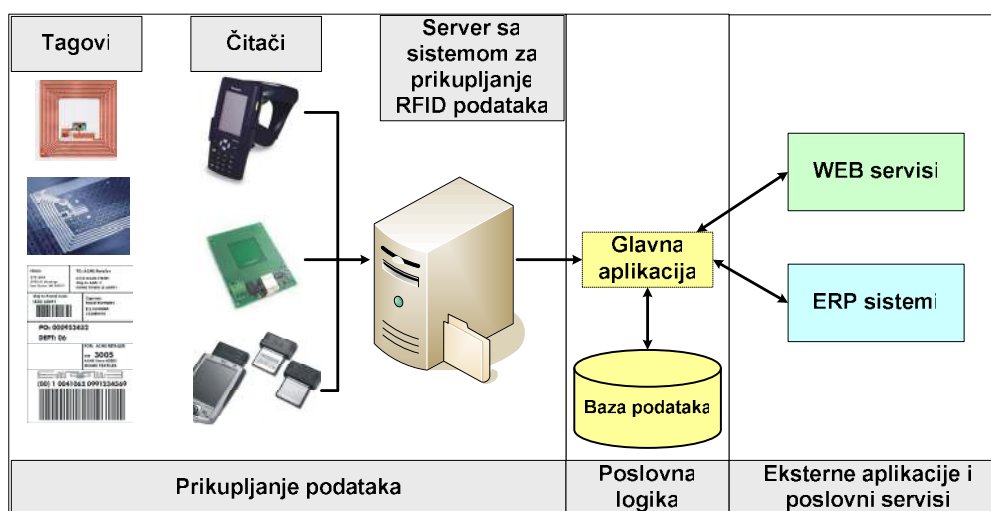
2. RFID U PROCESIMA DEMONTAŽE

Komponente demontirane sa proizvoda se identifikuju, mere i sortiraju u različitim fazama procesa. Tokom procesa demontaže potrebno je na demontirane komponente ili kontejnere za sakupljanje demontiranih materijala postaviti odgovarajuće RFID tagove. Postavljeni čitač na liniji za demontažu koristi se za identifikaciju. Informacije prikupljene na liniji za demontažu podrazumevaju, npr., grupe proizvoda, proizvođača, datum proizvodnje, demontirane materijale, demontirane delove, težinu, instrukcije za demontažu i sl. Demontirane komponente se ostavljaju u skladišta ili odgovarajuće kontejnere.

Prednosti RFID tehnologije u rukovanju pojedinim delovima i materijalima se ogledaju u :

- identifikaciji proizvoda i vezi sa proizvođačem u bilo kojoj fazi životnog veka proizvoda;
- mogućnosti automatskog sortiranja proizvoda;
- identifikaciji informacija o proizvodu;
- efikasnijim tokovima materijala;
- brzom dostupnosti informacijama o rukovanju i demontaži;
- postojanje lista o opasnim materijalima sadržanim u proizvodu;
- automatizaciji i povećanoj efikasnosti upravljanja informacijama.

Kao podrška upravljanju informacijama dobijenim primenom RFID tehnologije u procesima demontaže koriste se baze podataka. Same baze podataka se mogu povezati sa aplikacijama ili web servisima koji se koriste u procesu upravljanja demontažom. Na slici je prikazan sistem primene RFID tehnologije zajedno sa bazama podataka i aplikativnim sistemima.



Slika 3. Sistem primene RFID tehnologije i informacionog sistema

3. PLANIRANJE BAZE PODATAKA I KONCEPTUALNI DIZAJN

Pri planiranju baze podataka neophodno je da se prepoznaju podaci koje će se koristiti i kako oni moraju biti povezani. Neophodni podaci se odnose na delove, materijale i proizvođače (tabela 1a i 1b).

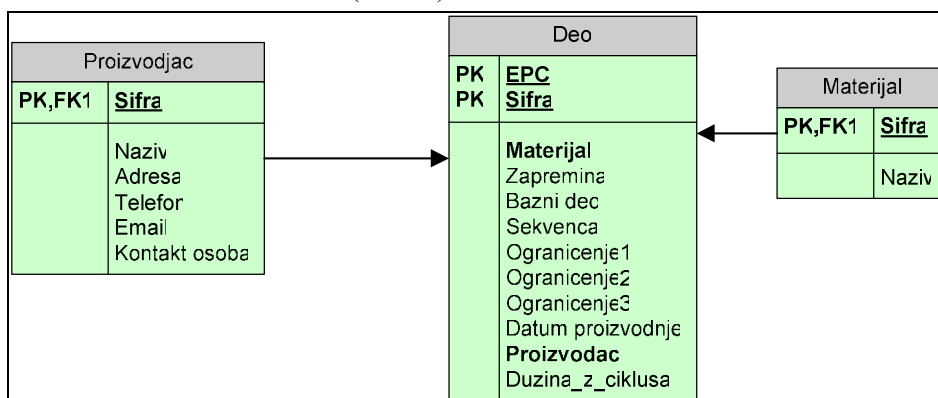
Delovi	
Neophodni podaci	EPC Šifra Materijal Zapremina Da li je deo bazni ili ne Sekvenca montaže Ograničenja (Align, Mate, Insert) Datum proizvodnje Proizvođač Dužina životnog ciklusa
Materijali	
Neophodni podaci	Šifra materijala Naziv Materijala

Tabela 1b. Prikaz potrebnih podataka za relacionu bazu

Proizvođači	
Neophodni podaci	Šifra proizvođača Naziv Adresa Telefon Email Kontakt osoba

Tabela 1b. Prikaz potrebnih podataka za relacionu bazu

U fazi konceptualnog dizajna koristi se tehnika ER dijagrama za prikaz budućih tabela i veza između njih putem entiteta, obeležja i poveznika. Svaki deo se može sastojati iz više materijala, a svaki proizvođač može da proizvede jedan ili više različitih delova (slika 4).



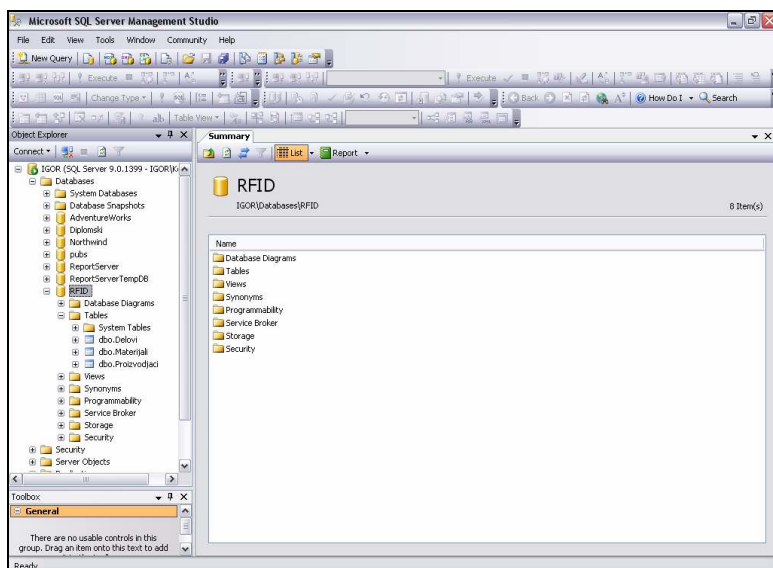
slika 4. ER model

4. IZRADA BAZE PODATAKA

Savremeni sistemi za upravljanje bazama podataka koriste se ne samo za skladištenje podataka već i za upravljanje istim, odnosno za ograničavanje ulaznih podataka koji se mogu uskladištiti a takođe omogućuju i uzimanje podataka iz sistema. Za izradu baze podataka koristi se Microsoftov softverski proizvod za upravljanje relacionim bazama podataka SQL Server 2005 Express Edition. MS SQL server sadrži veliki broj objekata:

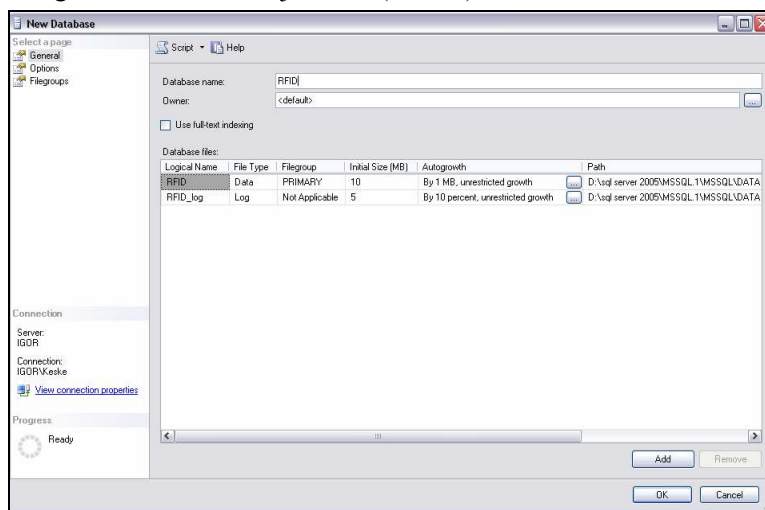
- Sama baza podataka
- Dnevnik transakcija
- Tabele
- Dijagrami
- Pogledi
- Stored procedure
- Grupe datoteka
- Sklopovi
- Indeksi
- Izveštaji
- Katalozi servisa Full Text
- Korisnički definisani tipovi podataka
- Uloge
- Korisnici

Za izradu se koristi program SQL Server Management Studio (izgled kruženja je dat na slici 5.)



Slika 5. Okruženje SQL server-a

Pre izrade samih tabela neophodno je kreirati samu bazu i dnevnik transakcija. Početna veličina baze podataka je 10MB a samog dnevnika transakcija 5MB (slika 6).



Slika 6. Kreiranje baze podataka RFID

Tabele se mogu kreirati ili putem SQL koda ili putem GUI-ja. Za svaku kolonu tabele su definisani tipovi podataka kao i da li određena kolona ulazi u ograničenje primarnog ključa. Prikaz kreiranih tabela je dat na slikama 7, 8 i 9.

Column Name	Data Type	Allow Nulls
EPC	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
Sifra_dela	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
ID_materijala	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
Zapremina	decimal(18, 0)	<input type="checkbox"/>
Bazni_deo	varchar(50)	<input type="checkbox"/>
Sekvenca_montaze	nchar(10)	<input type="checkbox"/>
Ogranicenje_1	nchar(10)	<input type="checkbox"/>
Ogranicenje_2	nchar(10)	<input type="checkbox"/>
Ogranicenje_3	nchar(10)	<input type="checkbox"/>
Datum_Proizvodnje	datetime	<input type="checkbox"/>
Proizvodjac	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
Duzina_zivotnog_ciklusa	int	<input type="checkbox"/>
Napomena	ntext	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 7. Tabela Delovi

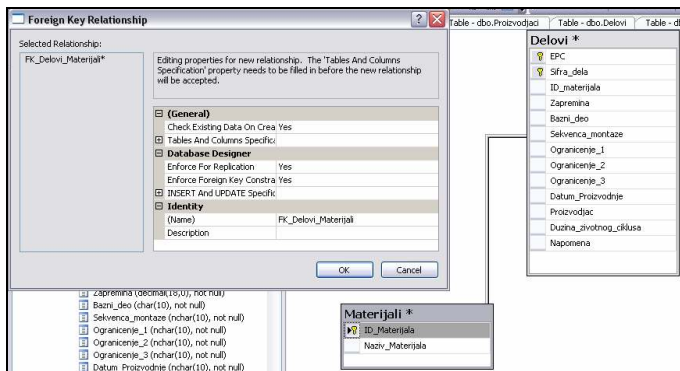
Column Name	Data Type	Allow Nulls
ID_Proizvodjaca	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
Naziv_Proizvodjaca	ntext	<input type="checkbox"/>
Adresa_Proizvodjaca	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
Telefon_Proizvodjaca	int	<input type="checkbox"/>
Email	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
Kontakt_Osoba	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 8. Tabela Proizvodjači

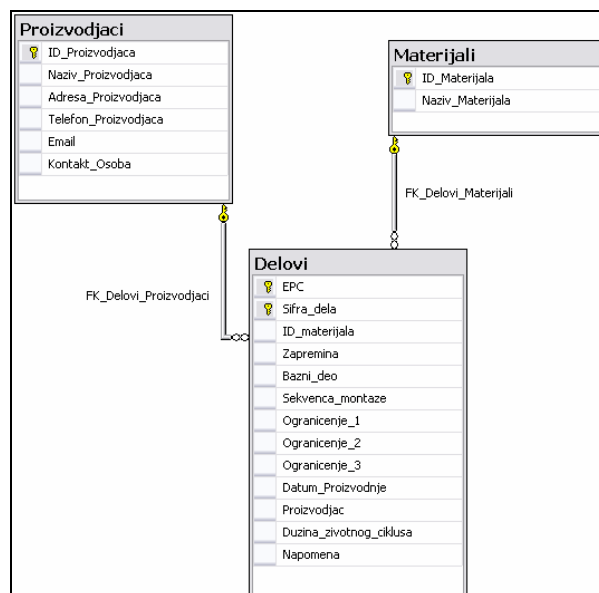
Column Name	Data Type	Allow Nulls
ID_Materijala	nvarchar(50)	<input type="checkbox"/>
Naziv_Materijala	ntext	<input type="checkbox"/>

Slika 9. Tabela Materijali

Pošto su entiteti u konceptualnoj fazi bili povezani, tabele takodje moramo povezati putem ograničenja stranih ključeva (slika 10). Prikaz povezanih tabela (dijagram) je dat na slici 11.



Slika 10. Povezivanje tabela putem ograničenja stranog ključa



Slika 11. Dijagram povezanih tabela

Upotreba podataka iz baze se obezbeđuje putem upita. Na slici 12 je dat SQL upit koji prikazuje sve delove kojima je dužina životnog ciklusa manja od tri godine kao i informacije o njihovim proizvođačima.

```

IGOR.RFID - SQLQuery1.sql* | Summary | Diagram - IGO...RFID_Dijagram | Table - dbo.Proizvodjaci | Table - dbo.Delovi
USE RFID
SELECT EPC,Sifra_dela,Datum_Proizvodnje,Proizvodjac,Duzina_zivotnog_ciklusa
FROM DELOVI
WHERE Duzina_zivotnog_ciklusa<3
ORDER BY Datum_Proizvodnje DESC
--UPIT NAD BAZOM PODATAKA KOJI PRIKAZUJE SVE DELOVE
--CIJA JE DUZINA ZIVOTNOG CIKLUSA MANJA OD TRI GODINE
--PRI CEMU SU REZULTATI UPITA PRIKAZANI PO OPDAJUCEM REDOSLEDU DATUMA PROIZVODNJE

```

Slika 12. SQL upit

ZAKLJUČAK

Moderna shvatanja proizvodnog menadžmenta krucijalno zavise od primene novih tehnologija. Okruženje i promene u njemu zahtevaju da se konstantno prate, izdvajaju i analiziraju podaci koji se dobijaju iz procesa i da se na osnovu njih donesu odgovarajuće upravljačke odluke. RFID tehnologije mogu biti veoma korisne u uslovima održivog razvoja. Primenom RFID tehnologije proizvođačima je omogućeno praćenje opreme i komponenti tokom svih faza njihovog životnog ciklusa, pružajući time podršku procesima demontaže, recikiranja i ponovnog korišćenja komponenti.

REFERENCE

1. Collaborative design in the assembly systems, CIRP conference, Setubal (Portugal), 2006 Gordana Ostojic,Vukica Jovanovic,Branislav Stevanov,Stevan Stankovski,Ilija Cosic
2. Beginning SQL 2005 Programming – Robert Viera, 2006 Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana
3. Lightweight RFID framework, DeveloperWorks - Junwei, C. November 2004, Shanghai

Resume: Components disassembled from product can be identified, measured and sorted in diferent phases of disassembly process. Informations gathered on a disassembly line consider product groups, manufacturer, manufacturing date, disassembled materials, disassembled parts, weight, instructions for disassembly. With the use of RFID technology and relational databases this informations can be used for optimising and managing disassembly process in modern terms of business.



DUŠKO SOKIĆ¹, DRAGOLJUB DRNDAREVIĆ²

PRIKAZ JEDNE APLIKACIJE INFORMACIONOG SISTEMA VALJAONICE ALUMINIJUMA

U radu je opisan softver razvijen u Impol Seval Valjaonici aluminijuma a.d. Analitičkom metodom dobijen je niz izveštaja potrebnih (top) menadžmentu za donošenje brzih poslovnih odluka u dinamičnom tržišnom ambijentu. Posebna pogodnost softvera je modularni karakter i moguća brza primenljivost u sličnim sistemima obojene metalurgije.

Ključne reči: poslovni softver, aplikacija, vfoxpro, windows 2000 server, daljinsko nadgledanje, sistem označavanja

1. Uvod

Od početka 2003. godine u Impol Seval Valjaonici aluminijuma a.d., Sevojno razvija se softver za poslovnu primenu koji bi trebalo da obezbedi neophodnu pomoć zaposlenima u praćenju efekata poslovanja kroz različite preglede, izveštaje ili u pronalaženju specifičnih informacija potrebnih za njihov rad. U početku (do decembra 2004. god.) aplikacija je funkcionisala na nekoliko lokalnih računara kojima se pristupalo sa ozbiljnim ograničenjima: podacima se nije moglo pristupiti kada je matični računar bio isključen. Od decembra 2004. god. aplikacije su sažete u jednu sa nekoliko segmenata i ta nova aplikacija postavljena je na terminalserver a informacije su postale stalno dostupne.

Radi se o mrežnoj, klijent-server aplikaciji razvijenoj u *Visual Fox Pro 9.0* (licenciran razvojni alat) - okruženju namenjenom prvenstveno tretiranju relacionih baza podataka. S druge strane, aplikacija je primer "object-oriented, data-centric and event-driving" aplikacije i funkcionise na Win32 platformi. Praktično, to znači da je serverski deo aplikacije na serveru sa Windows 2000 operativnim sistemom, a klijentski omogućava posredstvom OLE kontrola uključenih u Visual Fox Pro 9.0 pristup serveru sa računara u mreži radi korišćenja njegovih resursa. Grafički utisak koji aplikacija ostavlja je u drugom planu a u centru pažnje su podaci i njihova manipulacija radi kreiranja preglednih izveštaja neophodnih za donošenje brzih poslovnih odluka.

2. Kratak osvrt na teorijske osnove relacione baze podataka

U osnovi relacionih baza podataka je algebra relacija. Relacija je uprošćeno ,skup n-torki (a_1, a_2, \dots, a_n), gde su a_1, a_2, \dots, a_n elementi odgovarajućih skupova. Baza podataka je skup relacija. Ključevi relacija su skupovi njenih koordinata koji funkcijski određuju neki drugi skup koordinata.

Rad sa programskim paketima za relacione baze podataka odvija se pomoću upitnih jezika (*query languages*). Osnovna konstrukcija upitnog jezika je upitni blok koji ima strukturu koja odgovara strukturi *foreach* petlje u nekim programskim jezicima. U kontekstu rada sa relacionim bazama podataka n-torke su entiteti a koordinate relacija su atributi. Od operacija sa relacijama u algebri relacija treba pomenuti **projekciju** (kojoj u FoxPro-u odgovara komanda **select**) ,**selekciju** (...komanda **filter**), količnik, Dekartov proizvod, a-spajanje, prirodno spajanje...itd.

3. Sistem označavanja činilaca poslovanja u valjaonici aluminijuma kao osnova za razvoj softvera

Softver je baziran na integralnom sistemu označavanja predmeta poslovanja (materijalnih i nematerijalnih) sa realizacijom u obliku *paralelenog sistema*.

Oznaka jednog predmeta u paralelenom sistemu sastoji se od:

- identifikacionog broja,
- zapisa osnovnih podataka i
- klasifikacionog broja,

čiji je međusobni raspored nezavisan.

¹ IMPOL SEVAL Valjaonica aluminijuma a.d. Sevojno

² Viša Poslovno-tehnička škola Užice

Identifikacioni broj (IB) - redni broj koji jednoznačno i nedvosmisleno identifikuje određeni predmet. Dužine je 6 mesta i nema kontrolnu cifru. Služi isključivo u svrhu identifikacije, bez uključivanja u njegovu strukturu organizacione podele ili bilo kakvog oblika klasifikacije. Zoniranje IB i određivanje punktova za označavanje definisano je dokumentom u obliku internog standarda.

Zapis osnovnih podataka (ZOP) - služi za nedvosmisleno identifikaciju određenog predmeta. Namenjen je za materijalne predmete poslovanja (prvenstveno standardne, a može se koristiti i za nestandardne). ZOP se sastoji od:

- naziva predmeta,
- identifikacionog dela oznake predmeta (standarda i izabranih karakteristika).

Struktura, broj mesta, način primene i dozvoljeni znaci utvrđeni su sa JUS M.A0.006.

Klasifikacioni broj (KB) - označava predmet prema unapred utvrđenim karakteristikama koje su zajedničke za određenu grupu predmeta (na primer vrsta materijala, oblik, kvalitet i dr.) Služi za sortiranje i pretraživanje po datim karakteristikama od interesa za korisnike informacija. Osnova za izbor karakteristika za klasifikaciju su svojstva predmeta. U klasifikaciju nije uključena organizaciona podela. Klasifikaciju za pojedine grupe predmeta moguće je menjati u toku primene sistema (preklasifikacija) u cilju funkcionalnijeg sortiranja i pretraživanja. Po mišljenju autora klasifikacioni broj ne treba da bude suviše glomazan i preporuka je da on bude maksimalno 6 - 8 cifara. Klasifikacija se izvodi do dubine da se omogući jednostavno vizuelno pretraživanje (na primer kada je broj predmeta veći od 100) ili do nivoa kada je moguće primeniti sistem karakteristika. Sistem karakteristika služi da omogući sortiranje, pretraživanje i izbor predmeta, uglavnom standardizovanih, posredstvom nešifrovanih podataka iz popisa karakteristika

4. Uvodni obrazac*



Sl. 1.

Uvodni obrazac (Sl.1.) omogućava pored ulaza u aplikaciju i prijavu na server kao sa bilo koje radne stanice. Prva padajuća lista koristi se za prilagođavanje interfejsa aplikacije aktuelnoj rezoluciji ekrana.

Komandno dugme *Pošaljite poruku Info-sistemu* omogućava komunikaciju sa Info-sistemom putem elektronske pošte pri čemu korisnik samo upisuje tekst poruke Info-sistemu sa zahtevom za pomoć, objašnjenja, dogradnju aplikacije... itd, a poruka se upućuje na adresu podrska@seval.co.yu. Pored ovoga na ulaznom obrascu može se pregledati i *Uputstvo za korišćenje* aplikacije.

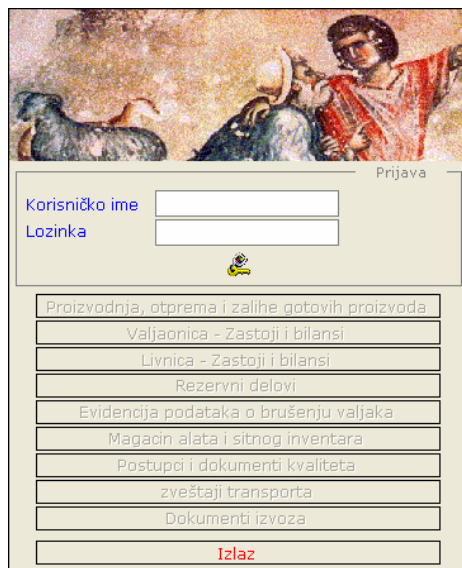
Posle prijave na server sa korisničkim imenom i lozinkom koje je odredio administrator, potreban je još jedan unos-sada korisničkog imena i lozinke za ulaz u samu aplikaciju (koji definišu i korisnička prava - Sl. 2.).

5. Korišćenje aplikacije

Aplikacija se odvija u standardnom Windows-ovom prozoru sa glavnim menijem sa sledećim podmenijima (Sl. 3.):

- SEVAL
- Unos podataka
- Izveštaji, pregledi i proračuni
- Pomoć

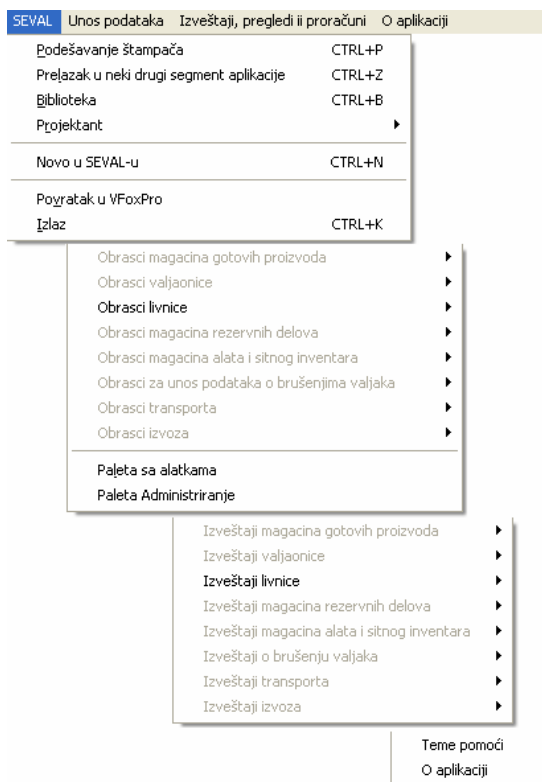
* "Pastiri" - detalj sa freske u manastiru Sopoćani (XIII vek) dat na uvodnom obrascu simboliše "pravi put" do krajnjeg cilja



Sl. 2.

Podmeni *SEVAL* omogućava sledeće funkcije:

- Podešavanje štampača (odabir i podešavanje štampača na mreži na kome će se izvoditi štampa)
- Izmena skupa podataka (aktuelne baze podataka)
- Biblioteka (omogućava prenos specifičnih izveštaja, dijagrama i dokumenata sa *Biblioteke* servera na računar korisnika)



Sl. 3.

- Projektant-opcija raspoloživa samo ako je korisnik istovremeno i projektant aplikacije
- Novo u SEVAL-u (daje u svojevrsnom "startup-u" brzu informaciju korisniku o novinama u aplikaciji)
- Prelazak u Visual Fox Pro (projektantsko) okruženje-opcija raspoloživa samo na računaru na kome se aplikacija razvija

- Izlaz (izlazak iz aplikacije, posle čega korisnik ostaje na serveru, pa ima mogućnost ponovnog ulaska u aplikaciju preko Start menija ili odjavu ("log off") sa servera)

Podmeni *Unos podataka* omogućava pristup obrascima za unos karakterističnim za izabrani segment aplikacije (aktuelnu bazu podataka) a unos se u potpunosti može obaviti koristeći isključivo tastaturu (pristupni i "vrući" tasteri). Podmeni *Izveštaji, pregledi i proračuni* omogućava pristup finalnim rezultatima aplikacije.

Podmeni *Pomoć* sadrži dve stavke: *O aplikaciji* i *Pomoć*. Prva daje osnovne informacije o aplikaciji a druga omogućava pristup "help" temama.

6. Moduli aplikacije

U sadašnjem stanju aplikacija obuhvata sledeće module:

- Proizvodnja, otprema i zalihe gotovih proizvoda (omogućava dobijanje gotovo svih dnevnih, mesečnih godišnjih i ostalih periodičnih izveštaja po legurama, skladištima, tržištima, ugovorima i šiframa gotovih proizvoda, automatski mesečni i godišnji popis magacina gotovih proizvoda...itd.)
- Zastoji i bilansi valjaonice (omogućava uvid u knjige rada, periodične preglede po brigadama, mašinama, periodične preglede zastoja, proračune pokazatelja efikasnosti, analize valjačkih ulja i emulzija, preglede elektro-mašinskih intervencija u nekom periodu-kaosnove za preventivne preglede opreme... i sl.)
- Parametri livnice (dnevna, mesečna, kvartalna, polugodišnja, godišnja proizvodnja po legurama, brigadama, ostali periodični pregledi faktora protoka, izgorka, šljake, iscedenog metala, izveštaji o poreklu šarži, pojedinačni šaržni listovi sa šljakom i iscedenim metalom, proračun šarže...itd.)
- Modul rezervni delovi (kao i Magacin alata i sitnog inventara) omogućava pretragu magacina po reči u nazivu ili oznaci sa aktuelnim stanjem, dobijanje periodičnih izveštaja o potrošnji energenata (goriva), ulja, emulzije, premaznih sredstava... itd. Pored ovoga omogućena je štampa nalepnica sa osnovnim podacima o artiklu (za police za skladištenje) za sve, zadnjih deset i zadnji unešen artikl u magacinu...itd.)
- Evidencija podataka o brušenju valjaka daje periodične izveštaje o brušenjima valjaka (po brusačima) sa informacijama o tekućim prečnicima i istrošenju valjaka (informacije neophodne za ugradnju)... itd.)
- Postupci i dokumenti kvaliteta – ovaj segment daje korisniku pogodnost pregleda bilo kog dokumenta kvaliteta sa mogućnošću štampe a samo užem krugu mogućnost njihove dorade u smislu sprovođenja korektivnih mera, izmene postupaka ...i sl.
- Transport (detaljni i sumarni periodični izveštaji o transportnim turama po prevoznicima, državama, po karakteru (otprema-doprema), o prevoznicima...itd.)
- Izvoz (proračun povraćaja carine i ostalih uvoznih dažbina i automatsko kreiranje dokumenata za realizovanje povraćaja u odgovarajućoj carinarnici...itd.)

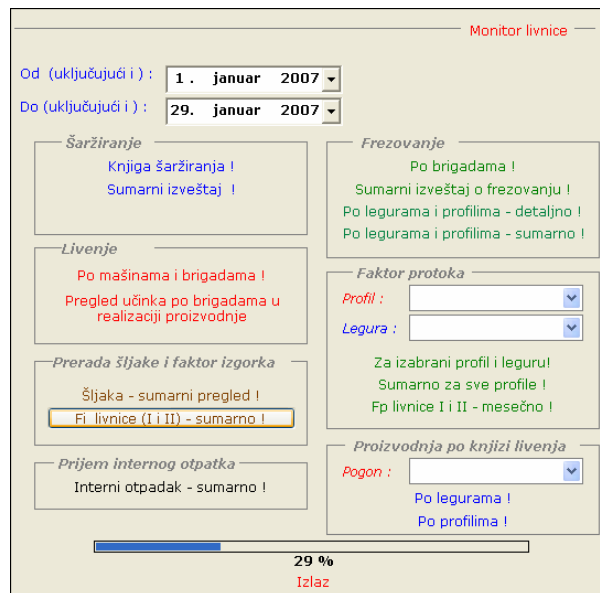
7. Obrazac Monitor

Posebna specifičnost podmenija *Izveštaji, pregledi i proračuni* je postojanje centralnog obrasca za pristup skoro svim važnijim izveštajima tekuće baze podataka-*Monitor* (Sl.4.) u svojevrsnom "user-friendly" maniru.

8. Obrazac Projektant

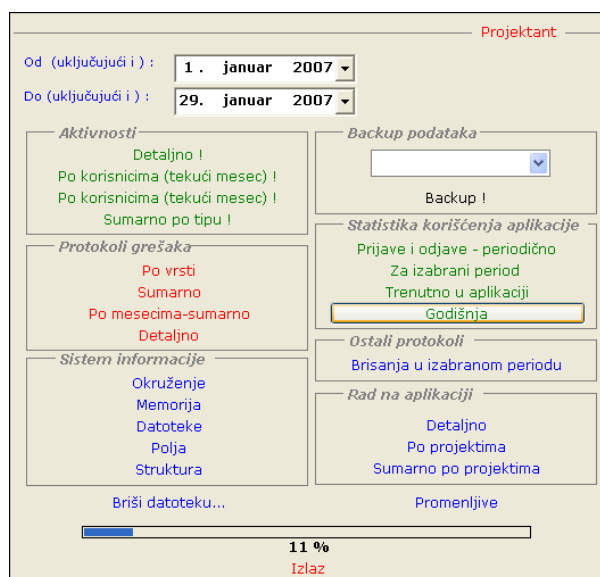
Ovo je specifičan obrazac (Sl. 5.) koji omogućava niz funkcija potrebnih projektantu aplikacije za uspešno održavanje i dogradnju aplikacije:

- Protokoli grešaka u vidu detaljnih i sumarnih izveštaja koji daju projektantu informacije o vrsti greške, vremenu



Sl. 4.

- pojavljivanja i ambijentu u kome se greška pojavila
- Protokoli prijava i odjava koji daju informacije o statistici korišćenja aplikacije
 - *Backup* podataka na izabrani računar u mreži
 - Uvid u aktivnosti korisnika preko detaljnih i sumarnih pregleda korišćenja (*pregleda* i *štampe* izveštaja, *prenosa* podataka na računar korisnika i izvršavanja *proračuna*)
 - Ažuriranje podataka o korisnicima (dodavanje novog, brisanje postojećeg korisnika ili izmena korisničkih prava, izmena pristupne lozinke i sl.)



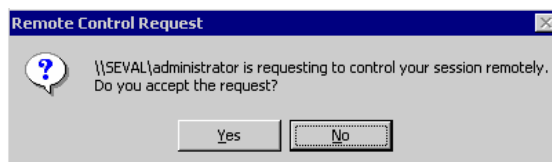
Sl. 5.

- Ostale funkcije (mogućnost brisanja izabrane datoteke na serveru, npr. neke privremene datoteke, pregled "real-time" vrednosti izabranih promenljivih, uvid u brisanja zapisa u svim bazama podataka, dobijanje izveštaja o okruženju i memorijskim promenljivim, tabelama u izabranoj bazi podataka, strukturi i poljima izabrane tabelle...i sl.).

9. Karakteristike aplikacije

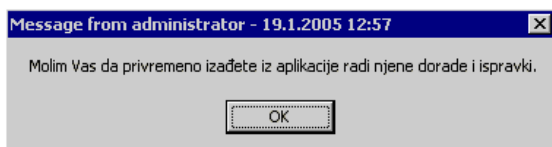
- *Skalabilnost* (aplikacija se lako širi dodavanjem odgovarajućeg segmenta sa pripadajućom bazom podataka, stavkama u glavnom meniju za unos podataka i pregled izveštaja, obrascima za unos podataka i odgovarajućim izveštajima).

- *Distribuiranost baze podataka* (podaci su organizovani u više nezavisnih baza podataka, "database container", u zavisnosti od procesa za koji su neposredno vezani, što omogućava njihove nezavisne dorade u smislu dodavanja novih tabela, polja ili izgradnje indeksa).
- *Mogućnost daljinskog nadgledanja* (zahvaljujući hibridnoj kombinaciji Windows 2000 i Visual Fox Pro-a 9.0 administrator sistema može daljinski nadgledati rad korisnika radi upoznavanja sa problemima i greškama u radu, davanja korisniku objašnjenja o nekim mogućnostima aplikacije, ili radi preuzimanja kontrole nad računarom korisnika radi bezbednog izlaska iz aplikacije u slučaju "pucanja" programa- Sl. 6.)



Sl. 6.

Takođe, administrator može po potrebi poslati korisnicima poruku da završe započete radnje i izađu iz aplikacije radi njenog ažuriranja, (Sl. 7.) unosa ispravki ili dodavanja novih mogućnosti ili, u hitnim slučajevima, odjaviti korisnika bez upozorenja ukoliko je to neophodno. Unos ispravki je brz (minut-dva) jer se radi samo o kopiranju nove .EXE datoteke (koja je ranije već pripremljena) preko postojeće.



Sl. 7.

- *Lak prelaz iz jedne u drugu bazu podataka* u zavisnosti od prava pristupa dodeljenih svakom korisniku. Glavni meni i paleta sa alatima je "context sensitive" tj. raspoložive opcije zavise od tekuće baze podataka. Pomenuti selektivan pristup segmentima aplikacije s druge strane reguliše pravo korisnika da pored pregleda izveštaja vrši i unos podataka.
- *Mogućnost izvoza (eksporta) podataka* sa servera na računar korisnika u nekom od uobičajenih formata (.XLS, .TXT, .DIF i .CSV) radi kasnije obrade, slanja e-mail-om, eventualnog uvoza u neki drugi program... itd. Preduslov za ovo je postojanje odgovarajuće fascikle sa deljenim, punim pristupom na računaru korisnika.
- *Backup podataka* (vrši se automatski pri prvom dnevnom ulasku u aplikaciju a podaci skladište na serveru za zadnjih deset dana ili ga po potrebi izvršava administrator na izabrani računar u mreži).
- Veliki broj raspoloživih izveštaja (preko 300 !)
- Pored ovoga, često, dešava se da se paralelno sa korišćenjem ove aplikacije mora raditi i u nekoj drugoj koja je na lokalnom računaru. *Korisnik ne mora izlaziti iz aplikacije-dovoljno je da pritisne tipku Start (☞) na tastaturi i naći će se u novom ambijentu-u svom lokalnom okruženju!*

10. Dodatne mogućnosti

- Aplikaciji se može pristupiti i van radnog mesta (npr. od kuće). Za to je neophodno postojanje sledećih preduslova:

1. Modemi na oba računara (na radnom mestu i kod kuće)
2. Konfigurisane pozivne (odnosno dolazne) veze na oba računara
3. Uključen računar na radnom mestu (nije neophodno da bude prijavljen u mrežu)

Uz ove preduslove rad se kod kuće može nesmetano obavljati kao da je korisnik na svom radnom mestu.

11. Umesto zaključka-Statistika

Aplikaciju za sada koristi aktivno **60** korisnika sa preko **2860** časova rada godišnje. Prosečno mesečno se pregleda preko **1280** izveštaja, odštampa skoro **150**, izvrši više od **18** prenosa ("download") sa servera na matični računar i uradi **10** proračuna. Aplikacija se prosečno **2 puta** dnevno ažurira ("update").

LITERATURA

[1] Hentzen, W., Visual FoxPro 3.0, Mikro knjiga, Beograd, 1996

[2] Drndarević D., Milivojević P., Radojičić N., Sokić D., "Sistem označavanja činilaca poslovanja u valjaonici aluminijuma", 30 Jupiter konf., Mašinski fakultet, Beograd, 2004.

A REVIEW OF THE APPLICATION IN AN INFORMATION SYSTEM OF THE ALUMINIUM ROLLING MILL

SUMMARY

In this article software developed in the Impol Seval aluminium rolling mill is described. The set of reports needed for (top) management for bringing fast business decisions in dynamic market ambient, by analytical method is derived. The specific convenience of software is modular nature and possible fast implementation in the similar systems of this branch of metallurgy.

Key words: *business software, application, vfoxpro, windows 2000 server, remote control, system of numeration*

PRILAZ PROJEKTOVANJU LEAN KONCEPTA
U INDUSTRIJSKIM SISTEMIMABožičković R.¹, Ćosić, I², Sorak M.³, Gojković P.⁴

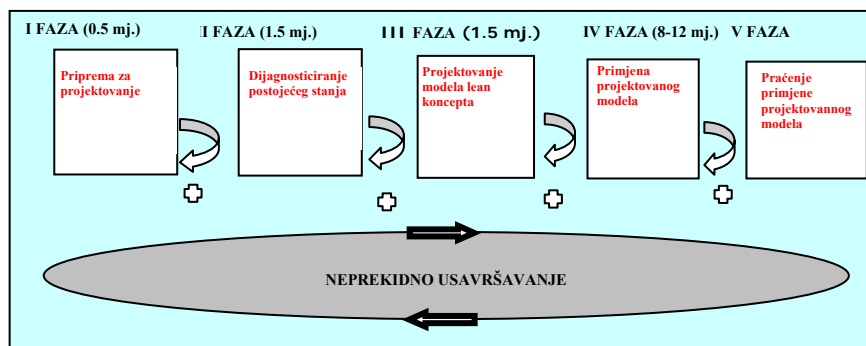
Rezime: Lean koncept je opšte prihvaćeni prilaz japanskih naučnika i istraživača u eliminisanju gubitaka i grešaka u procesima rada industrijskih sistema. Njegovi principi, metode i alati, koji se koriste doprinose povećanju efektivnosti i efikasnosti u procesima rada cjelokupnog industrijskog sistema. U radu je prikazan prilaz projektovanju i uvođenju lean koncepta u industrijskim sistemima gdje njegovu proizvodnu strukturu u funkciji proizvodnje čine radne jedinice u efektivnom proizvodnom sistemu (EPS).

Ključne riječi: Lean koncept, faze projektovanja, faze uvođenja, koraci u fazama

1. UVOD

Implementacija lean koncepta u industrijskim sistemima je složen i odgovoran posao. Ona se sastoji iz pet faza podijeljenih na dva globalna koraka (slika 1):

- izrada projekta za uvođenje lean koncepta:** 1. FAZA: priprema za projektovanje lean koncepta, 2. FAZA: dijagnosticiranje postojećeg stanja, 3. FAZA: projektovanje modela lean koncepta
- uvođenje lean koncepta:** 1. FAZA: primjena (uvođenje) projekta lean koncepta, 2. FAZA: praćenje primjene projektovanog modela.



Slika 1. Neophodne aktivnosti kod izrade projekta lean koncepta

2. PROJEKTOVANJE LEAN KONCEPTA

Projektovanje lean koncepta započinje nakon odluke menadžmenta da se procesi rada unutar sistema moraju mijenjati radi postizanja veće kompetetivnosti na tržištu. Njegovo projektovanje predstavlja složen proces analize stanja i sinteze onih elemenata u jednu cjelinu koja će industrijskom sistemu donijeti najveću korisat.

Postupak projektovanja sastoji se od faza:

¹ Dr Ranko Božičković, Saobraćajno tehnički fakultet Doboj, 053/200106, rankob@teol.net

² Dr Ilija Ćosić, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 021/450813, dean@uns.ns.ac.yu

³ Dr Miloš Sorak, Tehnološki fakultet Banja Luka, 051/469096, sorakmilos@yahoo.com

⁴ dr perica Gojković, Saobraćajno tehnički fakultet Doboj, 053/200100

Prva faza: pripreme za projektovanje. To je faza u kojoj se kao izlazi iz skupa aktivnosti donose dređeni prijedlozi, zaključci i odluke: a) identifikacija ključnih gubitaka, grešaka, problema i smjernice za njihovo rješavanje, b) definisanje projektnog zadatka i njegovih ciljeva, c) globalni termini za okončavanje svih aktivnosti, d) imenovanje tima za realizaciju kompletnog projekta, e) odluka rukovodstva za uvođenje lean koncepta.

To je u stvari proces *procjena potreba za mijenjanje u lean koncept i određivanja trenutnog stanja u EPS-u i industrijskom sistemu*. Moraju se kritički predstaviti stanja i pogledi na neophodnost i važnost promjena. Zatim se javno predstavljaju očekivani poslovni rezultati nakon promjena. Oni su motivatori (pokretači) za veću angažovanost zaposlenih. Motivacija, upornost i upravljanje procesima koji donose promjene imaju ključnu ulogu za uspješnu izgradnju lean koncepta. Ukoliko pojedinci ili većina zaposlenih nisu motivisani za promjene, ukoliko ne postoje putokazi za sljedeće korake nakon promjena i ako, pored svega, nemamo upornosti da istrajemo teška iskušenja na putu izgradnje lean koncepta, ne treba s promjenama ni počinjati.

Tek kada se shvati gdje se trenutno nalazi sistem, zašto se gube pozicije na tržištu, odluka o ulasku u projekat za uvođenje lean koncepta može se donijeti. Nakon toga treba definisati nacrt projektnog zadatka, tj. obrazloženje kroz kriterijume i načine realizacije plana projekta. On mora biti prenesen rukovodstvu i zaposlenima u cilju ostvarivanja podrške za planirane promjene. Ukoliko se ne prezentuje projektni zadatak i obrazloženje zašto su promjene neophodne, zaposleni neće željeti da budu angažovani u projektu.

U ovoj fazi menadžment uočava globalne gubitke i greške u poslovanju i vrši *formiranje tima* koji bi se bavio izradom projekta za uvođenje lean koncepta. Tu se treba držati nekih opštih smjernica:

- ✓ Prvo, tim mora biti s punim radnim vremenom, jer timovi koji rade polovično radno vrijeme ostvaruju i polovične rezultate. Ako ovaj projekat nije dovoljno ozbiljan da mu se pristupi s punim elanom, ne treba ga ni započinjati. Članovi tima s polovičnim radnim vremenom su samo djelimično tome posvećeni, što znači da imaju druge prioritete i nisu potpuno usredsređeni na zadatak koji im se trenutno povjerava. Stoga je bolje zaposliti tri osobe s punim radnim vremenom nego 12 članova s polovičnim.
- ✓ Drugo, uloge unutar tima i način na koji njegovi članovi međusobno djeluju su od izuzetne važnosti. Od neprocjenjive je važnosti da svi članovi shvate svoju ulogu u timu i zakluče zašto su izabrani za obavljanje zadatka. Kada se vrši procjena kandidata tima za projekat, važno je imati na umu kriterije selekcije i biti svjestan osobina koje se traže. Sljedeće karakteristike bile bi dobre i poželjne da je član tima: Slobodan; uspješan u komunikaciji; orijentisan na rezultate; da posjeduje samopouzdanje; prilagodljiv promjenama; izazivač za status quo; spreman na pomoć u grupi; ubjedljiv; uticajan unutar organizacije.

Kao dodatak iskustvu i stručnosti svakog člana tima važan faktor je i lična sklonost za preuzimanje određene uloge za uspješno izvršavanje dijela projekta koji mu se povjeri. Struktura tima treba da bude heterogena sa stanovišta da zastupljenosti ljudi iz svih funkcija organizacije industrijskog sistema. Tu treba imati na umu da ponekad dobro dođu i članovi koji nisu usko vezani za određeni problem proizvodnje, kao što su dizajneri, umjetnici i drugi.

Druga faza: dijagnosticiranje postojećeg stanja. To je faza u kojoj se kao ulazi koriste izlazni dokumenti prethodne faze a kao izlazi izrađuju se konkretni prijedlozi i zaključci objedinjeni u elaborat o dijagnozi postojećeg stanja. Ovaj elaborat treba da sadrži: **a)** dijagnozu stepena primjene principa, metoda i alata lean koncepta, **b)** mogućnost realizacije lean koncepta, **c)** strategiju realizacije lean koncepta: projektni zadatak sa svim prijedlozima i **d)** aktivnostima u elementima lean koncepta i detaljan terminski plan.

Projektni zadatak treba da definiše ciljeve i rezultate, dok terminski plan treba da identifikuje osnovne faze projekta, planirani rok za njihovo izvršenje i niz drugih detalja vezanih za ostvarivanje datih rokova. Tim treba imati i vještinu korištenja savremenih informacionih tehnologija i aplikativnih softvera koji potpomažu u planiranju i terminiranju pojedinih faza projekta. Pri tom pojedinačne faze projekta ili segmenti mogu biti povjeravani užem dijelu formiranog tima.

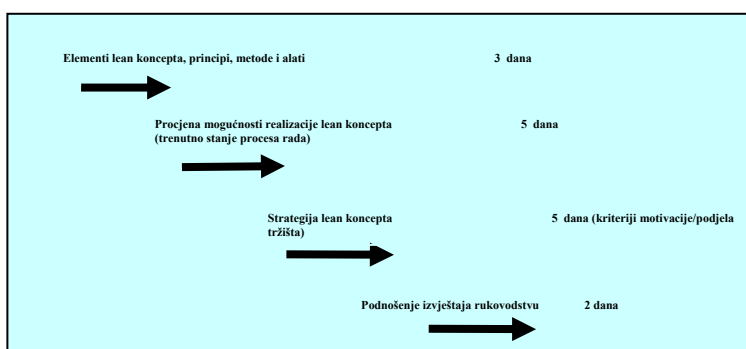
Projektnom zadatku i terminskom planu takođe bi trebalo dodati i sljedeće dokumente (oni se smatraju neophodnim dijelom prakse dobrog projekta): **a)** okvirni grafički prikaz neophodnih koraka i postupaka rada s objektivnim vremenima do implementacije lean koncepta, **b)** projektni protokol (vrijeme timskih sastanaka, mjesto, dužina trajanja), **c)** organizacija i članovi tima projekta, **d)** utvrđena pravila odgovornosti, **e)** načini za identifikaciju i otklanjanje potencijalnog rizika, **f)** pravila rada tima, **g)** projektni zadatak (pokazatelji efikasnosti, troškovnik finansijskih sredstava), **h)** tabela rezultata (katalog rezultata projekta, akcije, rokovi), **i)** dnevnik rada tima.

Projektni zadatak i terminski plan koje je tim izradio predstavljaju prvu dokumentaciju plana za uvođenje lean koncepta. Ovi dokumenti treba da budu odobreni i potpisani od najvišeg vrha menadžmenta da bi se minimizirao rizik od neostvarivanja procesa realizacije ovakvog projekta. Zato je saopštenje potrebno iznijeti na svim sastancima u funkcijama industrijskog sistema.

3. Treća faza: projektovanje modela lean koncepta. To je faza u kojoj tim iz skupa aktivnosti izrađuje elaborat koji sadrži određene varijante modela i finansijske troškove za njegovu realizaciju. Elaborat treba da obuhvati: **a)** globalnu procjenu budućih uslova privređivanja, **b)** nedostaci u postojećim aktivnostima i konceptima smanjenja gubitaka, **c)** primjena principa, metoda i alata po elementima lean koncepta (procedure i uputstva), **d)** procjene ekonomske analize efekata primjene principa, metoda i alata, **e)** finansijski plan za realizaciju cjelokupnog projekta.

Ova faza predstavlja najsloženiji dio projekta. Tu se detaljnije vrši procjena i snimanje stanja da bi se mogli oblikovati određeni modeli lean koncepta.

Prvi korak: procjena stanja za uvođenje lean koncepta (slika 2). To je proces utvrđivanja stanja po pojedinim procesima rada i jednom po jednom proizvodnom programu sa stanovišta lean koncepta. U ovoj fazi tim treba nastojati da utvrdi gdje se nalaze pogodna područja i žarišne tačke za poslovanje. Počinje se s pisanjem plana koji sadrži metode i sadržaje rada u svim elementima lean koncepta koji poboljšavaju poslovanje. U svakom elementu lean koncepta primjenjuju se opšti lean principi.



Slika 2. Prvi korak: Procjena mogućnosti uvođenja lean koncepta

Kod rješavanje zadatka unutrašnjeg iznalaženja mogućnosti za poboljšanje poslovanja fokusira se na eliminaciju gubitaka. Tom prilikom se istovremeno razvija "skica" lean strategije. Tim mora imati snagu upotrebe svih pet principa lean koncepta u svih pet njegovih elemenata: tokovi, organizacija, kontrola, mjerenja i logistika. U svakom elementu se analiziraju lean principi: određivanje vrijednosti šta kupac cijeni (value), određivanje presjeka opterećenja tokova (value stream), ujednačeni tokovi materijala,

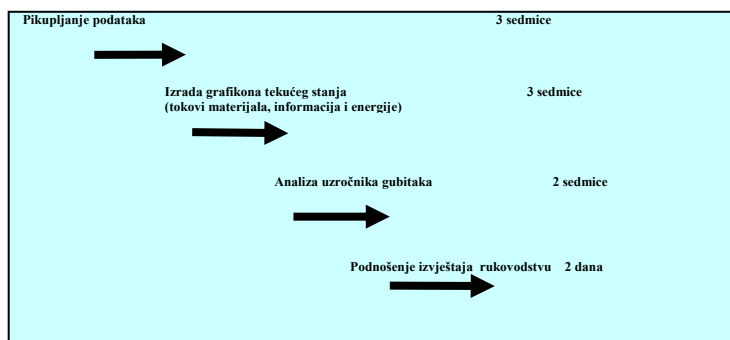
informacija i energije (flow) i perfekcija u procesima (perfection).

Strategija treba da odredi konkurentnost pojedinih proizvoda na pojedinim tržištima. Tu se istražuju glavni konkurenti radi utvrđivanja kompetentnosti na tržištu iz kojih proizilaze zadaci timu da odredi način tržišne utakmice s njima. Na taj način tim utiče na korekciju plana za ostvarivanje ravnoteže i nadmoći nad postojećom konkurencijom. Pored toga, tim treba da procijeni kolika je proizvodna i tehnološka moć konkurencije i koliko uspješno oni mogu da proizvode konkurentne artikle.

Usaglašavajući se s tržišnim zahtjevima, vjerovatnoća za uspjeh je veća a i rezultati poslovanja će značajno porasti.

Drugi korak: snimanje stanja u sistemu (slika 3). Snimanje obezbjeđuje osnovnu procjenu gdje se sistem trenutno nalazi.

U ovom koraku tim: **a)** provodi analizu vrijednosti procesa, **b)** vrši analizu povezivanje procesa kroz tokove materijala, informacija i energije, **c)** vrši grafičko predstavljanje procesa rada, **d)** procjenjuje gdje postoje mogućnosti za eliminaciju gubitaka vremena, **e)** oblikuje kriterije planiranja za potrebe tržišta, **f)** kreira skicu dobavljačkog lanca (SIPOC - dobavljač-ulaz-proces-izlaz-kupac), grafika svih osnovnih procesa rada u cilju razumijevanja veze kupac/dobavljač i potrebne ulaze i izlaze koji aktiviraju ove procese, **g)** analizira nivoe trenutnih gubitka i grešaka i sagledava mogućnosti za eliminaciju nepotrebnog, **h)** razvija listu brzih akcija za kratkoročne napretke i demonstrira aktivnosti koje će dati racionalizacije.

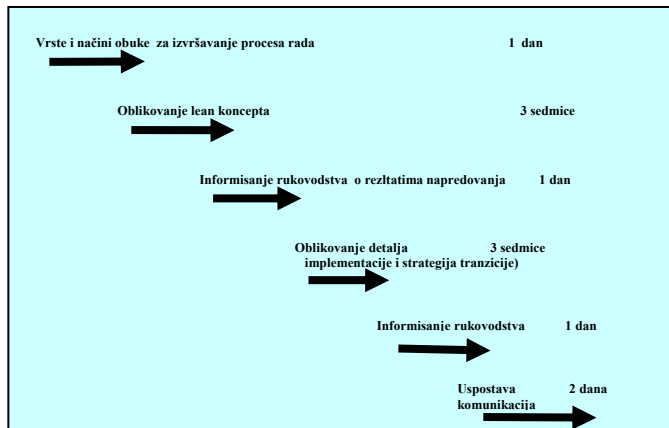


Slika 3. Drugi korak: Snimanje stanja

Ukoliko je ovu posljednju stavku odobrilo rukovodstvo, kratkoročno napredovanje će se realizovati kao dio trećeg koraka. On bi omogućio industrijskom sistemu da započne brzo ostvarivanje koristi i da podstakne projekat

za promjenu. To omogućava da ljudi odmah vide akciju i rezultate.

Treći korak: oblikovanje budućeg stanja. Ovaj korak projekta otpočinje nakon prihvatanja izvještaja od rukovodstva iz drugog koraka. Bazira se na oblikovanju budućeg stanja koje daje veće efekte. Ovaj proces obično traje dvije do tri sedmice i uključuje: **a)** određivanje grupa proizvoda koji su profitabilni i konkurentni na tržištu, **b)** usklađivanje stanja u sistemu s projektom, **c)** analiziranje kako se kreću zahtjevi proizvoda i tok materijala/informacija, **d)** timsko usavršavanja zaposlenih u korištenju alata i metoda lean koncepta, **e)** razvijanje procesa novih menadžmentskih zahtjeva za rad ostalih funkcija industrijskog sistema u smislu logistike lean proizvodnji.



Slika 4. Treći korak: Oblikovanje budućeg stanja

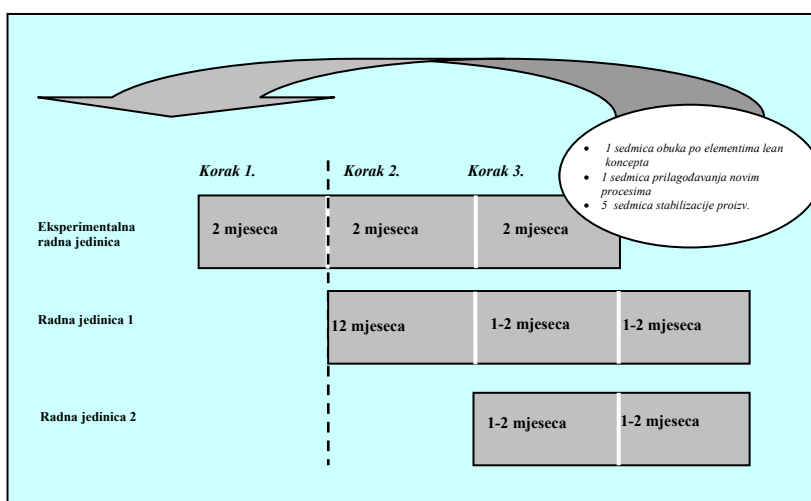
tablama, h) plan usavršavanja zaposlenih za ostvarivanje radnog procesa, i) plan komunikacija u industrijskom sistemu.

Ovaj plan budućeg stanja prezentuje se rukovodstvu na odobrenje. Razgovor u pogledu realizacije plana treba da se obavi sa svim zaposlenima objašnjavajući šta je uočeno, ko je uključen, šta je odlučeno, čemu organizacija teži i u šta su uključeni svi zaposleni. Ovo je period kada tim projekta ulazi u četvrti korak projekta.

Četvrta faza: primjena projektovanog modela. Ovo je faza koja se odnosi na uvođenje projekta lean koncepta u sistemu. Ona sadrži sljedeće aktivnosti: a) finansiranje aktivnosti predviđenim elaboratom, b) neposredna primjena i uspostavljanje standarda procesa rada za eliminaciju gubitaka putem principa, metoda i alata, c) uspostavljanje komunikacija i usavršavanje zaposlenih, d) mjerenja i postupci praćenja izabranih karakteristika, e) uobličavanje konačnih standarda procesa rada.

3. UVOĐENJE LEAN KONCEPTA

Uvođenje lean koncepta obavlja se nakon sprovedenih prethodnih faza i koraka. Metodologija



Slika 5. Metodologija uvođenja lean koncepta

Kada je prijedlog dijela projekta koji se odnosi na buduće stanje odobren, tim se bazira na još tričetiri sedmice na drugoj polovini ovog koraka, tj. na oblikovanju detalja lean koncepta. U oblikovanje detalja uključuju se: a) planovi osoblja u svim funkcijama industrijskog sistema, b) predstavljanje radnih jedinica u svom rasporedu, c) radnje koje se izvršavaju u prelaznom periodu, d) plan realizacije aktivnosti na kratkoročnim i dugoročnim efektima od predviđenih poboljšanja, f) uloga rekonfiguracije prostorne strukture i odgovornosti za njeno dosljedno provođenje, g) grafička i tabelarna prikazivanja efekata na oglasnim

tablama, h) plan usavršavanja zaposlenih za ostvarivanje radnog procesa, i) plan komunikacija u

industrijskom sistemu.

Ovaj plan budućeg stanja prezentuje se rukovodstvu na odobrenje. Razgovor u pogledu realizacije plana treba da se obavi sa svim zaposlenima objašnjavajući šta je uočeno, ko je uključen, šta je odlučeno, čemu organizacija teži i u šta su uključeni svi zaposleni. Ovo je period kada tim projekta ulazi u četvrti korak projekta.

Četvrta faza: primjena projektovanog modela. Ovo je faza koja se odnosi na uvođenje projekta lean koncepta u sistemu. Ona sadrži sljedeće aktivnosti: a) finansiranje aktivnosti predviđenim elaboratom, b) neposredna primjena i uspostavljanje standarda procesa rada za eliminaciju gubitaka putem principa, metoda i alata, c) uspostavljanje komunikacija i usavršavanje zaposlenih, d) mjerenja i postupci praćenja izabranih karakteristika, e) uobličavanje konačnih standarda procesa rada.

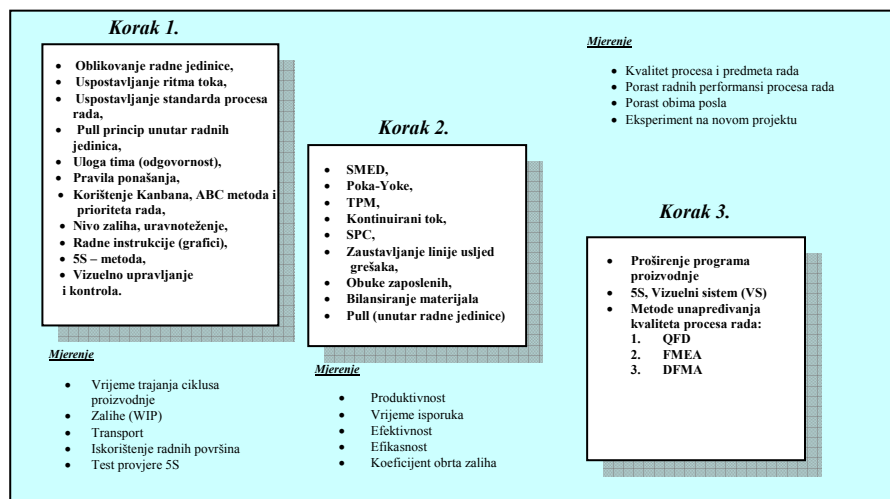
uvođenja (implementacije) vrši se obučavanjem zaposlenih sa principima, metodama i alatima lean koncepta (slika 5). Njegovo uvođenje vrše isti timovi koji su izrađivali dati projekat.

Uvođenje lean koncepta odvija se u nekoliko koraka i kreće od provođenja obuke zaposlenih po radnim jedinicama. Okvirni alati za obuku po koracima prikazani su na slici 6. Ovi koraci imaju ulogu građevinskih blokova i postavljaju temelje za kasnije stadijume. Realizacija prvog koraka uključuje:

a) prezentovanje tokova materijala unutar proizvodnog sistema, **b)**

definisane dužnosti tima, te kolektivne i pojedinačne odgovornosti, **c)** oblikovanje prostorne strukture proizvodnog sistema na osnovama analize tokova materijala, informacija i energije, tj. prilagođavanje radne jedinice taktu procesa rada, **d)** dokumentovanje sadržaja standardizacije procesa rada, **e)** utvrđivanje procedura procesa rada, upravljanja i kontrole.

Nakon jednodne obuke dijela zaposlenih, druga sedmica se provodi na ispitivanju procesa i stvaranju uslova za njegovo potvrđivanje. Prema ovome ne može sve biti odrađeno u svojoj konačnoj formi tokom prve sedmice. Nakon izvođena pet do šest sedmica obuke proces bi se trebao stabilizovati i ostvarivati željene rezultate. Ovdje bi se trebala izvršiti revizija projekta lean koncepta da bismo se uvjerali da realizacija dobija željene karakteristike i efekte.



Slika 6. Okvirni lean principi, metode i alati za obuku zaposlenih

funkcija funkciji proizvodnje.

Potrebno je pet-šest sedmica stabilizacionog perioda da bismo se uvjerali da su ostvareni željeni nivoi projekta lean koncepta, kao i da se obave provjere. Kada se izvrši drugi korak, tim je spreman da pristupi trećem i posljednjem koraku, što predstavlja postizanje proizvodnih sposobnosti u okruženju projektovanog lean koncepta.

Zbog ublažavanja rizika uspjeha čitavog projekta, prva radna jedinica bi trebala da bude eksperimentalna, gdje se preko 50 posto naučenog zadržava za sljedeće radne jedinice. Održivošću ovog znanja i njegovim korištenjem tokom izvršavanja aktivnosti u sljedećim radnim jedinicama je od neprocjenjive vrijednosti.

Kada je svaka radna jedinica obavila predviđene radnje iz projekta, kreće se na povezivanje tokova unutar i između radnih jedinica određenim veličinama kanbana. Na isti način se kreće prema onim službama koje se povezuju s dobavljačima i kupcima. Važno je da radne jedinice imaju što manji broj međusobnih tokova, tj. da teže nezavisnoj egzistenciji, a unutrašnji tokovi da su jednosmjerni, progresivni, bez povratnih i unakrsnih tokova. Ukoliko navedeni uslovi nisu ispunjeni, proizvodni lanac je doveden u neizvjesnost da ostvari očekivane rezultate, naročito ako se pojedine radne jedinice povezuju sa subjektima iz okruženja. U ovakvom slučaju lean koncept primjenjuje principe kontinualnosti i neprekidnosti toka, od ulaza u proizvodni sistem do izlaza gotovog proizvoda spremnog za upotrebu kod kupca, tj.:

- u planiranju procesa rada treba izbjegavati da se dijelovi procesa ili faze na pojedinim dijelovima ili proizvodima povjeravaju dobavljačima ili kooperantima, jer se time prekida tok kretanja i stvaraju dodatni problemi u upravljanju,
- izrada dijelova proizvoda mogu se povjeriti onim dobavljačima ili kooperantima koji su sposobni da izrade dijelove sa svim tehnologijama obrade koje zahtijeva dati dio, dok završna kontrola i montaža mora biti isključivo u nadležnosti proizvođača.

Kada su sve ili većina radnih jedinica dospjele u drugu fazu i na dobrom su putu za samoostvarivanje rezultata, može se prijeći na sljedeća područja poslovanja u industrijskom sistemu.

Kada radna jedinica funkcioniše na željenom nivou i kada je prošla provjeru tima, tek tada je dozvoljeno da pristupi sljedećem koraku, koji se izvršava na sličan način kao i prvi. Ovaj korak bazira se na: **a)** primjeni metode SMED (brzo korištenje i promjena alata), **b)** izradi plana efektivnog održavanja (TPM), **c)** savjetovanju zaposlenih radi sprečavanja pogrešnih aktivnosti, **d)** korištenju statističke kontrole procesa (SPC), **e)** usavršavanju i obuci zaposlenih od strane članova tima, **f)** stimulanju logističkih

Procesi rada planiranja i uvođenja lean koncepta navedeni su serijski, iako im se može pristupiti i paralelno. Ovo je samo preporučeno iz opreza. Industrijski sistemi ne raspolažu utvrđenom količinom finansijskih sredstava za ove potrebe i relativno malim brojem kadrova koji bi mogli raditi na realizaciji cjelokupnog projekta. U većini slučajeva uspjeh zavisi od odlučnosti menadžmentske strukture i uspješnosti odabranog tima da istraje u planiranim aktivnostima.

- 4. faza: praćenje primjene projektovanog modela:** Ovo je faza u kojoj tim i svi zaposleni, svako prema svojim zaduženjima, vrši praćenje ostvarivanja određenih karakteristika procesa rada. Te karakteristike se porede s projektovanim i vrše korekcije u radu. Korekcije se mogu odnositi samo na model ili na cjelokupni koncept.

4. ZAKLJUČAK

Da bi se implementirao lean koncept u industrijskim sistemima, neophodne su brojne procjene od rukovodstva. Njegova implementacija zavisi od ljudi, odnosno od tima koga odredi rukovodstvo. Da bi bilo koji tim bio uspješan u svome radu na izradi i uvođenju lean koncepta, potrebno je da rukovodstvo odgovori na pitanja: (a) Može li se angažovati tri do osam ljudi na šest do devet mjeseci? (b) Mogu li se podnijeti neuspjesi i greške prije uspjeha i potpune realizacije unaprijedene proizvodnje putem lean koncepta? (c) Može li se zadržati učešće članova radnih timova čak i kad se ne vide značajni rezultati i nakon dva mjeseca? (d) Može li se održati angažovanost zaposlenih u radnim timovima do konačnog uvođenja projekta? (e) Može li se stabilizovati proizvodnja za jednu, dvije ili tri sedmice? i druga pitanja koja su značajna za angažovanje radnika u radnim timovima.

5. LITERATURA

- Božičković, R.; (2005). *Lean concept u efektivnim proizvodnim sistemima*, doktorska disertacija, Fakultet Tehničkih nauka Novi Sad, strana 96-106.
- Božičković, R., Čosić, I. & Maksimović R.; (2003). *Tools Organising Lean Manufacturing Systems*, conference "DEMI03", The Faculty of Mechanical Engineering pp 263-268, Banja Luka.
- Božičković, R., Sorak M. & Maksimović R.; (2003). *Creating Lean Leaders*, conference "DEMI03", The Faculty of Mechanical Engineering, pp 263-268, Banja Luka.
- Womack, J. & Jones, D.; (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*, Simon & Schuster, ISBN 0-684-81035-2, New York, USA.
- James, J. & Frederick, M.; (2001). *The Lean Company Making The Right Choices*, Society of Manufacturing Engineers, International Standard Book Number 0-87263-523-6, Dearborn, Michigan.
- William M. Feld; (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How To Use Them*, The St. Lucie Press / AP; CS Series on Resource Management, International Standard Book Number, 1-57444-297-X, Florida.

AN APPROACH TO THE LEAN CONCEPT DESIGN IN INDUSTRIAL SYSTEMS

Abstract: Lean concept is generally accepted approach by Japanese scientists and researchers on the elimination of waste and mistakes in the work process of industrial systems. Its principles, methods and tools which are used contribute to effectiveness and efficiency in the work process of the whole industrial system. In the work it is presented an approach to the lean concept design and introduction in industrial systems where in the function of production its production structure consists of work units in the effective production system (EPS).

Key words: Lean concept, design phases, introduction phases, steps in phases.



VIŠENIVOVSKO DIZAJNIRANJE PROCESA OPTIMIZACIJE PROIZVODNOG PROGRAMA

Radisav D. Đukić, Jelena R. Đukić¹

Rezime: Optimizacija proizvodnog programa složenih poslovno-proizvodnih sistema, kod kojih je moguća horizontalna i vertikalna dekompozicija, višestruko je složen zadatak. Nameće se pitanje: Da li je optimum na nivou sistema istovremeno i optimum na nivou podsistema? Drugim rečima, sa aspekta usvojenih kriterijuma, postoji li jedinstvo ciljeva između podsistema i sistema kao celine. Rad tretira problem optimizacije sa aspekta maksimalnog korišćenja proizvodnih potencijala (radne snage) uz respektovanje realnih tržišnih ograničenja.

Ključne reči: optimizacija, proizvodni program, radna snaga, proizvodni sistemi.

1. UVOD

Pred teoriju optimizacije postavlja se zadatak da se identifikuje najbolje rešenje određenog, matematički definisanog, problema ako su postavljeni kriterijumi za kvantifikaciju: šta je najbolje, šta je dopustivo ili šta predstavlja nedopustivo rešenje. Optimalno rešenje predpostavlja postojanje kvantitativne mere poređenja sa ostalim dopustivim rešenjima i često je izraz kompromisa između željenog cilja i postavljenih ograničenja koja uslovljavaju mogućnost postizanja ekstremnih rešenja.

Proizvodnja složenih industrijskih proizvoda zasniva se na većem broju proizvodnih faza, raznovrsnim tehnologijama i kombinaciji više raznorodnih stručnih sadržaja grupisanih u odgovarajuće organizacione nivoe. Procesualni princip organizacije proizvodnje i kompleksni stručni sadržaji stvorili su uslove da se proizvodni sistemi tretiraju kao višenivovski hijerarhijski sistemi.

Pri proučavanju i modeliranju hijerarhijskih sistema potrebno je definisati organizacione nivoe, nivoe opisa i nivoe odlučivanja.

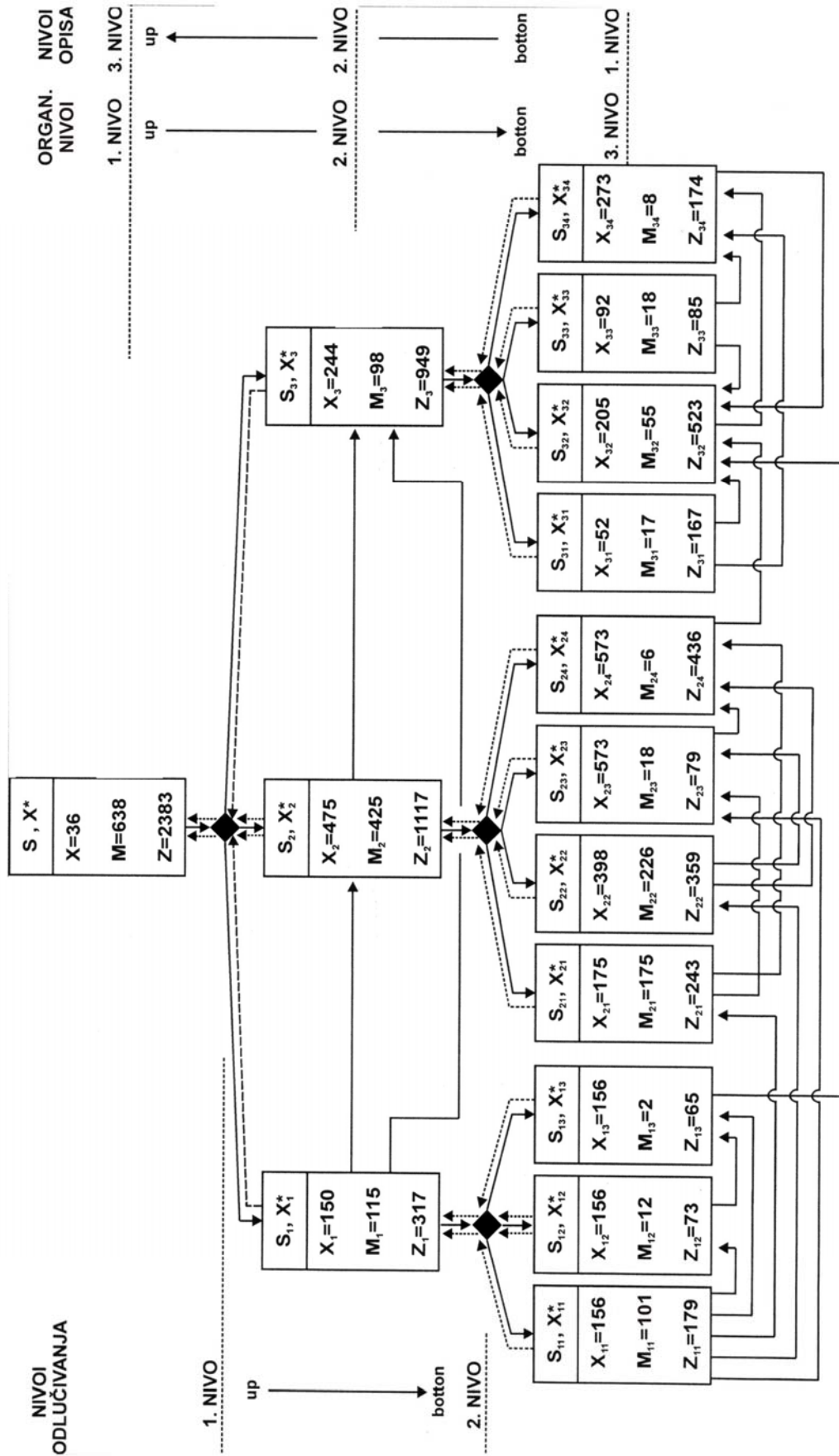
Ograničenja u matematičkom modelu usko su povezana za organizacione nivoe, kriterijumi upravljanja za nivoe odlučivanja a odgovarajuće parametre u matematičkom modelu možemo grupisati na nivou proizvoda ili poluproizvoda. Ukoliko pri izradi proizvoda ili njihovih delova postoji više tehnoloških varijanti (rešenja) tada sistem treba opisati na nivou poluproizvoda.

2. DIZAJNIRANJE PROCESA OPTIMIZACIJE

Utvrđivanje optimalnog proizvodnog programa realizovano je u okviru složenog poslovno-proizvodnog sistema „Sloboda”-Čačak.

Na sl. 1 prikazan je matematički model sistema u obliku grafa, sa hijerarhijskim rasporedom podsistema i vezama između nivoa i u okviru njih. Vertikalna dekompozicija izvršena je sa tri organizaciona nivoa, tri nivoa opisa i dva nivoa odlučivanja. Podsystemi na sva tri organizaciona nivoa raspolazu sa određenim potencijalima proizvodne radne snage. Na prvom nivou opisa nepoznate (x_i) predstavljaju moguće tehnološke varijante izrade poluproizvoda. Na drugom nivou opisa nepoznate predstavljaju poluproizvode a na trećem nivou proizvode (artikle). Nivoi odlučivanja opredeljuju kriterijum upravljanja. Prvi nivo odlučivanja podrazumeva upravljanje na nivou sistema kao celine (S). Drugi nivo odlučivanja podrazumeva upravljanje na nivou podsistema kao celine (S_1 , S_2 i S_3).

¹ Viša tehnička škola Čačak, Svetog Save 65



SI.1: HIJERARHIJSKI PRIKAZ PROIZVODNOG SISTEMA SA TRI ORGANIZACIONA NIVOA, TRI NIVOA OPISA I DVA NIVOA ODLUČIVANJA

Za matematičko modeliranje proizvodnog sistema korišćena je metoda linearnog programiranja. Za rešavanje ovih modela postoji razrađen postupak što predstavlja pogodnost za korišćenje ove metode. Međutim, primena počiva na pretpostavci da su relevantne veličine determinističkog karaktera, što ne odgovara realnosti jer se radi o stohastičkim veličinama. U tom kontekstu detaljno su istraženi svi parametri koji se ugrađuju u model kako bi dobijeno rešenje imalo upotrebnu vrednost. U cilju definisanja matematičkog modela LP utvrđeni su normativi vremena izrade za sve aktuelne proizvode (X_i , $i=1,36$) na nivou podsistema u okviru tri organizaciona nivoa. Pored ograničenja raspoloživih resursa radne snage (tabela br. 1) u matematičkim modelima prisutna su i ograničenja koja definišu apsorpcionu moć tržišta.

Tabela br.1: Pregled brojnog stanja radnika, planiranih gubitaka, izvršenja norme i planiranog godišnjeg fonda norma časova po podsistemima

Oznaka podsistema	Brojno stanje radnika (y)	Planiran gubitak br. radnika (x)	Raspoloživ broj radnika (y-x)	Planiran fond efektivnih časova F_{EC} [h/god]	Izvršenje norme		Planiran fond norma časova F_{NC} (vektor B) [h/god]	Primedba
					Ostvareno	Planirano (P_n)		
I	2	3	4	5	6	7	8	9
S ₁₁	162	33	129	259290	1,65	1,34	347449	
S ₁₂	60	12	48	96480	1,58	1,47	142790	
S ₁₃	55	11	44	88440	1,65	1,48	130007	
S ₁	277	56	221	444210	-	1,45	620246	
S ₂₁	223	51	172	345720	1,81	1,54	532409	
S ₂₂	273	62	211	424110	1,71	1,53	648888	
S ₂₃	66	15	51	102510	1,56	1,38	154790	
S ₂₄	380	87	293	588930	1,68	1,51	812723	
S ₂	942	215	727	1461270	-	1,47	2148810	
S ₃₁	137	31	106	203591	1,62	1,44	293171	
S ₃₂	433	98	335	643424	1,56	1,44	926531	
S ₃₃	78	18	60	115240	1,7	1,52	164793	
S ₃₄	142	32	110	211273	-	1,45	321135	
S ₃	790	179	611	1173528	-	1,45	1705630	
S	2009	450	1559	3079008	-	1,45	4474686	

$$F_{E\check{C}} = (y - x) \cdot D_r \cdot \check{C}_S \quad (1)$$

$$F_{N\check{C}} = F_{E\check{C}} \cdot p_n \quad (2)$$

$F_{E\check{C}}$ - raspoloživ godišnji fond efektivnih časova podsistema S_{ij} ,

$F_{N\check{C}}$ - raspoloživ godišnji fond norma časova podsistema S_{ij} ,

$D_r = 268$ - ukupan broj radnih dana u godini, utvrđen na osnovu radnog kalendara
Kompanije "Sloboda",

\check{C}_S - broj radnih sati u smeni,

$\check{C}_S = 7,5[\check{\text{časova/smeni}}]$ - u podsistemima $S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{21}, S_{22}, S_{23}, S_{24}$,

$\check{C}_S = 7,17[\check{\text{časova/smeni}}]$ - u podsistemima $S_{31}, S_{32}, S_{33}, S_{34}$,

p_n - koeficijent koji uzima u obzir planirano izvršenje norme.

Planirano izvršenje norme manje je od ostvarenog zbog toga što je eliminisan uticaj dopunskih vremena, dorade i nepravilnog vođenja radnih lista.

Polazni matematički model optimizacije proizvodnog programa napisan je u sažetom obliku a konačan u matricnom obliku kako na nivou sistema kao celine S tako i na nivou njegovih podsistema.

$$\text{Sistem S: } \max F(x) = \sum_{i=1}^{36} t_i \cdot x_i \quad \text{MAXF}(x) = C \cdot X \quad C(1 \times 149), X(149 \times 1)$$

$$\sum_{i=1}^{36} t_{ij} \cdot x_i \leq F_j, j = 1,11, \quad R \cdot X = Z \quad R(79 \times 149), Z(79 \times 1)$$

$$d_i \leq x_i \leq e_i, i = 1,36, \quad X \geq 0$$

$$\text{Podistem S}_1: \max f_1(x) = \sum_{i=1}^{36} t_{i1} \cdot x_i \quad \text{MAXF}_1(x) = C_1 \cdot X \quad C_1(1 \times 132), X(132 \times 1)$$

$$\sum_{i=1}^{36} t_{ij} \cdot x_i \leq F_j, j = 1,3, \quad R_1 \cdot X = Z_1 \quad R_1(65 \times 132), Z_1(65 \times 1)$$

$$d_i \leq x_i \leq e_i, i = 1,36, \quad X \geq 0$$

$$\text{Podistem S}_2: \max f_2(x) = \sum_{i=1}^{36} t_{i2} \cdot x_i \quad \text{MAXF}_2(x) = C_2 \cdot X \quad C_2(1 \times 139), X(139 \times 1)$$

$$\sum_{i=1}^{36} t_{ij} \cdot x_i \leq F_j, j = 1,4, \quad R_2 \cdot X = Z_2 \quad R_2(70 \times 139), Z_2(70 \times 1)$$

$$d_i \leq x_i \leq e_i, i = 1,36, \quad X \geq 0$$

$$\text{Podistem S}_3: \max f_3(x) = \sum_{i=1}^{36} t_{i3} \cdot x_i \quad \text{MAXF}_3(x) = C_3 \cdot X \quad C_3(1 \times 142), X(142 \times 1)$$

$$\sum_{i=1}^{36} t_{ij} \cdot x_i \leq F_j, j = 1,4, \quad R_3 \cdot X = Z_3 \quad R_3(72 \times 142), Z_3(72 \times 1)$$

$$d_i \leq x_i \leq e_i, i = 1,36, \quad X \geq 0$$

3. OPTIMALNA REŠENJA

U tabeli br. 2 dat je uporedni prikaz rezultata optimizacije na nivou sistema S i podсистема S₁, S₂ i S₃ koji su dobijeni korišćenjem aplikativnih softvera QSB i MATHEMATICA.

Tabela br.2: Uporedni prikaz rezultata optimizacije proizvodnog programa na nivou sistema (S) kao celine i podсистема S₁, S₂, S₃

r.br.	Oznaka proizvoda	SISTEM-PODSISTEM					Ograničenja tržišta	
		S		S ₁	S ₂	S ₃		
		QSB	Mathem.	QSB	QSB	QSB	MIN	MAX
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x ₁	684000	684000	684000	684000	684000	684000	1112000
2	x ₂	330100	330100	393931	355467	330100	330100	1684000
3	x ₃	566400	566400	140000	430943	176790	140000	566400
4	x ₄	216135	216135	100300	216135	100300	100300	216135
5	x ₅	84000	84000	84000	84000	84000	84000	195000
6	x ₆	210000	210000	110000	210000	210000	110000	210000
7	x ₇	532500	492649	100000	532500	100000	100000	532500
8	x ₈	120000	120000	120000	120000	233900	120000	233900
9	x ₉	10000	10000	125750	125750	125750	10000	125750
10	x ₁₀	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
11	x ₁₁	106055	75440	216280	216280	75440	75440	216280
12	x ₁₂	21840	21840	24000	24000	21840	21840	24000
13	x ₁₃	5000	5000	5000	5000	3400	3400	5000
14	x ₁₄	0	44911	18702	39430	-	0	0
15	x ₁₅	125364	72238	-	-	297170	0	0
16	x ₁₆	160000	160000	160000	160000	160000	160000	538000
17	x ₁₇	25011	27644	35000	2428	2428	2428	35000
18	x ₁₈	46420	46420	268940	268940	250830	46420	268940
19	x ₁₉	309760	309760	96200	309760	309760	96200	309760
20	x ₂₀	213543	112038	39320	249120	39320	39320	249120
21	x ₂₁	79398	52000	52000	193160	52483	52000	193160
22	x ₂₂	113700	113700	113700	19143	19143	19143	113700
23	x ₂₃	53300	53300	53300	53300	53300	3620	53300
24	x ₂₄	50000	50000	50000	5000	50000	5000	50000
25	x ₂₅	88500	88500	88500	88500	8000	8000	88500
26	x ₂₆	134000	134000	134000	12366	134000	1266	134000
27	x ₂₇	159000	159000	159000	14500	14500	14500	159000
28	x ₂₈	22000	22000	124345	195000	195000	22000	195000
29	x ₂₉	850000	850000	-	70243	850000	20000	850000
30	x ₃₀	22000	22000	-	22000	22000	22000	35000
31	x ₃₁	22000	22000	-	-	47000	22000	47000
32	x ₃₂	1000	1000	19000	19000	1000	1000	19000
33	x ₃₃	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
34	x ₃₄	2000	2000	2000	20000	2000	2000	20000
35	x ₃₅	6000	94800	6000	94800	94800	6000	94800
36	x ₃₆	1700	4970	4970	4970	4970	1700	4970
max F(x) (NČ/god)		4260317	4260317	620139	2148811	1705623		

4. ZAKLJUČAK

U tabeli br. 2 prikazani su rezultati optimizacije proizvodnog programa na nivou sistema S kao celine korišćenjem dva različita softverska paketa. Dobijena optimalna rešenja imaju različitu strukturu proizvoda pri čemu maksimalna vrednost funkcije cilja ima identičnu vrednost u oba slučaja. To znači da postoji više dopustivih rešenja koja zadovoljavaju usvojen kriterijum upravljanja i zadata tržišna ograničenja. Stepeng angažovanja raspoloživih kapaciteta proizvodne radne snage, optimalnim proizvodnim programom na nivou sistema (S) kao celine iznosi;

$$\eta = \frac{MAXF(x)}{\sum F_{N\check{c}}} \cdot 100\% = \frac{4260317}{4474686} \cdot 100 = 95,2\%$$

Odnosno parcijalnom optimizacijom podsistema,

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^3 MAX f_i(x)}{\sum F_{N\check{c}}} \cdot 100\% = \frac{620139 + 2418811 + 1705623}{4474686} \cdot 100 = 99,99\%$$

LITERATURA:

- [1] Đukić R., Dinamičko uravnotežavanje i upravljanje poslovno-proizvodnim sistemima, 29. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Beograd, 2002.
- [2] Đukić R., Utvrđivanje i merenje uzročnika gubitaka proizvodnih kapaciteta, 30 jubilarno savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Vrnjačka banja, 2005.
- [3] Đukić R., Predviđanje i rangiranje mogućih trendova programske orijentacije, 32. Jupiter konferencija – 34. simpozijum upravljanja proizvodnjom u industriji prerade metala, Zlatibor, 2006.
- [4] Đukić R., Upravljanje poslovno-proizvodnim sistemima sa aspekta istraživanja optimalnog proizvodnog programa, Festival kvaliteta, 33. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, 2006.

DESIGNING OF PROCESS OF OPTIMIZATION OF PRODUCTION PROGRAM ON MANY LEVELS

Abstract: Optimization of production program in compound working and production systems is a very complex task if there is a possibility for both horizontal and vertical decomposition. The question is if the optimum on the level of the system can be, at the same time, the optimum of the level of the subsystem. In other words, if there is the unity of gains of subsystems and systems functioning as an integral entity. This paper treats the problem of optimization concerning the maximal using of production potential and regarding real market limitations.

Key words: optimization, production program, production potential, production system



Bogdan Nedić¹⁾

MOGUĆNOSTI ISTRAŽIVANJA, RAZVOJA I PROIZVODNJE OPTIČKIH UREĐAJA

Rezime

Danas se na prostoru Srbije nalaze preduzeća koja su za potrebe vojske i drugih preduzeća, proizvodili čitav niz proizvoda iz oblasti optičkih elemenata, sklopova i veoma složenih optoelektronskih uređaja. To podrazumeva poznavanje najsavremenijih tehnologija i posedovanje najsavremenije proizvodne opreme. Takođe, za projektovanje i proizvodnju optičkih elemenata i uređaja potreban je visoko kvalifikovan kadar. Međutim, danas je u ovim preduzećima ostao veoma mali broj stručnjaka koji se uglavnom bavi održavanjem i izradom pojedinih optičkih elemenata za potrebe održavanja postojećih vojnih optičkih uređaja.

U okviru rada dat je osvrt na potrebe istraživanja u oblasti proizvodnje i održavanja optičkih komponenti i uređaja i pravce i ciljeve istraživanja koja se realizuju poslednjih godina na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu. Takođe, ukazano je na potrebu školovanja kadrova iz oblasti projektovanja i tehnologija proizvodnje optičkih i optoelektronskih uređaja.

Ključne reči - optika, optoelektronika, optički uređaji, održavanje, transfer tehnologija

1. UVOD

Polazeći od činjenice da je danas veliki broj preduzeća privatizovan ili će to uskoro biti ili će se potpuno ugasiti, postavlja se pitanje šta sa raspoloživim tehnologijama i znanjima koje su u određenom vremenskom periodu omogućile proizvodnju delova i opreme visoke tehnologije. Ove tehnologije i danas mogu biti u funkciji izrade specifičnih proizvoda sa visokim zahtevima kvaliteta i namene, ali ne u serijskoj proizvodnji.

Privatizacijom velikog broja preduzeća mnoge tehnologije, nepotrebne novim vlasnicima bivaju ugašene, a oprema rashodovana. Vrednost jednog preduzeća pored infrastrukture u vidu građevinskih objekata, instalacija, saobraćajnica, proizvodne i druge opreme čine na prvom mestu ljudski resursi i znanja i tehnologije sa kojima se raspolaze. Često su danas znanja radnika i stručnjaka jednog preduzeća i primenjenih tehnologija od strane države potcenjeni i ne ulaze u vrednost jednog preduzeća. Takođe, često kupac kupuje preduzeće samo radi prostora koji kasnije oprema drugim tehnologijama i stručnim kadrom drugih profila.

Sve ovo prethodno rečeno, nameće potrebu da se određenim segmentima tehnologija sa kojima je raspolagano u prethodnom periodu, posveti posebna pažnja i preduzmu mere kako bi se sačuvao stručni i proizvodni kadar, proizvodna oprema i tehnologije.

Visoka tehnologija kojoj pripada izrada optičkih elemenata i optičkih i optoelektronskih uređaja podrazumeva primenu multidisciplinarnih znanja, čijim ovladavanjem i usavršavanjem može brzo doći do pojave domaćih proizvoda iz ovih oblasti.

2. PRAVCI ISTRAŽIVANJA

Osnovni ciljevi istraživanja, postavljeni zadnjih godina na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu su:

- razvoj, projektovanje i proizvodnja optičkih elemenata za potrebe održavanja optičkih uređaja (različite namene),

¹⁾ Prof. dr Bogdan Nedić, Mašinski fakultet, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, 034/335 990 (637), nedic@kg.ac.yu

- razvoj, projektovanje i proizvodnja optičkih uređaja za kojima postoji potražnja (uređaja čija je proizvodnja bila na prostorima bivše SFRJ i novih uređaja),
- stvaranje uslova za iskorišćenje raspoloživih resursa, na prvom mestu kadrovskih i proizvodnih i
- edukacija u cilju ovladavanja znanjima iz oblasti projektovanja i tehnologija proizvodnje optičkih elemenata i uređaja.

Započetim istraživanja na Mašinskom fakultetu obuhvaćeno je sagledavanje proizvoda, postojećih proizvodnih kapaciteta i tehnologija za njihovu proizvodnju. U najvećoj meri su upoznati proizvodni kapaciteti, ljudski resursi i mogućnosti domaćih preduzeća u oblasti proizvodnje:

- optičkih materijala (optičko staklo, optički slojevi i dr.),
- optičkih komponenti (sočiva, prizme, ogledala, filteri i dr.)
- optičkih uređaja (nišanskih sprava).

i održavanja optičkih i optoelektronskih uređaja:

- za civilnu namenu (lupe, durbini, dvogledi, nišani, mikroskopi, refraktometri, medicinska oprema i dr.) i
- za vojnu namenu (osmatračne, nišanske i druge sprave),

Predviđena istraživanja čija je realizacija u toku, obuhvataju veliki broj segmenata:

- sistematizacija raspoloživih znanja i ljudskih resursa kojima raspolažu: VTI Beograd i ostale vojne ustanove, fakulteti i instituti i pojedina preduzeća,
- prikupljanje i sistematizacija podataka o potrebama tržišta za pojedinim proizvodima ili tehnologijama,
- projektovanje i razvoj optičkih uređaja: mernih lupa, refraktometra, optičkih nišana, durbina, nišanskih sprava i dr.
- projektovanje i razvoj tehnologija za proizvodnju optičkih uređaja.
- ovladavanje softverima za projektovanje optičkih uređaja (OSLO, ZEMAKS i dr.).
- modifikacija perspektivnih optičkih i optoelektronskih uređaja.
- razvoj metodologije za merenje optičkih i fotometrijskih karakteristika projektovanih i proizvedenih delova.

Do sada je objavljen veći broj radova, a akcenat je stavljen na osposobljavanje i istraživanje u oblasti projektovanja optičkih uređaja. Izvršena je nabavka programa za optimizaciju optičke šeme uređaja koji u kombinaciji sa programom *Catia* pružaju velike mogućnosti za projektovanje optičkih uređaja.

Na Mašinskom fakultetu do sada je odbranjeno nekoliko diplomskih radova iz oblasti optičkih uređaja, optičkih materijala i tehnologija za izradu optičkih komponenti. Završena je izrada magistarskog rada na temu merenja fotometrijskih karakteristika proizvoda od plastičnih masa.

Jedan od problema intenzivnijeg bavljenja ovim istraživanjima je taj da se sva istraživanja realizuju bez pomoći Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine, jer se stručnjaci - istraživači iz vojnih ustanova (VTI, TOC, Vojna akademija i dr.) ne mogu na adekvatan način angažovati. Istraživanja se realizuju u saradnji sa Remontnim zavodom iz Čačka, a delom su finansirana od preduzeća Mikro iz Beograda, čiji se servisni kapaciteti za optičke uređaje nalaze u Kragujevcu.

Pored istraživanja u oblasti projektovanja optičkih uređaja, koji je prioritet, jer su optičke komponente danas u svetu veoma dostupne i po pristupačnim cenama, istraživanje je usmereno na mogućnost projektovanja i proizvodnje u manjim serijama pojedinih optičkih komponenti kao što su: proizvodnja optičkih prizmi, filtera i končanica - za kojima postoje potrebe i značajni kapaciteti i razvijena tehnologija. Posebno treba naznačiti značaj istraživanja u oblasti proizvodnje optičkih prozora sa termootpornim slojevima (namenjenim za periskope).

Istraživanja u oblasti održavanja optičkih sprava su usmerena na osvajanje generalnih remonta optičkih sprava oruđa koja su u perspektivi (barem 10 narednih godina) i projektovanju i proizvodnji rezervnih delova za te sprave. Drugi segment se odnosi na modifikaciju pojedinih sprava, njihovu nadgradnju elektronskim komponentama, kao i modifikaciju IC sprava zamenom IC pretvarača slike pasivnim pojačivačima.

3. MOGUĆNOST PROIZVODNJE OPTIČKIH UREĐAJA

Na prostoru bivše SFRJ vodeće preduzeće za proizvodnju optičkih uređaja je bilo preduzeće ZRAK iz Sarajeva. Njegov proizvodni program je obuhvatao široku paletu optičkih i optoelektronskih uređaja ne samo za vojne potrebe.

Danas, kada na ovim prostorima ne postoji preduzeće koje bi imalo proizvodni program kao bivše preduzeće ZRAK, sa jedne strane i veći broj preduzeća koja su istovremeno proizvodila za potreba ovog preduzeća, nameće se potreba iskorišćenja raspoloživih kapaciteta i stvaranja uslova za osnivanje novog preduzeća za proizvodnju rezervnih delova za vojnu opremu i razvoj i proizvodnju novih proizvoda.

Rezultati istraživanja u oblasti optičkih i optoelektronskih uređaja, imaju za cilj stvaranje uslova da postojeća preduzeća povećaju iskorišćenje svojih kapaciteta i osnivanje novih malih preduzeća sa specifičnim proizvodnim programom.

Preduzeća na prostoru Srbije koja raspolažu proizvodne kapacitete za proizvodnju optičkih materijala, komponenti i proizvoda su:

- "Srpska fabrika stakla", pogon optičko staklo, Paraćin,
- "Goša optoelektronika", Zemun,
- "EI-Sova", Niš,
- "EI-opek", Niš,
- "Teleoptik", Zemun,
- Instituti Vinča, Pupin, IHTM, INFIS i drugi, itd.

Pored ovih preduzeća moraju se uzeti u obzir i preduzeća iz Republike Srpske, BiH, i to "Zrak" Vlasenica i "Zrak", Teslić. Takođe, u Srbiji postoje preduzeća sa značajnim kapacitetima za održavanje optičkih i optoelektronskih uređaja kao što je TRZ Čačak i Mikro Beograd. Oba ova preduzeća su u mogućnosti da se bave i izradom pojedinih podsklopova i sklopova optičkih uređaja. Pored ovih kapaciteta, značajne ljudske resurse ima VTI Beograd.

Sve ovo ukazuje da kapaciteta za postojanje domaćih proizvoda iz oblasti optičkih uređaja ima, ali činjenica je da su sva navedena preduzeća i instituti u krizi i da njihova delatnost nije usmerena ka proizvodima i istraživanjima iz oblasti optike i optoelektronike.

Poražavajuća činjenica je da se na prostorima Srbije nalazi samo nekoliko stručnjaka koji su u stanju da projektuju optički uređaj, a broj inženjera koji su u stanju da konstruišu optički element kao što je optički prozor, sočivo, prizma ili filter se na prste može nabrojati.

4. NEKA ISKUSTVA U ODRŽAVANJU OPTIČKIH UREĐAJA

Optički i optoelektronski uređaji predstavljaju veoma složene uređaje i njihovo održavanje zahteva specifičnu opremu i veoma stručan kadar, koji na ovim prostorima nije do sada na adekvatan način školovan. Takođe, prestankom rada preduzeća Zrak - Sarajevo, prestala je i proizvodnja rezervnih delova, što ima za posledicu njihovu otežanu i gotovo nemoguću nabavku. Problemi održavanja optičkih uređaja, nedostatak rezervnih delova i nedostatak stručnog kadra posle ratnih dešavanja na ovim prostorima i ukazane potrebe, rezultirali su saradnjom Mašinskog fakulteta iz Kragujevca sa TRZ iz Čačka i Mikro iz Beograda u cilju ovladavanja tehnologijama održavanja optičkih uređaja za potrebe vojske i proizvodnje pojedinih rezervnih delova.

Veoma uspešna saradnja duži niz godina ima za rezultat veoma uspešan rad preduzeća MIKRO iz oblasti održavanja optičkih i optoelektronskih uređaja. Ovladano je tehnikama i tehnologijama za parcijalnu opravku najvećeg broja optičkih uređaja svih vrsta. Servis preduzeća MIKRO se u okviru poslovno tehničke saradnje poslednjih godina nalazi u prostorijama Mašinskog fakulteta u Kragujevcu. Na taj način postignuto je bolje iskorišćenje proizvodnih kapaciteta firme MIKRO a stručni kadar je angažovan od strane fakulteta.

Svi poslovi organizacije rada Servisa, projektovanje i izrada specifične merne opreme i opreme za demontažu, montažu i ispitivanje optičkih uređaja su povereni stručnim licima fakulteta. Takođe, stručna saradnja sa svim preduzećima iz oblasti izrade i nabavke rezervnih delova, istraživanja i izrade prateće dokumentacije potrebne za popravku i održavanje optičkih uređaja, kao i deo komunikacija sa vojskom

Srbije povereni su stručnim licima fakulteta. Sa druge strane sve svoje kapacitete preduzeće Mikro je ustupilo stručnjacima fakulteta u cilju istraživanja i razvoja.

Uspešna saradnja Servisa MIKRO i Mašinskog fakulteta dovela je do uvođenja sistema menadžmenta kvalitetom 2003. JUS ISO 9000:2001 godine i njegovu primenu do danas.

Nedostatak posla održavanja optičkih uređaja za potrebe vojske poslednjih godina omogućili su intenziviranje istraživanja u oblasti osvajanja proizvodnje rezervnih delova u kooperaciji i to kako optičkih komponenti tako i ostalih delova (delova od plastičnih masa i gume i elektronski sklopovi). Takođe, istraživanja su obuhvatila modifikaciju postojećih optoelektronskih uređaja za pretpostavljene perspektivne sprave i oruđa (kao što je RD 7x40 i BVP). Urađeni su programi osvajanja generalnog remonta pojedinih sprava.

Svi navedeni problemi ukazuju da se organizaciji i tehnologijama održavanja optičkih sprava mora pristupiti na drugačiji način. Postojeći kapaciteti preduzeća TRZ Čačak i Mikro Beograd su vezani za postojeće optičke uređaje, prvenstveno iz proizvodnog programa Zrak Sarajevo. Optički uređaji sretani kod oruđa NATO sadrže znatno složenije elektronske komponente, tako da je potrebno što pre osposobljavanje novih inženjera i optičara elektroničara za održavanje ovih uređaja. Bez poznavanja budućih pravaca nabavke optičkih uređaja i oruđa vojske Srbije ne mogu se planirati kapaciteti i vršiti osposobljavanje kadrova.

Ovladavanjem tehnologijama održavanje IC sprava i problemi koji prate njihovu popravku nametnuli su potrebu istraživanja mogućnosti modifikacije ovih sprava u vidu zamene IC pretvarača slike sa pasivnim pojačivačima slike. Ovim problemom su se bavila naša preduzeća u prethodnom periodu ali bezuspešno.

5. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja, koja su u toku na Mašinskom fakultetu u saradnji sa stručnjacima sa VTI i Instituta za fiziku iz Beograda, je ovladavanje znanjima potrebnim za projektovanje optičkih uređaja i primenu novih tehnologija u cilju održavanja i proizvodnje ovih proizvoda. Kroz realizaciju istraživanja i rad sa studentima osnovnih i postdiplomskih studija cilj je doprineti osposobljavanju stručnjaka iz oblasti optičkih uređaja koji bi svoja znanja uspešno koristili pri radu sa mernom opremom i održavanju savremene merne i proizvodne opreme (koja se ne može zamisliti bez optičkih elemenata).

U oblasti optičkih uređaja, krajnji cilj je proizvodnja:

1. domaćeg nišana za potrebe vojske i lovačkog i sportskog oružja,
2. domaćeg durbina za osmatranje,
3. medicinskih i industrijskih mikroskopa i domaćeg trihinskopa,
4. radne lampe sa lupom, i druge merne lupe (za potrebe tekstilne i grafičke industrije i druge namene),
5. nišanskih sprava za oruđa koja su u proizvodnji kod domaće namenske industrije, i dr.

6. ZAKLJUČAK

Polazeći od činjenice da se danas svi optički uređaji, koji se predmet mogućih istraživanja, nabavljaju za potrebe državnih institucija iz inostranstva (za potrebe vojske i zdravstva) i da se odvajaju značajna devizna sredstva, njihova proizvodnja kod nas uz primenu raspoloživih proizvodnih kapaciteta i ljudskih resursa bi doprinela značajnim uštedama.

Osnovni efekti primene rezultata istraživanja u okviru ovog projekta se ogledaju u nekoliko bitnih segmenata:

- proizvodi pripadaju visokoj tehnologiji, tako da njihova proizvodnja doprinosi nezaostajanju naše zemlje u tehnološkom pogledu za drugim zemljama,
- proizvodi zahtevaju visoko stručni naučni i proizvodni kadar, tako da upošljavanje postojećih kadrova i proizvodnih kapaciteta doprinosi smanjenju odlaska stručnih kadrova u inostranstvo,
- realizacijom istraživanja se vrši osposobljavanje novih kadrova,
- minimalna ulaganja u projektovanje novih proizvoda uz primenu dosadašnjih raspoloživih tehnologija stvara uslove za zapošljavanje postojećih proizvodnih kapaciteta.

Samo čekanje kupaca za naša preduzeća koja su u krizi u najvećem broju slučajeva znači njihovo gašenje i gašenje proizvodnog programa visoke tehnologije, gašenje razvojnih programa i odlazak stručnih kadrova u inostranstvo. Na taj način razvoj se seli iz naših preduzeća, Instituta i Univerziteta u inostranstvo, tako da postajemo sve više tehnološki zavisni. Odvajanjem Instituta i Univerziteta od preduzeća, čiji su vlasnici velike strane kompanije ili su vlasnici privatnici nezainteresovani za razvoj, postavlja opravdano pitanje potrebe postojanja i potrebe školovanja visoko stručnih kadrova za domaću industriju.

LITERATURA

1. Nedić, B., Vasiljević, D., Vesić, N., Complexity of designing optical systems, Monografija FTN-a, MACHINE DESIGN FUNDAMENTALS, Novi Sad, 2007.
2. Nedić, B., Mogući pravci istraživanja u oblasti proizvodnje i održavanja optičkih uređaja, Naučni skup: Odbrambene tehnologije u funkciji mira, OTEH 2005. Beograd, 2005
3. Nedić, B., Vesić, N., Optical Coatings and Their Quality, Tribology in industry, Vol. 24, N.3&4, Kragujevac, 2002.
4. Vesić, N., Nedić, B., Čučuzović, D., Vrste i kvalitet optičkih slojeva, 28. Jupiter konferencija sa međunarodnim učešćem, Beograd, 2002.
5. Vesić, N., Nedić, B., Projektovanje i optimizacija optičkih sistema, 29. Jupiter konferencija sa međunarodnim učešćem, Mašinski fakultet, Beograd, 2003.
6. Nedić, B., Vesić, N., Projektovanje optičkih instrumenata, 30. Jupiter konferencija, Mašinski fakultet, Beograd, 2004.

POSSIBLE DIRECTIONS OF INVESTIGATION IN AREA OF PRODUCTION AND MAINTAINANCE OF OPTICAL DEVICES

Abstract - *In this area, after the disintegration of the ex Yugoslavia, there remained companies that manufactured the whole line of these products for the purpose of some other companies or institutions. It was mostly for the purposes of the military industry. That also underlined the knowledge of the most modern technologies and also possessing of the most modern manufacturing equipment. This manufacture also requires highly qualified staff. However, in these companies today are few experts that are mostly engaged in maintenance and manufacture of optical elements for existing military optical devices.*

This paper deals with possible directions of investigations regarding area of optical components production and maintenance and goals of investigations realised during past several years at the Faculty of Mechanical Engeneering in Kragujevac. It also signifies the need for education of staff engaged in design and manufacture technologies of optical and optoelectronic devices.

Key words: *Optics, Optoelectronics, Optical devices, Maintenance*



ISTRAŽIVANJE PROIZVODNE FUNKCIJE GRUPE PROIZVODA U SITUACIJAMA NEIZVESNOSTI

Jelena R. Đukić, Radisav D. Đukić¹

Rezime: U radu je prikazan jedan od mogućih pristupa pri istraživanju proizvodne funkcije grupe proizvoda koji su zastupljeni u proizvodnom programu poslovno-proizvodnog sistema. Korišćeni kvantitativni modeli omogućavaju simulacione procese za predviđanje mogućih trendova, analizu poslovanja i donošenje stratejskih odluka u domenu dugoročne programske orijentacije.

Cljučne reči: proizvodna funkcija, grupa proizvoda, proizvod reprezentant, mogući trendovi.

1. UVOD

Predmet istraživanja u okviru proizvodne orijentacije može biti proizvod, grupa proizvoda ili proizvodni program. Ponuda na tržištu uz odgovarajuće korekcije pokazuje obim i strukturu proizvodnje. Nasuprot tome, tražnja pokazuje obim i strukturu potreba. Odnos između ponude i tražnje, po obimu i strukturi, može da posluži kao indikator proizvodne orijentacije. Posmatrano sa aspekta proizvodne orijentacije često je predmet analize grupa proizvoda koji čine deo proizvodnog programa. Analizom plasmana proizvoda u određenom vremenskom intervalu obezbedićemo seriju podataka za izbor proizvoda reprezentanta.

2. UTVRĐIVANJE PROIZVODNE FUNKCIJE

U okviru konkretnog poslovno-proizvodnog sistema izvršena je analiza poslovanja u periodu od pet godina. Grupu proizvoda čini petnaest artikala. Realizovan obim proizvodnje Q_i , $i=1,15$ prikazan je u tabeli br. 1. Projektovanje mogućih stanja poslovanja predstavlja složen proces sa dalekosežnim posledicama. Složenost je višestruka, a ogleda se u sagledavanju svih relevantnih spoljašnjih i unutrašnjih determinanti u vremenu i prostoru. U sebi sažima i prelama dve ključne protivurečnosti:

- neizvesnost budućih zbivanja kao posledicu intezivne promene uslova, i
- dugotrajne pripreme i operativna ulaganja u cilju realizacije usvojenih razvojnih strategija.

Pošto u sebi sintetizuje veoma složen skup činilaca stohastičke i dinamičke prirode programska orijentacija je, tokom vremena, podložna izmenama. Dugoročni aspekt uglavnom se bazira na pretpostavkama i predviđanju gde preovladavaju elementi kvalitativne prirode. Kratkoročno projektovanje zasniva se na činjenicama pri čemu preovladavaju elementi podložni kvantifikaciji. Brzina kojom se smenjuju zbivanja u industrijskoj proizvodnji zahteva da se u tekuće akcije znatno više unose elementi predviđanja kako bi što spremnije dočekali buduće događaje.

U ovom radu izložen je kvantitativni pristup koji u sebi sažima regresionu, korelacionu analizu i ekstrapolaciju uz primenu pravila i kriterijuma koji se koriste u Teoriji igara. Imajući u vidu da se sve relevantne odluke vezane za programsku orijentaciju donose na stratejskom nivou, uz visok nivo neizvesnosti i orijentaciju ka budućnosti, top menadžmentu, nudi se koncept koji je podložan daljoj kvalitativnoj analizi, a sve u cilju donošenja optimalnih odluka u određenom vremenskom intervalu.

¹ Viša tehnička škola Čačak, Svetog Save 65

Tab. br.1: Pregled ostvarene proizvodnje grupe proizvoda Q_i , $i=1,15$ u periodu od pet godina t_j , $j=1.5$

Interna oznaka Q_i	PREGLED OSTVARENE PROIZVODNJE U PERIODU OD PET GODINA (<i>kom/god</i>)					primedba
	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	
Q_1	1.413.173	1.212.300	1.588.000	856.400	1.891.700	
Q_2	234.300	576.300	451.300	232.400	434.600	
Q_3	330.100	791.300	677.800	1.684.200	736.700	
Q_4	0	0	10.000	209.700	233.900	
Q_5	0	0	10.000	119.400	104.500	
Q_6	0	5.014	32.160	22.840	3.400	
Q_7	187.440	75.440	216.280	106.320	107.680	
Q_8	0	0	0	0	2.428	
Q_9	334.600	413.000	485.000	413.000	413.500	
Q_{10}	265.408	268.940	205.264	146.290	46.420	
Q_{11}	54.880	30.320	140.780	29.460	249.120	
Q_{12}	124.280	52.000	1.000	193.160	147.960	
Q_{13}	21.347	25.216	37.216	17.549	33.208	
Q_{14}	5.534	0	0	0	30.688	
Q_{15}	0	0	0	0	4.970	

Ukupni obim proizvodnje možemo izraziti preko proizvoda reprezentanta koristeći sledeće obrasce:

$$Q = Q_r \cdot \sum k_i \cdot p_i \quad (1)$$

$$k_i = \frac{t_i}{t_r} \quad (2)$$

$$p_i = \frac{Q_i}{Q_r} \quad (3)$$

- t_i, t_r - vremenske norme i -tog artikla i usvojenog proizvoda reprezentanta,
- Q_i, Q_r -realizovan obim proizvodnje i -tog artikla i usvojenog proizvoda reprezentanta,
- Q -ukupan ostvaren obim proizvodnje grupe proizvoda, izražen preko količine proizvoda reprezentanta u analiziranom vremenskom periodu,
- k_i, p_i -koeficijenti za preračunavanje.

Usvajajući da je $Q_r=Q_1$, odnosno $t_r=t_1$, u tabeli br. 2 prikazani su svi neophodni elementi za iskazivanje realizovanog obima proizvodnje grupe proizvoda preko količine proizvoda reprezentanta Q_1 , u vremenskom periodu $t=1$. Na identičan način utvrđene su količine proizvoda reprezentanta u vremenskom periodu $t=2$, $t=3$, $t=4$ i $t=5$. Sumarni rezultati prikazani su u tabeli br. 3.

Tab. br.2: Neophodni elementi za izračunavanje količine proizvoda reprezentanta u posmatranom vremenskom periodu (t=1), ($Q_r = Q_1$)

P r o i z v o d			Ostvaren obim proizvodnje $Q_i \cdot t_i$ (NČ/god)	Koeficijent $k_i = \frac{t_i}{t_1}$	Svođenje Q_n na proizvod reprezentant $Q_r = Q_i \cdot k_i$	Koeficijent $p_i = \frac{Q_i}{Q_1}$	Proizvod koeficijenata $k_i \cdot p_i$	Napomene
Interna oznaka Q_i	Nominalni obim proizvodnje Q_n (kom/god)	Normativ vremena izrade t_i (NČ/kom)						
1	2	3	4=2x3	5	6=2x5	7	8=5x7	9
Q_1	1.413.173	0,09497	134.209	1	1.413.173	1	1	
Q_2	234.300	0,07491	17.551	0,7888	184.816	0,1657	0,1307	
Q_3	330.100	0,09593	31.666	1,0101	333.434	0,2336	0,2360	
Q_4	0	0,10826	0	1,1399	0	0	0	
Q_5	0	0,19103	0	2,0115	0	0	0	
Q_6	0	0,34527	0	3,6356	0	0	0	
Q_7	187.400	0,62461	117.052	6,5769	1.232.511	0,1326	0,8721	
Q_8	0	1,70890	0	17,9941	0	0	0	
Q_9	334.600	0,09059	30.311	0,9539	319.175	0,2368	0,2259	
Q_{10}	265.408	0,45536	120.856	4,7948	1.272.578	0,1878	0,9005	
Q_{11}	54.880	0,16977	9.317	1,7876	98.103	0,0388	0,0694	
Q_{12}	124.280	0,15481	19.240	1,6301	202.589	0,0879	0,1433	
Q_{13}	21.347	0,14352	3.064	1,5112	32.260	0,0151	0,0228	
Q_{14}	5.534	0,14357	794	1,5117	8.366	0,0039	0,0059	
Q_{15}	0	0,16433	0	1,7303	0	0	0	
Ukupno	-	-	484.060	-	5.097.005	-	3,6066	

Tab. br. 3: Dinamika plasmana proizvoda reprezentanta u 10^6 (kom/god)

Q \ t	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
$Q \times 10^6$	509,70	484,08	595,59	549,19	562,84

Koristeći metode regresione i korelacione analize stohastičku zavisnost plasmana proizvoda reprezentanta u funkciji od vremena opisaćemo sa četiri aproksimativne krive: linearna regresija (q_1), kvadratna regresija (q_2), geometrijska regresija (q_3), eksponencijalna regresija (q_4). Izabrane aproksimativne krive definišu moguća alternativna stanja sistema u oblasti eksperimenta (pet godina) i oblasti predviđanja (pet godina).

Primenjujući aplikativni softverski paket Mathematica 5.2 imajući pritom u vidu statistički skup podataka iz tabele br.3 odredili smo parametre regresionih krivih:

$$q_1(t) = a + bt = 488,863 + 17,139t \quad (4)$$

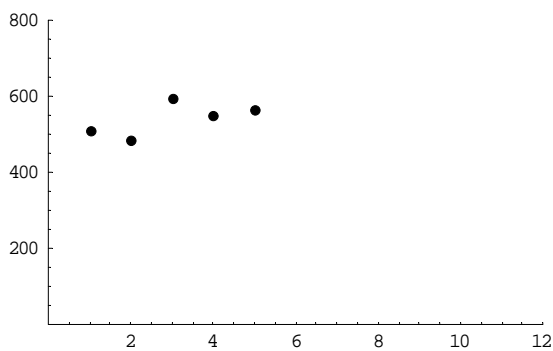
$$q_2(t) = a + bt + ct^2 = 449,178 + 51,1547t - 5,66929t^2 \quad (5)$$

$$q_3(t) = a \cdot t^b = 498,21 \cdot t^{0,0818708} \quad (6)$$

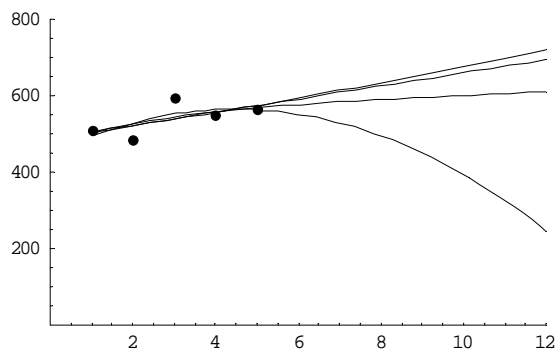
$$q_4(t) = a \cdot b^t = 488,848 \cdot 1,03299^t \quad (7)$$

3. RANGIRANJE MOGUĆIH TRENDOVA

Odabrane regresione krive numerički i grafički (sl.1, sl.2) determinišu moguća stanja poslovanja, odnosno mogući trend proizvodnje u oblasti predviđanja.



Slika 1.



Slika 2.

Koristeći Teoriju statističkih rešenja i odabrane kriterijume (K_1 - izraziti pesimizam, K_2 - umereni pesimizam, K_3 - Wald-ov, K_4 - Savage-ov, K_5 - Hurwicz-ov, K_6 - Laplace-ov, K_7 - koeficijent korelacije, K_8 - standardna greška, K_9 - umereni optimizam, K_{10} - izraziti optimizam) u tabeli br. 4 izvršeno je rangiranje mogućih alternativnih trendova saglasno usvojenim kriterijumima K_i , $i=1,10$. Usvajajući Gausov kriterijum (f_6) i podatke iz tabe br. 4 izvršeno je rangiranje alternativa familijom metoda Promethee I, II i III:

PROMETHEE I – parcijalni poredak: $q_1(1) - q_2(0) - q_3(0) - q_4(0)$

PROMETHEE II – potpuni poredak: $q_4(3) - q_1(2) - q_3(1) - q_3(0)$

PROMETHEE III – intervalni poredak: $q_4(3) - q_1(2) - q_3(1) - q_3(0)$

Tab. br.4: Izbor optimalnih alternativa q_i po odabranim kriterijumima K_i u oblasti predviđanja S_j , $j=6, 7, 8, 9, 10$

S_j, K_i		STANJA SISTEMA $j=6,7,\dots,10$					KRITERIJUMI ODLUČIVANJA $k_i, i=1,2,\dots,10$										PRIMEDBA	
		S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}		
ALTERNATIVE	q_1	591,70	608,84	625,97	643,11	660,25	591,70	591,70	3	16,02	614,32	625,97	0,616	31	660,25	660,25		
	q_2	552,01	529,47	495,8	450,36	393,80	393,80	393,80	1	282,47	446,01	484,24	0,661	29,51	552,01	552,01		
	q_3	576,93	584,25	590,68	596,40	601,57	576,93	576,93	2	74,7	585,06	589,97	0,631	30,53	601,57	601,57		
	q_4	593,94	613,53	633,77	654,67	676,27	593,94	593,94	4	0	621,11	634,43	0,610	31,16	676,27	676,27		
ZAHTEV KRITERIJUMA:"MIN-MAX":							min	max	max	min	max	max	max	min	min	max		
VREDNOST KRITERIJUMA:							393,80	593,94	4	0	621,11	634,43	0,661	29,51	552,01	676,27		
OPTIMALNA ALTERNATIVA:							q_2	q_4	q_4	q_4	q_4	q_4	q_4	q_2	q_2	q_2	q_4	

4. ZAKLJUČAK

Većina odabranih kriterijuma (šest od deset) i sve tri metode Promehtee ukazuju na budući uzlazni trend koje opisuju proizvodne funkcije q_1 i q_4 .

Analizirajući ostvarenu proizvodnju izraženu preko količine proizvoda reprezentante, u vremenskom periodu $t = 6$ (2006 god.) $Q = 653,94 \cdot 10^6$ (kom/god) možemo zaključiti da je ona vrlo bliska trendu regresionih krivih q_1 i q_4 . Donošenje poslovnih odluka zadatak je svakog menadžera. Dobar menadžer mora da ima dobru organizovanu službu koja će prikupljati i obrađivati relevantne informacije, istraživačkim postupkom utvrditi više mogućih rešenja koje treba rangirati i uz odgovarajući komentar i obrazloženja dalje proslediti. Koristeći svoja znanja, intuiciju i iskustvo, poznavajući prilike u užem i širem okruženju, vodeći računa o ciljevima i utvrđenoj poslovnoj politici, strategiji poslovanja i razvoju firme, menadžer vrši izbor i to rešenje formuliše kao odluku.

5. LITERATURA

- [1] Đukić R., Predviđanje i rangiranje mogućih trendova programske orijentacije, 32. Jupiter konferencija – 34. simpozijum upravljanja proizvodnjom u industriji prerade metala, Zlatibor, 2006.
- [2] Đukić R., Pristup konceptu proizvodnog programa korišćenjem metoda za višekriterijumsko odlučivanje, 30 jubilaro SPMSCG, Vrnjačka banja, 2005.

RESEARCH ON PRODUCTIVE FUNCTION OF A GROUP OF PRODUCTS IN SITUATIONS OF UNCERTAINTY

Abstract: This paper treats one of the possible approaches concerning production function of a group of products in the production program of working and production systems. Quantitative models are used to enable the simulation and projection of possible trends, to analyze the business and to make strategic decisions in a long-term production orientation.

Key words: production function, group of products, representative product, possible trends



AVAILABILITY OF PISTON PUMPS IN SPRINKLERS FOR PLANT PROTECTION

Vyara Pozhidaeva¹
Dragan Živković²
Miroslav Medenica³

Abstract: This paper analyzes corrective maintenance of membrane piston pumps which are being built in sprinklers for crop protection and also availability as a measure of successfulness of their preventive maintenance. Research was conducted at a farm estate, and the results are presented in the paper. Finally, measures that should lead to better preventive maintenance and reduction of corrective maintenance activities, are suggested.

Keywords: Plant protection, membrane piston pumps, sprinklers (spraying machines), maintenance, availability

1. INTRODUCTION

Since the beginning of agriculture the objective was to protect plants from various diseases, harmful species and weed. Statistical data show that total global loss caused by plant diseases, harmful insects and weed ranges from 15 to 35%, depending on country and level of agricultural production within that country. These losses make up to more than a third of the global food production. Losses in Serbia consist of: 7% damages caused by harmful species, 8% from plant diseases, and 7% caused by weed. To these damages one should add the losses that emerge during storage of agricultural products, and they reach 5%.

To cut these losses, various protective agents are used in agricultural production. One way of plant protection is chemical protection. During the past period various chemical agents for plant protection were used, called pesticides. They are applied to the plant with various agricultural devices (sprinklers, sprayers, dewing devices, misting devices etc.) of different structures, depending on the method of protection and the type of plant that is to be protected.

Sprayers for plant protection work for a very limited period of time during the year (about one month), whereas they stay in preservation in storage facilities the rest of the year. With sprayers for plant protection, the agrotechnical deadline may be expanded significantly which leads to loss of quality and quantity productivity due to belated plant protection. The amount of failures with sprayers for plant protection can be one important indicator of maintenance quality. Based on the analysis of the number of failures, in order to reduce this number, appropriate activities of preventive maintenance have to be planned.

2. SPRAYERS FOR PLANT PROTECTION

Sprayers are agricultural machines (*figure 1*) which serve for accurate spraying of agricultural cultures with chemical agents for protection (pesticides). They are mainly used for protection of arable crops and vegetables. Sprayers can also be used for the protection of orchards and vineyards. Besides plant protection, sprayers can also be used for the nutrition of plants and for foliar fertilization. The versatility of sprayers is a big advantage, because it ensures economical application by increasing its usability (number of working days) during all of the year.

¹ Vyara Pozhidaeva, Assoc. prof. University of Mining & Geology "St. Ivan Rilski" Sofia,

² Dragan Živković, professor VTS Zrenjanin, Đorđa Stratimirovića 23, 23000 Zrenjanin, e-mail: zivkkev@drenik.net

³ Miroslav Medenica, professor VTS Novi Beograd,

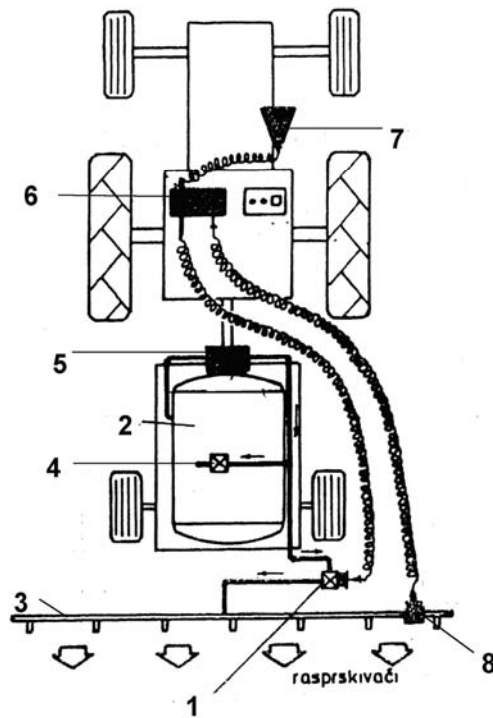


Figure 1: Tractor-sprayer aggregate for plant protection
 (1.servo valve, 2- tank with protective agent, 3 - spraying wing, 4 - mixer, 5 - pump, 6 - automatic sprayer pressure, flow and speed regulation, 7 - speed regulation, 8 - sensor)

3. MEMBRANE PISTON PUMP

The pump is certainly one of the important elements of plant protection sprayers. The following type of these pumps is being built in sprayers (figure 2):

- pumps with intermittent operation (piston, membrane and membrane piston pumps),
- pumps with continual operation (cylindrical, toothed, centrifugal and jet pumps).

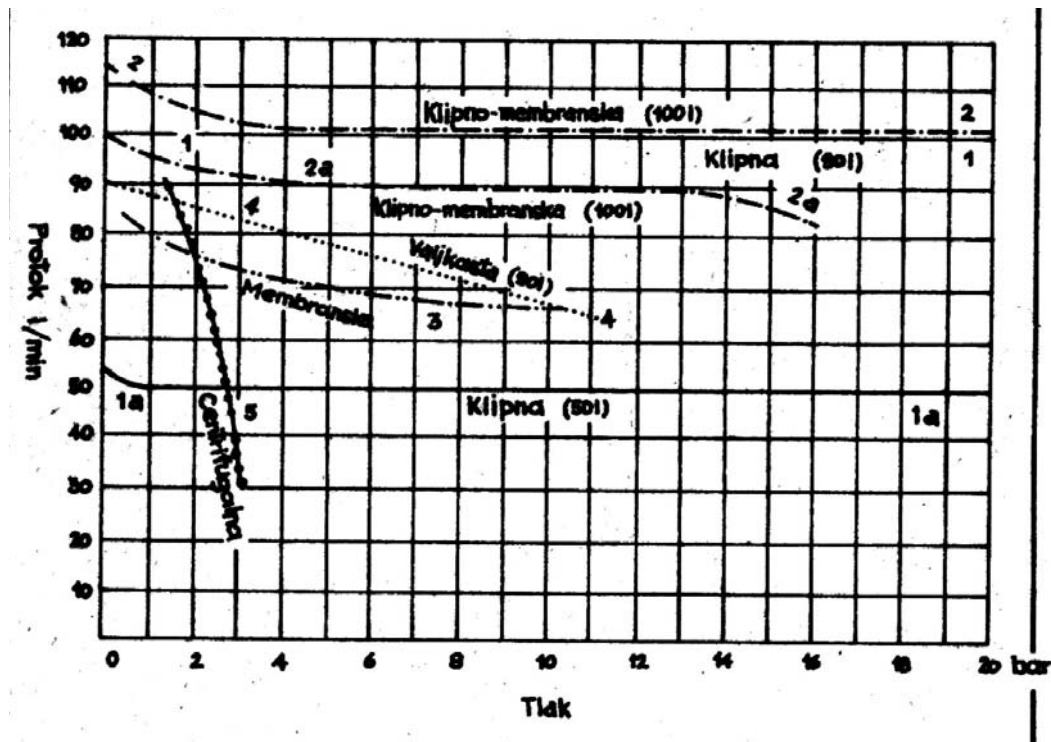


Figure 2: Characteristic flow curves for different pump types in sprayers

Membrane piston pumps are built in the pumps considered (*figure 3:*) where the membrane leans on the piston. Because of this fact these pumps can achieve higher pressures and the life of these pumps is longer compared to membrane pumps. Membrane piston pumps have a simple structure. They are most often carried out as two-way pumps. Pumps are driven by the shaft of the tractor.

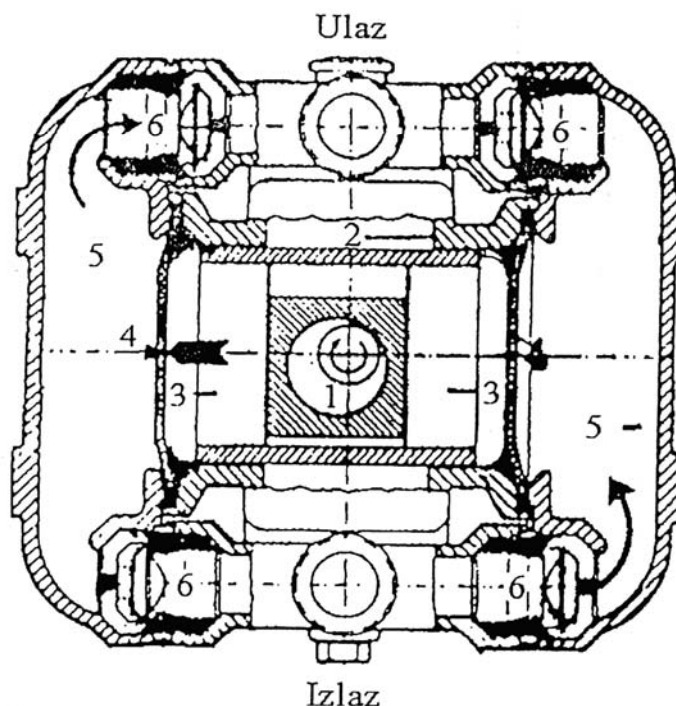


Figure 3: Two chamber membrane piston pump
(1-driving cam, 2- cylinder, 3- piston leaning on membrane, 4- membrane, 5- pump housing, 6- intake line)

4. MAINTENANCE OF SPRAYERS FOR PLANT PROTECTION

Equipment maintenance is a permanent task for the user, to keep it in working order, for as long as possible. A possible solution is preventive maintenance, i.e. preventive action taken to eliminate the possibility for failure occurrence, and only after that the failures that occur are repaired.

Preventive maintenance of sprayers includes:

- daily examination of the machine,
- fastening of loose connections, locks and similar.
- examining the connection between tractor and sprayer,
- cleaning and lubricating the sprayer (according to manufacturer's instructions),
- checking the pump, mixer, spraying head and other elements of the sprayer.

After finishing the work with the sprayer it is necessary to:

- empty the tank and rinse it with water under pressure,
- clean the filters, sieves and sprinklers,
- rinse the pump and the piping, and
- record all the troubles that have to be eliminated before the next use.

Since sprayers operate only a small part of the year, prior to storing them it is necessary to prepare them for storage, which means:

- let the air out of the tyres (on sprayers with trailers) and put parking blocks on,
- protect the tyres with anti-aging agent and keep them in a closed, dry space,
- protect the appropriate parts from corrosion, and
- put the sprayer in an appropriate space

5. CRITERIA FOR EVALUATING MAINTENANCE QUALITY

One of the most interesting questions emerging is the evaluation of the quality of technical systems in time, i.e. measuring the quality of maintenance.

Measuring is the comparing a known quantity to an unknown quantity being examined, i.e. measured. Measuring the maintenance quality isn't always an easy task. However, to be in a position to measure maintenance quality certain criteria, based on which maintenance quality will be possible to be evaluated, have to be defined in advance. The most important criteria for evaluating maintenance quality are as follows: reliability of a technical system, failure frequency, availability of equipment, level of documentation and similar.

6. AVAILABILITY

We distinguish between the following types of availability:

- operating availability,
- own availability,
- achieved availability

Operating availability of a system is the probability that the system observed, will function in a way it was predicted, at any moment of the considered time period. Operating availability includes the time the system was in use and also its time in standstill. We can, therefore, express operating availability as:

$$Pro = tk / (tk +tz)$$

where:

Pro - operating availability,
tk - time in use,
tz - standstill time

Own availability of a system is the probability that the system observed, will function in a way it was predicted, at any moment of the considered time period. Own availability includes the time the system was in use and also the time needed for active repair. We can, therefore, express own availability as:

$$Prs = tk / (tk +tap)$$

where:

Prs - own availability,
tk - time in use,
tap - time for active repair

Achieved availability takes into consideration all maintenance types that are carried out on a system, i.e. planned (preventive) and not planned (corrective) maintenance.

7. RESEARCH RESULTS

The farm "Agrobanat" at Plandište has 2200 ha of arable land. Plant protection is performed with 3 sprayers of the "Morava 1000" type. Appropriate procedures consist of an accurate set of preventive maintenance activities and of preservation activities at the end of the season.

Researching the number of failures on a sprayer we got the following failure intensity values for individual elements and those are shown in *table 1*.

From the results shown in the table above it is obvious that the number of failures on elements of a membrane piston pump sprayer is not negligible. If we add the fact that the real time needed for failure repair sometimes reaches several hours (and usually it does not work one day: the sprayer has to be transported to the workshop, repaired and returned to the field), much longer than the time of repair, and that the work of the sprayer is influenced by meteorological (atmospheric) conditions, as well as by the time of year (works less than a month during the year), then the intensity (number) of failures shown in the table is very indicative for the maintenance crew. Besides the maintenance quality, the research results concerning failure

intensity, shown in the table are also a very good directive for undertaking preventive maintenance activities, in order to reduce the failure intensity on sprayer elements.

Table 1: Research results concerning number and type of failures

Part number	Failure	Number of failures per year λ	Time for failure repair (min)	Failure type
1	The pump does not take fluid in	0,5	120	<ul style="list-style-type: none"> • feed pipe is clogged
2	The pump give little fluid	0,5	30	<ul style="list-style-type: none"> • pump takes in air, • valve is damaged.
3	Fast increase of pressure on the manometer	0,2	5	<ul style="list-style-type: none"> • air chamber should be inflated up to 5 bar, • let out air until the pointer stands still.
4	At the oil gauge a mixture of oil and water is leaking	0,5	30	<ul style="list-style-type: none"> • damaged membrane of the cover, • replace the membrane with a valid one, • rinse the head of the pump and the housing with petroleum.
5	The spray of water oscillates	1	20	<ul style="list-style-type: none"> • check pressure in air chamber, • tighten the cover of the air chamber, • replace the air chamber valve pin.

Analyzing the data shown in *table 1* it is obvious that the average sprayer standstills due to failure of the membrane piston pump plus the time for repair is 2 hours per year, and the number of standstills per year is between 2 and 3. If the plant protection sprayer is analyzed in detail, it is obvious that every failure on membrane piston pumps results in a sprayer failure. Since the membrane piston pump is only one of the elements of the sprayer, the standstills due to failure of the membrane piston pump take up a significant percentage of the total sprayer standstill time. By better and more organized maintenance this standstill time can be reduced a lot, which also leads to reduction of manufacturing costs.

Operating availability with membrane piston pump sprayers consists the time of use and the time of system standstill. The average operating availability can be determined using:

$$Pro = tk / (tk + tz)$$

$$Pro = 298 / (298 + 2) = 0,9933$$

where:

Pro - operating availability,

tk = 300 (h/god)- time of use,

tz = 1,8 \approx 2 (h/god)- standstill time.

7. CONCLUSION

Availability and the number of failures on agricultural equipment, in this case sprayers, is one of many, but not the only one and not the most optimal criterion for evaluating the maintenance quality. Evaluating the maintenance quality makes possible to evaluate the work of the maintenance crew and to consider the mistakes and take appropriate actions to eliminate them. The research results show that failures on membrane piston pumps cause sprayer failures because of what sprayers do not work for a few days during season. The intensity of failures on elements of a sprayer's membrane piston pump is also an indicator of the course that preventive maintenance has to take.

8. REFERENCE

[1] Živković, D. Veljić, M. Rančić, M. Preventive Maintenance of Centrifugal Pump on Devices for Spray Irrigation, 5TH Interational Conference Resarch and Development in Mechanical Industry- RaDMI 2005, V. Banja, 2005, pp

- [2] 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.
- [3] Kartunov S., S. Stefanov, Unterstützte Projektierung der Komponenten und technologischen Vorgänge in der Mikrosystemtechnik, Ilmenau, 48. IWK, 09. 2003
- [4] Kartunov S., Mechanische Mikrofertigungsverfahren - Übersicht, Besonderheiten, Ausnahl, Annwendungen, Beispiele, Potentiale, Entnjicklung, Ilmenau, 47. IWK, 2002
- [5] Pozhidaeva, V. 2004, *A Method for Evaluation of the Quality of Operation of Mining Machines Based on Results from Technical Diagnostics*, Scientific-Expert Conference with International Participation HIPNEF-2004, Mechanical Engineering Faculty University of Nis, Vrnjacka Banja, Serbia and Montenegro, 593-598.
- [6] Pozhidaeva, V. 2003. *Analysis of the Applicability of Vibration Methods for Control of Mine Mechanization*, 3rd International Conference Research and Development in Mechanical Industry-RaDMI 2003, H.Novi, Serbia and Montenegro, 1910-1914.
- [7] Veljić M., Tehnološki procesi mehanizovane poljoprivrede, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd 1997, st.242.



¹ G.-R. Gillich, ² N. Gillich, ³ F.C. Berinde, ⁴ C.P. Chioncel

THE USE OF WIGNER-VILLE DISTRIBUTIONS IN INDUSTRIAL PLANT MONITORING

Abstract:

Communities can be affected by noise and vibrations which stress people and the build environment. Our work presents a monitoring system, methodologies and tools, developed by the authors, able to gain information regarding the level of and vibrations noise around industrial plants, by low costs. The monitoring system was developed in the frame of the SMONTREVIZ project and use mathematical tools like new classes of time-frequency representations. It is presented the most fundamental of these representation methods - the Wigner-Ville Distribution family, which permit both time and frequency localization, with the clear advantages that the sources can be identified by the frequency localization while the events in sources functioning can be deduced by time localization.

1. INTRODUCTION

Pollution with noise and vibration due to industrial sources can affect the life quality for whole communities, especially in the proximity of the pollution sources. It is the case of cities where the industrial plants and residential areas interferes. Urban growth add to this pollution factors other sources, like transport. In the last years regulations in this field on European level have been adopted, like Directive 2002/49 CE and Directive 2002/44 CE. While noise has attracted increased attention and is considered as a degradation factor of life quality in urban areas, vibration is considered more a stress factor on the workplace. This conduct to clear norms regarding the range of noise levels which affects residential areas accepted in whole Europe, but don't solve the problems in the field of vibrations. For this issue each country has fixed own norms, where the accepted levels of vibration affecting buildings is more dependent from social aspects than from technical once. However, knowing the levels of pollution by noise and vibration helps to aware the problem and in consequence lead to actions destined to mitigate their level.

There are few studies that have tried to understand the impact of noise and vibration on individuals, most of the researcher being orientated to studies on the community level. All studies reflect that citizens when asked about the impact of noise and vibration on indoor comfort, put noise as the main cause of distress, noises being perceived much more acute than vibrations are. Vibrations are often not percept by individuals, but the effect on their health is significant, especially by long-term exposure. It has to be mentioned that vibrations are cause of mental discomfort when buildings or activities taking place in them are affected (crakes on walls and roofs, damages in brittle finishes, e.g. faience or tight-jointed stonework, deformations and fractures of structures). We can conclude that a high priority must be given to noise and vibration mitigation in environmental policy making, by implementing regulations, restrictions and measures for both pollution factors.

¹ PhD Gilbert-Rainer GILLICH, Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 211056, fax. +40 255 210230, e-mail. raini@uem.ro

² PhD Nicoleta GILLICH, Professor, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 211056, fax. +40 255 210230, e-mail. n.gillich@uem.ro

³ PhD Florin Constantin BERINDE, Lecturer, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 210227, fax. +40 255 210230, e-mail. f.berinde@uem.ro

⁴ Eng. Cristian Paul CHIONCEL, Assistant, "Eftimie Murgu" University of Resita - Romania, tel. +40 255 210227, fax. +40 255 210230, e-mail. c.chioncel@uem.ro

2. CONCEPTS REGARDING THE MONITORING SYSTEM

Monitoring of industrial sources of vibration is a complex activity, involving techniques specific of various fields, like: data acquisition, data transmission, data storage and processing, data evaluation and valorization. Information collected in the monitoring process can be used for:

- Active evaluation of the source;
- Event history proof;
- Statistical model development;
- Damage prognosis;
- Danger detection on the receiver.

There are two ways to organize the monitoring system: the conventional monitoring where cable transfer is used and the wireless modem-to-modem system [1]. The first system used in monitoring is presented in figure 1.a, while figure 1.b illustrates the wireless modem-to-modem system (WiMMS) used in the same purpose.

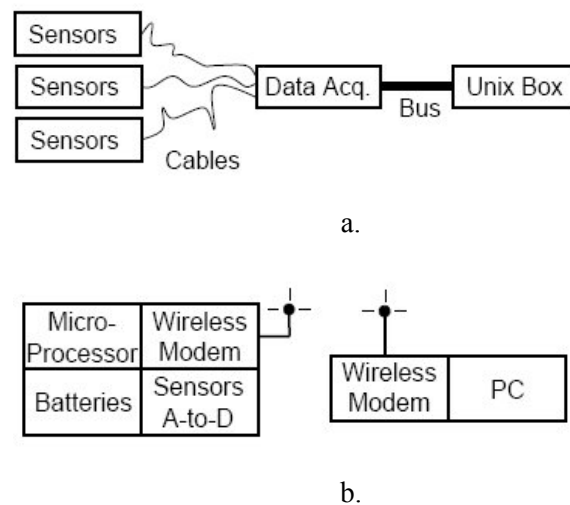


Figure 1. Conventional (a) and wireless (b) monitoring system

While the conventional system is limited by the transmission distance and the possibility to distribute the cables in the researched areas, the modem-to-modem system is not limited by this restriction. In industrial areas, due to dynamic production processes with fast moving components, this advantage is much more evident. The conventional system has however the advantage that for numerous measurement points the costs smaller than in the case of using the wireless system.

However, in both cases the information is transmitted to storage equipment, able to display it instantaneous or at any time. The signal, in form of acceleration, speed or displacement variation for vibrations, has to be processed for a proper interpretation of the happenings. For this reason mathematical tools like the Fourier Transform or the Wigner-Ville Distribution can be used. Results can be published on the Internet or Intranet, operative interventions in case of damages or risks can be taken.

Figure 2 presents a monitoring scheme for an industrial plant. In case of disposal of numerous sensors the costs for on-line monitoring can conduct to high values. The SMONTREVIZ project proposes a methodology to be used, which combine the advantages of the two types of systems. First a network of sensors using cable transfer is created around the source(s) and the transfer functions for all pair of sensors is calculated. The sensors can be displaced symmetrically in case of a regular area around the sources; else it is necessary to place more sensors around the irregularities. The number of sensors and the distances between them are dependent from the type of the sources [2], [3] and the requested precision, while the distance between the source and the closest sensor [4] must be at least R_1 , given by the relation:

$$R_1 = \frac{a}{2} + \lambda_R \quad (1)$$

where

R_1 is the reference value

a is the dimension of the source measured along the propagation direction

λ_R is the wavelength of the Rayleigh wave

The reason is to avoid the *near field*, where the phenomena are complex and the results are not relevant. If the vibrations are produced by more sources and interferences appears, the literature doesn't recommend values for R_1 . So the value for R_1 for equivalent sources must be determined for each separate case.

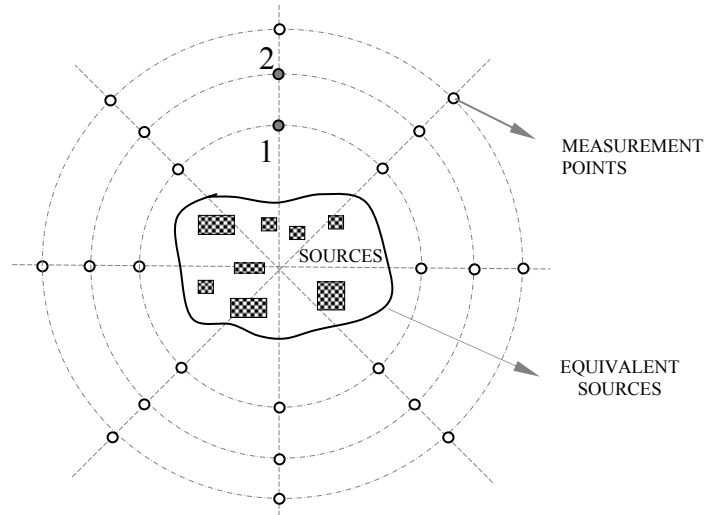


Figure 2. The monitoring scheme for an industrial plant

The authors have developed a program using the SCILAB environment [5], which determines the transfer functions. Based on it it's enough to have few measurement points to be able to describe the behavior of the whole monitored area. This can be made by a wireless system, realized by the authors, all values being collected in this case by a central server. The graphical representation of two signals, measured in points 1 and 2 (figure 2), and the measured and deduced unity response are presented in figure 3. The unity response permit the calculation of the transfer functions; if this are calculated between all points, it is possible to reduce drastically the number of sensors but to have information about the whole area.

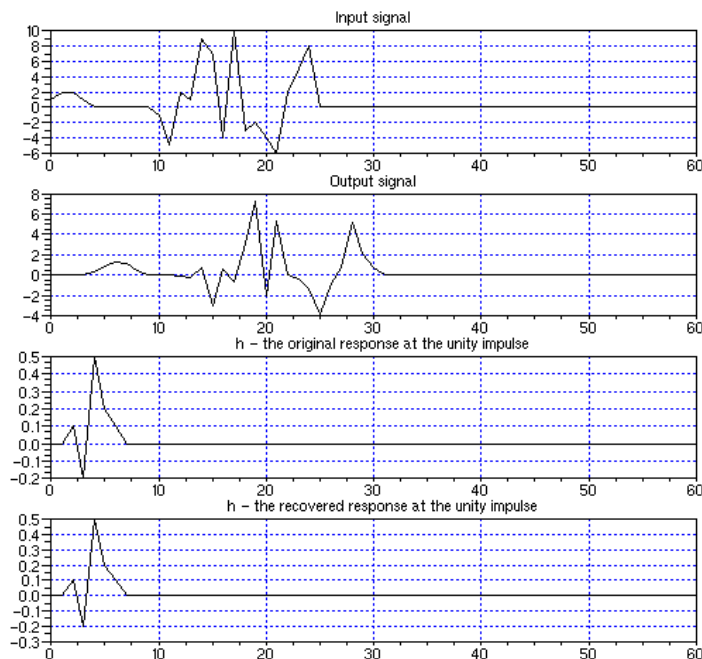


Figure 3. Input signal, output signal and the unity impulse response

3. THE WIGNER-VILLE DISTRIBUTION AND ITS USE IN SIGNAL PROCESSING

Progresses in modern signal processing have led to a new class of time-frequency representation tools. The most fundamental of these representation methods is the Wigner-Ville Distribution (WVD), which is a quadratic time-frequency representation [6]. It provides high resolution, but it has interference terms. The definition of the Wigner-Ville Distribution for a signal $s(t)$ is given by the following equation:

$$WVD_s(t, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t + \frac{\tau}{2}) s^*(t - \frac{\tau}{2}) e^{-i2\pi f \tau} d\tau \quad (2)$$

The WVD may be affected by a spectral aliasing, in particular if the signal $s(t)$ is real-valued and sampled at the Nyquist rate. Two alternatives to this problem can be found [7]:

- oversampling the signal by a factor of at least 2;
- the use of an analytic signal defined as $x(t) \equiv s(t) + iH[s(t)]$, where $H[s(t)]$ is the Hilbert Transform of the signal $s(t)$.

The first solution is justified by the fact that oversampling by a factor bigger than 2, the aliasing is pushed out of the diagram. For the second solution, it have to mentioned that the bandwidth of an analytical signal is half the one of the real signal, so the aliasing will not take place in the useful spectral domain $[0, 1/2]$ of this signal. This second solution presents also the advantage that since the spectral domain is divided by two, the number of components in the time-frequency plane is also divided by two. Consequently, the number of interference terms decreases significantly. In this paper we will use the analytical signal to solve the problem. When we speak about a signal $s(t)$, we will automatically consider the analytical signal $x(t)$ in stand of it. In this case we can write:

$$WVD_x(t, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t + \frac{\tau}{2}) x^*(t - \frac{\tau}{2}) e^{-i2\pi f \tau} d\tau \quad (3)$$

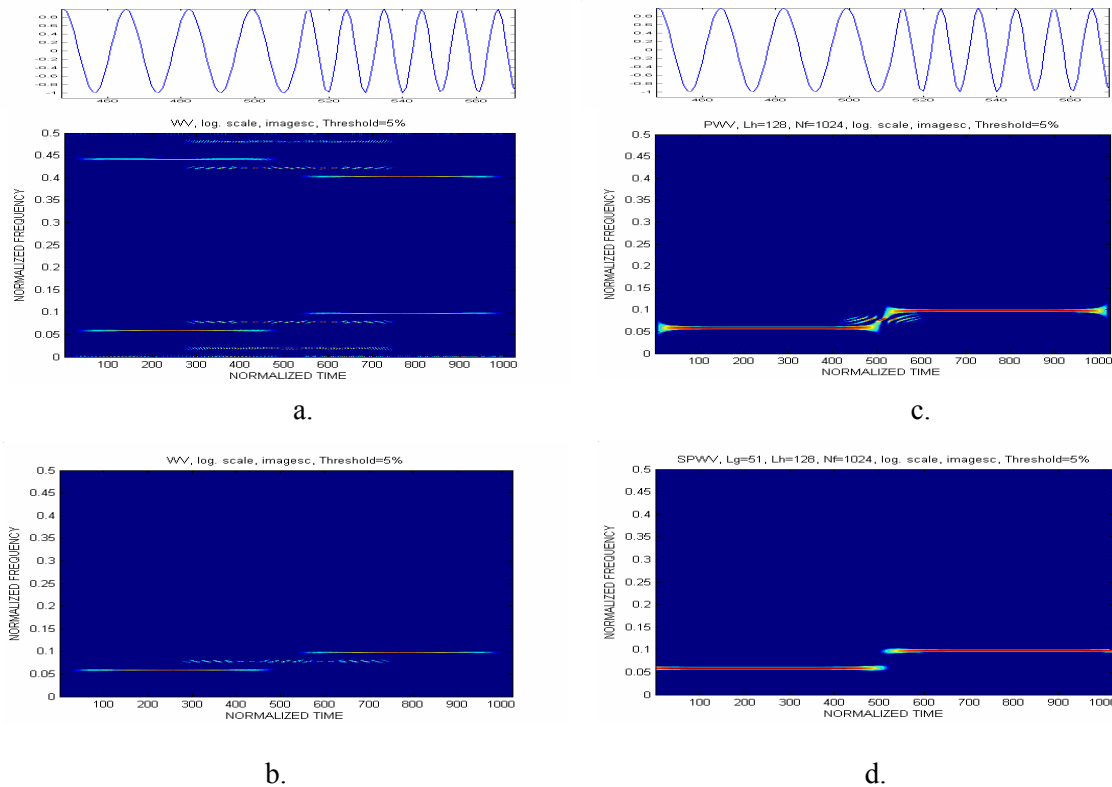


Figure 4. WVD family: (a) WVD of an original signal $s(t)$; (b) WVD of the associated analytical signal $x(t)$; (c) the PWVD and (d) the SPWVD of an analytical signal $x(t)$

Figure 4.a presents the WVD of an original signal, while that of its associate analytical signal is illustrated in figure 4.b. It is easy to observe that the resolution of the signal has high quality and the difference between the WVD applied to the signal $s(t)$ and the same procedure applied to its analytical associate $x(t)$; in the second case the aliasing disappears.

Due to strong interference terms, visible in the middle of the time scale, the method is not proper for some signal's analysis. The interferences are caused by the fact that the WVD is quadratic in x , so if x is a sum $(a + b)$, the WVD of x contains an interference term $2ab$ in addition to the desired value $(a^2 + b^2)$. Normally, if we have two points on the diagram, we will receive interferences in the middle of the distance between them. To avoid this inconvenient, a lot of other modern time-frequency representation methods derived from the WVD can be used, with a suitable choice of smoothing factors, which can dramatically reduce the interference terms by smoothing in time and frequency. First we have studied the influence of frequency smoothing [8]. If we replace $x(t + \tau/2)x^*(t - \tau/2)$ by a windowed version of it, $h(\tau)x(t + \tau/2)x^*(t - \tau/2)$. It results the so-called Pseudo-Wigner-Ville Distribution (PWVD):

$$PWVD_x(t, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau) \left[x(t + \frac{\tau}{2})x^*(t - \frac{\tau}{2}) \right] e^{-i2\pi f \tau} d\tau \quad (4)$$

where $h(\tau)$ is a regular window. The resolution remains quite good and the interferences in the transition region are reduced. This fact can be observed in figure 4.c.

By smoothing in time too, the result is a Smoothed Pseudo-Wigner-Ville Distribution (SPWVD), described by the equation:

$$SPWVD_x(t, f) = g(t) *_t \left(\int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau) \left[x(t + \frac{\tau}{2})x^*(t - \frac{\tau}{2}) \right] e^{-i2\pi f \tau} d\tau \right) \quad (5)$$

where $*_t$ is defined as a convolution with respect to time t . The function $g(t)$ is the smoothing function in time and $h(\tau)$ restricts the range of the integral in τ . Restricting the range in τ is equivalent to smoothing in frequency. A SPWVD of the analytical signal $x(t)$ is presented in figure 4.d. It is easy to observe that interferences has disappeared, we obtained a good resolution, both in time and frequency. Now, if we consider the signal as a parameter of a vibration process, we can locate it in time and frequency. So, this distribution is a proper tool for characterization of industrial sources of vibrations or for analyzing their signals.

It has to be mentioned that by smoothing, the consequence is an improved readability, but many properties of the Wigner-Ville Distribution are lost: the marginal properties, the unitarity, and also the frequency-support conservation; the frequency-widths of the auto-terms are increased by this operation. This fact will not affect the utility of the SPWVD. However, these kinds of representations are suggestive even for inexperienced observers, offering in the same time more information than the classical methods (Fourier Transform for instance).

4. CONCLUSIONS

The Wigner-Ville Distribution and its derived forms can be used in monitoring of industrial plants, by whole-day registration, to detect the periods when sources of pollution with noise or vibrations have been active, the type of source and the level of pollution. The **source identification**, especially when both noise and vibration representations are used is much more facile like by the use of the simple signal registration, because it presents both the frequency and the time scale evaluation. Let us consider a model of a manufacturing plant where two different hammers modeled as two short signals of 50 Hz and 80 Hz (figure 5.a.) and a lathe modeled as a continuous signal of 30 Hz (figure 5.b.) are active. In figure 5.c. the measured value of the vibration, obtained in the modeling process by the superposition of the three vibrations is presented. It's difficult to make considerations, by analyzing just the signal or even its Fourier Transform (figure 5.d.), which hammer was active in which period. Using the SPWVD, figure 5.e, we can observe the evolution the system, and determinate clearly when each machine had his active period.

The start time for events like changes in the behavior of the sources caused by **damage on the source** can be easily located. Indeed, for a lot of machines and their components the frequency domain is well known. By monitoring them, we can determinate the exact moment when a frequency goes out from it normal limits, and implicit determinate de damaged component by associate it with the frequency.

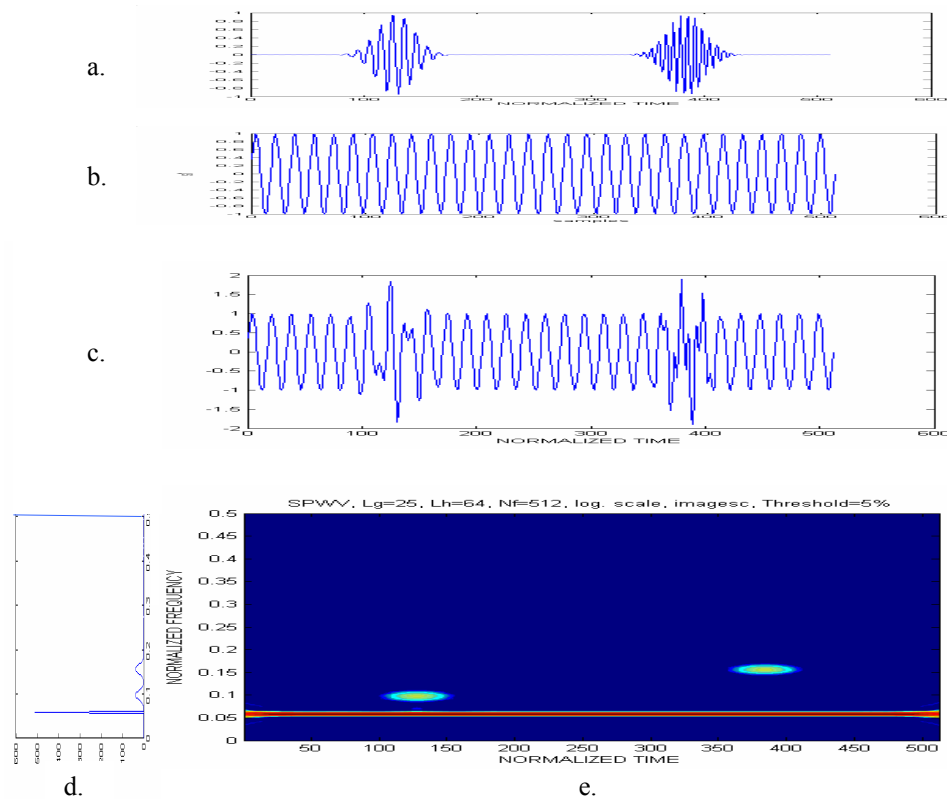


Figure 5. Simulation of vibrations produced in a manufactory

Another field in which these representations can be used is the **structural health monitoring**. The evolution of natural frequencies becomes important for damage detection in structures. Static or dynamic loads or even small to moderate vibrations, of specific frequency applied for long time, can damage buildings leading to permanent changes in the dynamic characteristics (change of eigenfrequency or apparition of non-linear behavior). This fact can be identified by monitoring the structure and processing the measured values by the SPWVD.

The last mentioned procedure can be used also for **identification of properties** for materials with non-linear behavior, like rubber for instance. Exciting them with controlled vibration of different peak and frequency it is possible to get a lot of results for the various types of excitation. By representing the results in a diagram, we can characterize the materials properties.

LITERATURE

- [1] F.C.Berinde, G.-R. Gillich and C.P. Chioncel – *Structure monitoring and evaluation using vibro-acoustic methods supported by the Wigner-Ville Distribution*, Romanian Journal of Acoustics and Vibration, 2006, Anul II, Nr.1, pp. 53-58
- [2] G.-R. Gillich – *Dinamica masinilor - Vibratii*, Editura AGIR, București, 2006
- [3] G.-R. Gillich and F.C. Berinde – *Industrial sources of pollution – causes and behavior*, Analele Universitatii “Eftimie Murgu” Reșița, 2006, Anul XIII, Nr. 1, ISSN 1453-7394, pp. 197-202
- [4] DIN 4150-1 /2001 – *Erschütterungen im Bauwesen. Teil 1 – Vorermittlung von Schwingungsgrößen*
- [5] G.-R.Gillich – *Raport interimar – proiect SMONTREVIZ*, Institutul de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții - ICECON S.A, București, 2006
- [6] A.Isar and I.Naforniță – *Reprezentări timp-frecvență*, Editura Politehnica, Timișoara, 1998
- [7] F.C. Berinde and G.-R. Gillich – *Considerations regarding the use of Time-Frequency Representations in analysis of vibrations*, Analele Universitatii “Eftimie Murgu” Reșița, 2006, Anul XIII, Nr. 1, ISSN 1453-7394, pp. 81-86
- [8] J.F. Hall – *Seismic response of steel frame buildings to near source ground motions*, Technical report, California Institute of Technology, 1997



**BEZBEDNOST UPRAVLJANJA RIZIKOM
PRI TRANSPORTU OPASNIH MATERIJIA**

Pukovnik prof. dr Rade Biočanin¹, Dr sc med Slavica Stoilković², prof. Momčilo Zatežić³

Rezime: *Savremena civilizacija se susreće sa veoma ozbiljnim problemom koji je proizvod industrijskog društva, a to je transport i skladištenje opasnih materija. Imajući u vidu značaj tog problema, koji je i kod nas sve prisutniji i mogućim propustima prilikom transporta opasnih materija veoma je važno poštovanje određene procedure, tokom transporta opasnih materija. I pored preduzetih mera često se dešavaju incidentne situacije. Svako vozilo koje učestvuje u saobraćaju predstavlja određenu opasnost. Rizik od posledica nesreće je mnogo veći ako vozilo prevozi robu koja je, na primer, eksplozivna ili otrovna. Štaviše, neke materije su same po sebi opasne, na primer samozapaljive, tako da i bez saobraćajne nesreće mogu da izazovu štetu i povređivanje. Zbog toga postoje posebni propisi za prevoz opasnih materija, koji treba da obezbede sigurnost onih koji obavljaju prevoz, ostalih učesnika u saobraćaju i okruženja. O ozbiljnosti ovog problema govori i to da se njime bave i određena tela Ujedinjenih nacija, a Evropski sporazum, nazvan ADR, na kojem su zasnovani i naši propisi, detaljno određuje kako se u drumskom saobraćaju prevoze opasne materije. Ovi propisi sadrže stotine stranica teksta, a mi, u želji da približimo ovu složenu temu, napisali smo ovaj rad o transportu opasnih materija. U radu je posmatran i uticaj saobraćaja na radnu i životnu sredinu, uz prezentovanje određenih podataka u našoj zemlji, neposrednom okruženju i EU. U ovom radu je težište na hemijskim rizicima, kao izvornom događaju za scenario u kojem lom dovodi do eksplozije, čije posledice su - udarni talas, požar i kontaminacija ljudi i životne sredine. U tom smislu, ostvarenje projekta jedinstvenog sistema ABHO daje nam mogućnost da korišćenjem moderne opreme za komunikaciju i efikasne jedinice za brzo reagovanje u realnom vremenu, uspešno obavimo monitoring, uzbunjivanje, zaštitu i dekontaminaciju.*

Ključne reči: *životna sredina, saobraćaj, rizik, hemijski udesi, opasne materije, transport, kontaminacija, bezbednost, monitoring, zaštita, dekontaminacija, mobilni sistem.*

¹ Ministarstvo odbrane Srbije

² Zdravstveni centar Kruševac

³ Fakultet bezbednosti Beograd

U V O D

U havarije u stacionarnim objektima i transportnim sredstvima svrstavamo one u proizvodnim sistemima, magacinima, rezervoarima, cevovodima, transportnim trakama, pre svega, u okviru nekog proizvodnog sistema. Osnovne dve karakteristike su, da se nezna tačna lokacija i vreme kada će doći do havarije. Treću karakteristiku trebalo bi da znamo, jer su vrste toksičnih supstanci koje se mogu izliti u okolinu poznate. Njih određuje vrsta i tehnologija proizvodnje. Jedino kada se one izmene, što se ne dešava trenutno i u kratkom vremenu, izmeniće se broj i vrsta potencijalnih kontaminanata. Pri ovom razmatranju moramo voditi računa o količinama hemijskih supstanci, jer se one menjaju u toku proizvodnje, što zavisi od utroška, dinamike nabavke, zastoja u proizvodnji i drugih razloga. Kada se govori o vrstama i količinama opasnih materija, treba naglasiti da njih ne čine samo supstance, koje kao sirovina ili odgovarajuća komponenta ulaze u proces proizvodnje, nego i one, koje nastaju kao međuprodukt u toku procesa proizvodnje, a samo u slučaju havarije mogu iz proizvodnog sistema dospeti u životnu sredinu. Takođe, prilikom izlivanja supstanci u okolinu može da dodje do gradjenja sekundarnih zagadjujućih materija koje se nalaze u procesu proizvodnje (nastaju spontanim hemijskim reakcijama). Nuklearni i hemijski udesi u transportu su vezani za železnički, drumski, vodeni (rečni, pomorski, prekookeanski) i vazdušni transport. Jedan od načina transporta opasnih materija može biti primenom pneumatskog transporta kapsulama (cevovodima).

Upravljanje organizacionim promenama u uslovima turbulentnog okruženja i u konfliktnim situacijama jedan je od najznačajnijih zadataka sa kojima se najviši organi zemlje danas susreću. Savremeno odlučivanje se odvija u uslovima tesnih vremenskih termina i sa nedovoljno pouzdanim podacima. To su okolnosti visokog rizika. Potrebno je pronaći načine za brže, lakše i kvalitetnije donošenje odluka po metodologiji *O3-otkri, odluči, uništi*. Osposobljavanje rukovodioca za ispravno i pravovremeno reagovanje pri rešavanju složenih problema i donošenju značajnih upravljačkih odluka stvar je znanja, iskustva i treninga. Nuklearni terorizam, namerno izazvan, spada u „tiha i podmukla“ oružja, kojima se vodi rat bez velikog razaranja, ali sa izrazito izraženim radioaktivnim efektima i teškim posledicama po stanovništvo. Za smanjenje efekata i posledica ove primene, neophodno je poznavanje mehanizma i efekata nuklearnog dejstva i visoka organizacija zaštite u sistemu bezbednosti.

1. HAVARIJE U TRANSPORTNOM SAOBRAĆAJU

Karakteristika havarija u železničkom transportu je nemogućnost saznavanja vremena kada će se desiti. Medjutim, drugu karakteristiku - mesto na kome se može desiti, samo orijentaciono znamo. Pri kretanju voza odgovarajućom trasom u svakom momentu imamo promenu koordinata one tačke u kojoj se nalazi kompozicija. Ako za jednu od dimenzija ove tačke uzmemo dužinu kompozicije kao bitnu, onda broj tačaka na dužini trase od samo 10 km oko 20, a na dužini od više 100 - 1000 km veoma veliki. Kretanjem voza menja se tačka havarije sa njegovim položajem. Zato je znamo samo orijentaciono – negde na trasi. Treću karakteristiku znamo delimično, na osnovu unapred ugovorenih vrsta hemijskih jedinjenja i količina za prevoz, odnosno iskustveno na osnovu izvršenog prevoza u prethodnom razdoblju. Ono što čini posebnu specifičnost je mogućnost različitog sadržaja hemijskih supstanci u kompoziciji, što zavisi od niza uslova .

Veliki broj mogućih tačaka havarije praćen je raznovrsnim njihovim karakteristikama. Tačka havarije može se nalaziti na poljoprivrednom zemljištu, u ravnici, na livadi, u brdskom kraju, kanjonu, na mostu, u naselju, u tunelu... Zbog ovoga i posledice havarije mogu biti različite. Ovome treba pridodati kao karakteristiku i pristupačnost tački. Ona može biti teško pristupačna (na planinskom useku, u šumovitom predelu) ili lako pristupačna (u naselju, na raskršću). Ove karakteristike tačaka znatno otežavaju mere za uklanjanje posledica, nastalog pri havarijama u transportu. Kada se razmatraju posledice hemijskog zagadjenja pri havarijama možemo ih svrstati u dve grupe. Prvu grupu čine akutne posledice, koje izazivaju neposredno smrt ili teška i laka povredjivanja ljudi, razlivanje i širenje hemijskih supstanci u okolinu, sa mogućim hemijskim reakcijama i sagorevanjima stvarajući zone visokog rizika. Drugu grupu posledica čine one koje izaziva prisustvo zagadjujućih supstanci na površini zemljišta, odakle postupno prodiru na veće površine, u dublje slojeve zemlje dospavajući i do vodonosnih slojeva. Posebnu opasnost čini zagadjivanje vodonosnih slojeva koja čine izvorišta pijaćih voda i vode za tehničku upotrebu.



Slika 1. Efikasna zaštita i uklanjanje posledica

Naznačene grupe posledica kontaminacije zahtevaju dva sistema za zaustavljanje i uklanjanje posledica. Prvi mora da bude sistem hitnih intervencija (izvlačenje unesrećenih ljudi, zaustavljanje izlivanja hemijskih supstanci, gašenje požara, zaustavljanje širenja daljeg razaranja i primarna neutralizacija izlivenih supstanci). Ono što je bitno, ovaj sistem treba da

počne da deluje u što kraćem vremenu i što smišljenije. Sigurno je jedno da u vremenu od nastanka havarije do početka intervencije postoji mrtvo vreme, tj. ono u kome se odvijaju određeni procesi i nastaju posledice. Ovo znači da ne postoji apsolutna sigurnost da posledica havarije neće biti, ali će brzina intervencije znatno uticati na intenzitet posledica.

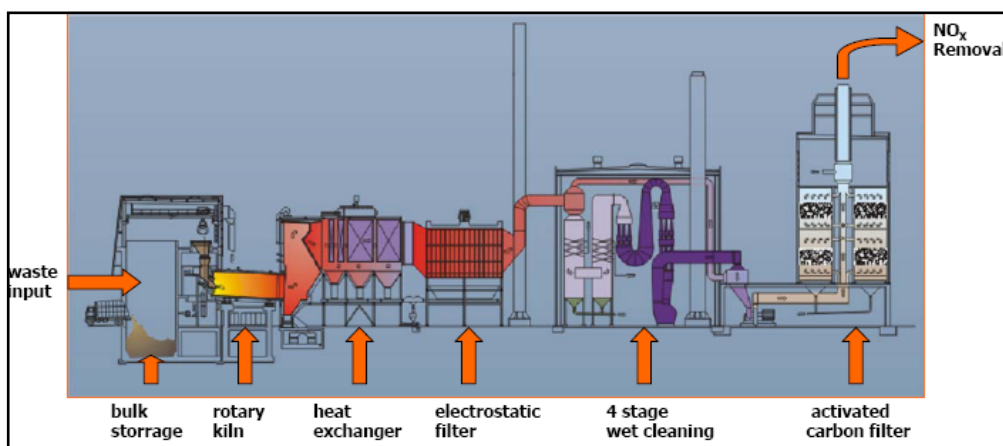
2. OBEZBEDENJE OD UDESA U TRANSPORTU

Sagledavanjem svih elemenata procene potencijalnog udesa i međusobnog uticaja izvodi se zaključak na osnovu kojeg se planira i izvodi obezbedjenje od NHB udesa (reguliše se naredjenjem komandanta garnizona-erodroma – sidrišta, u saradnji sa licima lokalne vlasti). Za efikasan odgovor na udes, u sadašnjim uslovima, neophodno je u okviru organizacijsko formacijskih promena i dogradnje definisati i formirati snage za izvršavanje specijalističkih zadataka u okviru obezbedjenja - zaštite životne sredine.

Rešenje treba tražiti u okviru usavršavanja postojećeg sistema ABHO, odnosno njihovih podsistema. Potrebna je, takodje modernizacija sredstava i opreme, naročito za uslove obezbedjenja - zaštite od NHB udesa. Isto tako, potrebno je osposobljavanje kadra, koji će biti u mogućnosti da efikasno odgovori na udes u miru i ratu.

Uredba o prevozu štetnih i opasnih materija bliže propisuje uslove i način obavljanja prevoza u javnom saobraćaju i način nadzora ovog prevoza. Opasne materije, u smislu ove uredbe, jesu materije propisane Evropskim sporazumom o međunarodnom prevozu u drumskom saobraćaju (ADR) i Međunarodnim pravilnikom o prevozu na železnicama (RID). Prevoz opasnih materija, u smislu ove uredbe, obuhvata pakovanje, predaju opasnih materija na prevoz, vršenje prevoza opasnih materija, isporuku opasnih materija, mere koje se moraju preduzeti u pripremi opasnih materija za prevoz pri pakovanju, utovaru, istovaru, vaganju, utakanju, pretakanju, istakanju i drugim usputnim manipulacijama sa opasnim materijama, kao i primopredaja transportnih sredstava.

U nizu aktivnosti koje čine sastavni deo životne sredine, procena rizika je strateška metoda tj. kompleksna procedura koja na neposredan način opisuje svu težinu problema ugrožene životne sredine i nastale posledice. Procena rizika obuhvata takodje i analizu izloženosti jedinke, ili određene populacije, tokom proteklog vremena, zatim analizu vrste i stepena negativnih uticaja po zdravlje i procenu mogućih posledica u budućnosti za određene uslove izloženosti.



Slika 2. Tretman opasnih sredstava u toku prerade transporta

Analiza i procena rizika obuhvata:

- sakupljanje podataka i obradu (ovu grupu čini prepoznavanje ugrožene populacije, odnosno regiona i opasne supstance tj. hazardal);
- procenu izloženosti (odnosi se na analizu stepena izloženosti ili populacije opasnoj supstanci uz određivanje vremena pri određenoj dozi);
- ocenu štetnosti i toksičnosti (kvalitativna i kvantitativna određivanja toksičnih supstanci uz primenu proverenih analitičkih metoda i postupaka);
- karakterizaciju rizika (prepoznavanje vrste rizika koji izaziva štetna supstanca i nivoa pouzdanosti tokom karakterizacije rizika);
- upravljanje i sanaciju rizika (faza koja sledi nakon procene rizika je upravljanje i sanacija rizika).

3. PRORAČUN RASPROSTIRANJA KONTAMINACIJE

U zoni hemijskog udesa, u zavisnosti od uslova nastanka i fizičko-hemijskih karakteristika toksikanata, primarni oblak nastaje oslobadjanjem para i aerosola (usled eksplozije, požara, slobodne turbulencije ili isticanjem tečnosti), posle čega (uticajem meteo faktora) se rasprostire na određenu daljinu. Kontaminanti u atmosferi, zemljištu i objektima najčešće nisu pristupačni ljudskim čulima, mada detekcija može biti uz pomoć instrumentalne tehnike i vizuelnim otkrivanjem i ona mora biti pravovremeno i kvalitetno sprovedena. Zbog toga se postavlja pitanje: *Nakon udesa, koliko ima vremena da se otkrije i prikupe odgovarajući parametri, da bi se preduzele mere zaštite i uklanjanja posledica?*

Vreme otkrivanja opasnosti može se izračunati uz pomoć jednačine:

$$T = D / V_v \cdot 60(\text{min})$$

D - udaljenost od objekta gde može doći do udesa

V_v - brzina vetra kojim kontaminirani oblak stiže do određenog mesta

U svakom slučaju, može se zaključiti da je vreme za uzbunjivanje ljudstva veoma kratko, pogotovo ako se radi o visokotoksičnim jedinjenjima. Mere hemijske zaštite moraju se preduzeti u što kraćem vremenskom roku, kao i sama evakuacija.

Proračun sigurnosih odstojanja može se izvršiti uz:

a) Poluempirijski prilaz:

$$L = C^3 \sqrt{M}$$

M - masa supstance supstance i meteo uslova)

C - konstanta (zavisi od prirode toksične

L - poluprečnik opasnosti

b) Proračun na bazi Gaus-ove raspodele;

c) Prilaz koji se zasniva na korišćenju nomograma, a ima za osnovu "Puff" model;

d) Model OME (Ministry of Environment);

e) Matematički model za prognozu KonA;

f) Proračun opasnosti po Lajtnerovoj formuli;

g) Proračun sigurnosni po modelu Sladea.

Model Slade-a može se iskoristiti za proračun sigurnosnih odstojanja prema programu koji je uradio Pasivirta.

U tom modelu koristi se adekvatan izraz za tri stanja atmosfere: neutralno (izotermija), nestabilno (konvekcija) i stabilno (inverzija). Stanje atmosfere određuje se na osnovu vrednosti koeficijenta e :

$$e = \frac{Dt}{v^2}$$

v - brzina vetra

Dt - temperaturni gradijent

e - stepen vertikalne stabilnosti vazduha

Ukoliko je vrednost e manja od -0,1 stanje atmosfere je stabilno, za vrednosti veće od 0,1 nestabilno, dok je između te dve vrednosti neutralno.

Proračun sigurnosnih odstojanja po Slade-u:

$$C_h = \frac{2 \cdot B_h \cdot 1000}{pM_h \cdot M_z \cdot v \cdot D}$$

C_h - koncentracija

B_t - količina toksičnog gasa

M_h, M_z - difuzioni koeficijenti

v - brzina vetra

D - toksična doza

h - sigurnosno odstojanje

$$Dx = \frac{\log(Ch)}{2 - N}$$

h - sigurnosno odstojanje od centra udesa

Trajanje opasnog dejstva primarnog i naknadnog oblaka izračunava se prema obrascu:

$$T = \left(\frac{L^2 + 8 \cdot K_o \cdot t}{v} \right) \cdot 0,5h$$

v - brzina vetra

T - vreme trajanja KonA

L - dubina oblaka

K_o - koeficijent

t - vreme proteklo od nastanka KonA

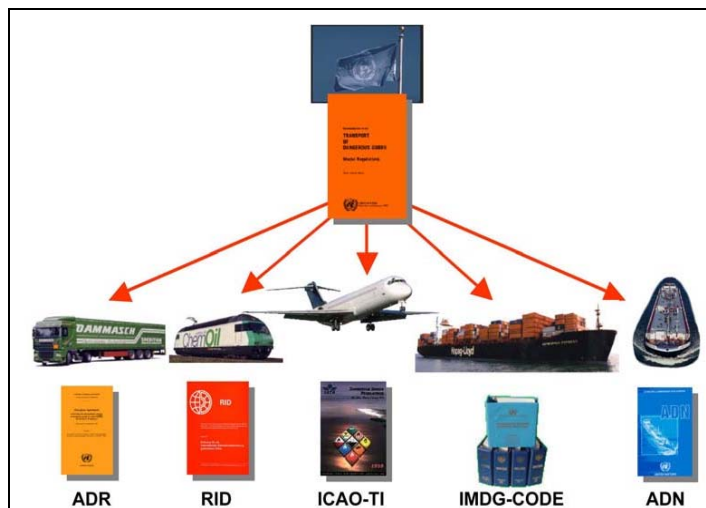
4. PRAVNI ASPEKTI TRANSPORTA

Od posebnog značaja da se stručnim osposobljavanjem svih lica su sa njima u kontaktu, mogućnost nastajnja nezgoda, svede na najmanju moguću meru. Evropski sporazum o međunarodnom drumskom prevozu opasnih roba – ADR (European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road), potpisan je u Ženevi 30.09.1957. godine i države potpisnice imaju obavezu da svoje nacionalne propise iz ove oblasti prilagode ovom sporazumu, s tim da ostapanja od sporazuma, ako postoje, ne mogu biti sa blažim kriterijumom.

U Srbiji se primenjuje Zakon o prevozu opasnih materija (Službeni glasnik 27/90), Uredba Vlade republike Srbije o prevozu opasnih materija (Službeni glasnik 53/02) kao i ADR, pri prevozu opasnih materija, kako za domaći, tako i za međunarodni transport.

Opasnim materijama smatraju se i sirovine od kojih se proizvode opasne materije i čvrst otpad - ako imaju osobine tih materija. Među opasne lokacije u Republici Srbiji, gde se proizvodi, lageruje i transportuju opasne materije spadaju:

- Pančevo (Rafinerija-naftni proizvodi, Azotara-đubrivo, Petrohemija-petrohemijski preparati);
- Beograd (Prva iskra Barič-hemijski i vojni proizvodi);
- Subotica (Zorka-Holding-đubrivo i neorganske kiseline, Azotara-tečni azot i kompleksna đubriva);
- Šabac (Zorka-đubriva i pesticidi);
- Kruševac (TRAYAL-eksplozivi, ŽUPA-hlor i pesticidi) itd.



Slika 3. Sporazumi za prevoz opasnih tereta

Uverenje i sertifikat važe 12 meseci, nakon čega vozilo ponovo treba da ide na proveru. Naši ADR sertifikati za vozila se priznaju i u inostranstvu. Prevozom opasnih materija mogu da se bave samo preduzeća i preduzetnici kojima je to delatnost. Za prevoz nekih klasa opasnih materija obavezno je imati dozvolu, i to za svaki pojedinačni prevoz. Dozvole za prevoz materija klase 1 (eksplozivne materije) izdaje MUP, tačnije Uprava protivpožarne policije. Za klasu 6 (otrovi i infektivne materije), dozvole izdaje Ministarstvo za kapitalne investicije. Za radioaktivne materije je nadležno Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine. Dozvole sadrže sve bitne podatke o prevozu, kao što su vrsta i količina tereta, registarski broj vozila, ime vozača i pratioca, trasa i vreme kada će se prevoz obaviti. Svaku promenu bilo kojeg od ovih podataka treba blagovremeno prijaviti organu koji je izdao dozvolu, jer u protivnom ona gubi važnost. Za materije klase 2, 3, 4, 5, 8 i 9 nisu potrebne posebne dozvole, osim ako one nemaju osobine zbog kojih se mogu svrstati i u klase 1, 6 ili 7. Tako je, na primer, hlor, kao gas, svrstan u klasu 2 (gasovi), ali pošto je otrovan, za nega je potrebna dozvola kao i za materije klase 6. U svakom slučaju, i kada za transport neke opasne materije nije potrebna dozvola, obavezno je pridržavati se svih propisanih pravila. Za vozila koja prevoze opasne materije, osim opštih pravila saobraćaja, važe i neka posebna. Jedno od njih je da je brzina kretanja ograničena na 80 odsto od dozvoljene brzine za druga vozila i da, u svakom slučaju, ne sme da bude veća od 70 km/h, a pri prevozu otrova - od 60 km/h. Vozilo ne treba da se zaustavlja ako za to nema stvarnog razloga, a ako se zaustavi - treba da bude postavljeno tako da ne ugrožava bezbednost. Zavisno od vrste materije, postoje i tačno određena pravila za parkiranje, pa se, na primer, vozilo sa eksplozivom ne sme ostaviti bez nadzora.

Propisima o prevozu je određeno i kako se kojom materijom rukuje pri utovaru i istovaru. Većina opasnih materija se može utovarati i istovarati samo na posebno pripremljenim punktovima, i prema striktno određenoj proceduri, koja, na primer, podrazumeva povezivanje vozila sa uzemljenjem, kako ne bi došlo do varničenja zbog statičkog elektriciteta. Kod nekih vozila, recimo, pri utovaru i istovaru zapaljivih tečnosti i gasova ne sme da radi grejač kabine. Posle istovara velikog broja opasnih materija, obavezno je čišćenje tovarnog prostora. Za svaki prevoz opasne materije pravi se i plan za slučaj nesreće. Ako do nesreće dođe, vozač treba da postupi prema tom uputstvu, a jedno od osnovnih pravila je da što pre o nesreći obavesti policiju. Propisima je određeno da ministarstvo koje izdaje potvrdu o prevozu opasne materije može da propiše i dodatne mere bezbednosti. Najčešće je to pratnja i precizno određena trasa kretanja. Kada je reč o obezbeđenju, to jest čuvanju tovora, pratnja može da bude policijska, ili poverena nekoj specijalizovanoj firmi, a u nekim slučajevima sa određuje i prateće vozilo se ekipom za pomoć u slučaju nesreće. Trasa kretanja se i inače navodi u dozvolama za prevoz, ali bez detalja, tako da su obično navedeni samo gradovi preko kojih se obavlja transport. Posebnim merama se može detaljno propisati trasa kretanja, kako opasan teret ne bi prolazio kroz naseljena područja ili područja sa velikim rizikom po prirodu. Za sada kod nas ne postoji mapa koja određuje kojim putevima mogu a kojima ne mogu da se prevoze opasne materije. Jedino ograničenje te vrste postoji na deonicama puteva kojima se, zbog mogućnosti zagađenja vode, ne smeju kretati cisterne. Ovakvi putevi su obeleženi posebnim saobraćajnim znakom. Uredba o prevozu

opasnih materija obavezuje vlasnika robe da posebno osigura opasnu materiju za slučaj štete pricinjene trećim licima. Propisano je i da osiguranje mora da obuhvati troškove sanacije posledica nastalih nesrećom.



Slika 4. Dokumentacija za prekogranični prevoz opasnih materija

5. MODEL INTEGRISANOG SISTEMA MONITORINGA

Bezbedan transport opasnih materija duž Koridora X podrazumeva ispunjenost sledećih osnovnih zahteva na celom evropskom prostoru, pa i u našoj zemlji:

- jedinstveno definisanje i usaglašenost regulative na svim nivoima;
- izvršenu identifikaciju i karakterizaciju opasne robe koja se transportuje (posedovanje bezbednosne liste podataka);
- kvalitetnu saobraćajnu infrastrukturu;
- kvalitetna transportna sredstva;
- monitoring stanja bezbednosti životne sredine i ljudske bezbednosti pre početka transporta opasnih roba i
- praćenje transporta robe u realnom vremenu i prostoru.

Usaglašavanje propisa Evropske Unije vrši se u domenu društvene ravni (harmonizacijom regulative od lokalnog i nacionalnog do regionalnog nivoa) i u domenu naučno-tehničke ravni (unifikacijom tehničkih standarda) na celom prostoru duž pomenutog koridora. Na taj način se gradi osnova i za kvalitetnu komunikaciju između svih učesnika u prometu opasnih materija. Za pružanje kvalitetnih informacija o karakteristikama opasnih materija razvija se (u okviru projekta) odgovarajući originalni algoritam za elektronsku karticu za multimodalni saobraćaj (bezbednosna lista podataka), tako da će biti stvoreni uslovi za adekvatna hardversko-softverska rešenja za jednostavan prelazak iz jednog vida saobraćaja u drugi.

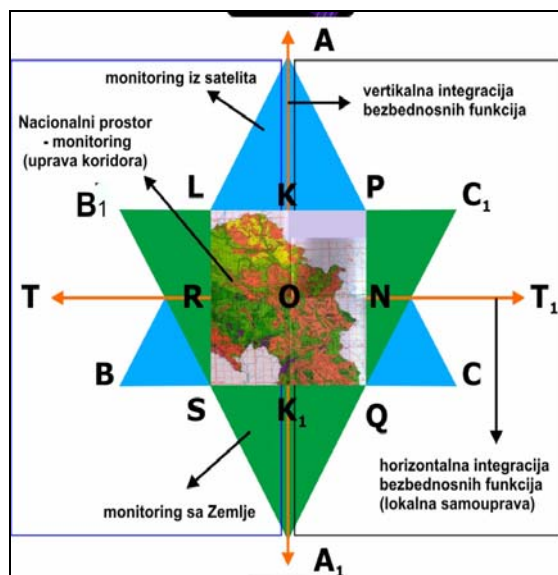
velike važnosti za bezbedan transport je i kvalitet samog sadržaja informacija koje se razmenjuju između privrednih subjekata i lokalne samouprave, kao i informacija dobijenih monitoringom postojećeg stanja ljudske bezbednosti i bezbednosti životne sredine u zoni uticaja na Koridoru X. Kvalitetno praćenje transporta robe u realnom vremenu i prostoru, kao i razvoja vanredne situacije posle akcidenta na pruži, moguće je samo u slučaju uspostavljanja i funkcionisanja jedinstvenog sistema monitoringa, koordinacije i informisanja, odnosno uspostavljanja horizontalne integracije bezbednosnih funkcija (između lokalne samouprave i saobraćajnog sistema) i vertikalne integracije istih funkcija (usklađenosti svih aktivnosti od polazne do dolazne tačke robe na koridoru). Iz navedenih razloga neophodno je da se na evropskom prostoru integrišu aktivnosti monitoringa i informisanja radi globalnog odgovora u vanrednim situacijama. U okviru pomenutog projekta razvijen je originalan model integrisanog sistema monitoringa i informisanja na Koridoru X (usaglašenog sa nacionalnim sistemima monitoringa i informisanja, prikazanih simbolično na slici presekom duži AA₁ i TT₁ ("krstom")).

Vertikalna linija «krsta» označava globalni sistem monitoringa i informisanja, zasnovan na legislativi EU a horizontalna linija predstavlja projekciju legislativne EU na nacionalni prostor i njenu dalju primenu unutar nacionalnog prostora (harmonizacija u domenu proizvodnog i javnog sektora). Za nas je primarno da se ovaj model harmonizacije dosledno primeni na Koridoru X, radi njegovog efikasnog funkcionisanja.

Smer A-A₁ vertikalne linije označava regulativne mere EU i njihov uticaj na nacionalnu regulativu a u suprotnom smeru A₁-A deluje nacionalna regulativa svake pojedine države duž Koridora X.

Regulativne mere EU obuhvataju obaveze država i obaveze privrednih i drugih subjekata unutar država. Preciznije, regulativne mere se mogu posmatrati kroz: različite restrikcije, zabrane, ograničenja, standarde (procesa, proizvoda, emisija, kvaliteta, najbolje raspoložive tehnologije i najbolje prakse u životnoj sredini), sistem dozvola i licenci, procenu uticaja na životnu sredinu, set ekonomskih instrumenata (takse, porezi, krediti, osiguranje, depoziti, tzv. ekološka taksa) i mehanizme javnog učešća u aktivnostima vezanim za bezbednost životne sredine i ljudske bezbednosti.

Horizontalna linija «krsta» (duž T-T₁) označava rezultantu usaglašenosti nacionalne regulative sa regulativom EU u određenoj oblasti. Smer T-T₁ ove duži označava uticaj regulative privrednih sistema na regulativu okruženja (lokalne zajednice); dok smer T₁-T duži odgovara povratnom uticaju regulative lokalne zajednice na regulativu privrednih sistema. Rezultat međusobnog uticaja treba da dovede do neophodnog usaglašavanja i ažuriranja regulative u okviru oba sistema u sferi procene rizika, a u cilju definisanja nivoa prihvatljivog rizika i preraspodele njihove odgovornosti u odgovoru na vanredne situacije.



Slika 5. Model integrisanih sistema monitoringa

Rezultat međusobnog uticaja treba da dovede do:

- neophodnog usaglašavanja i ažuriranja regulative u okviru oba sistema u sferi procene rizika,
- definisanja nivoa prihvatljivog rizika i
- preraspodele njihove odgovornosti u odgovoru na vanredne situacije.

Usaglašenost globalnog i nacionalnog monitoringa (odnos mikro i makro sistema monitoringa i informisanja) može simbolično da se prikaze površinom u obliku "zvezde" sa slike. Površinama trouglova, obuhvaćenih "zvezdom", dat je presek informacija u oblasti monitoringa dobijenih osmatranjem iz satelita (trougao ABC) i sa zemlje (trougao $A_1B_1C_1$). Šematski prikaz daje sliku "zvezde" baziranu na postulatima indijske filosofije: "oko" odozgo i "oko" odozdo. Efikasna zona monitoringa definisana je prostorom LPSQ, u okviru kojeg se nalaze relevantne informacije o ključnim parametrima za formiranje Procene stanja na terenu u realnom vremenu i prostoru. Tako dobijeni podaci za monitoring, usaglašeni sa legislativom, daju osnovu za kvalitetnu komunikaciju i koordinaciju u okviru multifunkcionalne platforme UN za procenu i preventivno delovanje u vanrednim situacijama.

Originalna šema sa slike 1 je osnova za dobijanje relevantnih informacija iz aspekta tehničkih mogućnosti i propisanih normi na nivou EU (duž $A-A_1$) i informacija na nacionalnom nivou (duž $T-T_1$). Tačka A na slici simbolizuje globalni satelitski sistem (GSS) "Galileo", izvor informacija iz svemira (tzv. "oko" odozgo). Tačka A_1 simbolizuje stalnu tačku posmatrača sa zemlje u konkretnom slučaju globalni pozicioni sistem (GPS), kao izvor relevantnih informacija sa zemlje (tzv. «oko» odozdo). Skup informacija dobijenih pomoću satelita (opisan trouglom ABC), kao i skup informacija dobijenih od «posmatrača» sa zemlje (opisan trouglom $A_1B_1C_1$), pojedinačno ne daju dovoljno pouzdane podatke za procenu rizika. Relevantni podaci za ovu svrhu na nacionalnom nivou dobijaju se u preseku trouglova informacija oba sistema, tj. u okviru figure LPSQ.

Pri tome, deo informacija, definisan figurom $KLSK_1$ koriste privredni sistemi za definisanje svojih obaveza i aktivnosti, pri čemu je presudan uticaj propisa međunarodne zajednice, sveden na informacije iz figure KLRO.

Dominantan uticaj nacionalne regulative na privredne sisteme opisan je figurom K_1SRO . Optimalne informacije za ove sisteme nalaze se na duži RO. Informacije, obuhvaćene trouglom LB_1T dobijena su posmatranjem odozdo, ali u redovnoj komunikaciji sa susednim zemljama i mogu da se koriste za potrebe susednih nacionalnih privrednih sistema. Informacije u okviru trougla SBT dobijene su posmatranjem «odozgo» iz satelita, stoje na raspolaganju nacionalnim privrednim sistemima i koriste se po potrebi. Informacije iz trougla LTR dobijaju se na inicijativu nacionalnih privrednih sistema (u okviru posmatranja odozgo) u cilju usklađivanja domaće zakonske regulative sa regulativom EU u sektoru saobraćaja. Informacije iz trougla STR nastaju inicijativom međunarodne zajednice u domenu privrede (u okviru posmatranja odozgo), u cilju postizanja veće kompatibilnosti privrednih sistema na globalnom nivou (u ovom slučaju na Koridoru X). Duž TR odgovara informacijama po osnovu bilateralnih sporazuma privrednih sistema naše zemlje i susednih zemalja.

Informacije iz trougla KAL odgovaraju globalnim informacijama (krajnje uopštenim), dobijenim posmatranjem "odozgo", koje mogu da budu relevantne za optimalno funkcionisanje svih privrednih sistema uopšte. Informacije iz trougla K_1A_1S , dobijene posmatranjem "odozdo", po svom obimu i značaju ne moraju da budu relevantne za privredne sisteme uopšte.

Desna strana "zvezde" (desno od duži AA_1) se odnosi na informacije koje se koriste u administrativnom nacionalnom prostoru (prema subteritorijalnoj podeli i hijerarhiji jedinica lokalne samouprave).

Sva objašnjenja za pojedine figure "zvezde" sa desne strane su analogna objašnjenjima predočenim za figure leve strane zvezde ali se posmatraju isključivo iz ugla informacija koje su relevantne za lokalne administrativne uprave.

Duž OT_1 simbolizuje zakonsku regulativu lokalnih zajednica analogno značenju koje ima duž OT za privredne sisteme.

Optimalne informacije jedinstvenog sistema monitoringa, koordinacije i informisanja nalaze se radialno oko tačke O i služe za valjanu Procenu stanja i planiranja aktivnosti. Na osnovu Procene planira se integrisani sistem prevencija rizika i adekvatan odgovor na ugroženom prostoru.

Razvijeni model u proceni rizika doprinosi :

- jedinstvenom prikazu međusobnih odnosa podataka i informacija relevantnih za dobru koordinaciju pri izradi Procene i odgovarajućih algoritama;
- shvatanju značaja razvoja bezbednosne liste podataka za svaku opasnu materiju, u skladu sa predloženom metodologijom UN i EU;
- razvoju novog automatskog mobilnog sistema i potrebe njegove široke primene duž Koridora X radi kvalitetnijeg monitoringa relevantnih parametara sa zemlje i odgovora na akcidentne situacije;
- većem stepenu bezbednosti životne sredine i ljudske bezbednosti na nacionalnom odsečku Koridora X;
- bržem stvaranju neophodnih uslova za kvalitetnu komunikaciju između svih učesnika u promptu opasnih materija.

Pomenuti model uvažava i načelo tržišnog pristupa u uslovima uravnoteženog razvoja time što ukazuje na značaj jačanja privatnog (proizvodnog) i javnog partnerstva u kojem se efikasnost privatnog i kontrola javnog sektora dopunjuju na najbolji mogući način. Takođe, model bi trebao da doprinese stvaranju neophodnih uslova za brzu regionalnu integraciju u transportni sistem Jugoistočne Evrope i ulazak u članstvo EU.



Slika 6. Hemijska dekontaminacija ljudi

7. UPRAVLJANJE KRIZAMA U TRANSPORTU

U okviru menadžmenta u transportu štetnih i opasnih materija i tereta postavlja se više pitanja kao:

Šta obuhvata upravljanje krizama?

Upravljanje krizama, u uslovima NHB opasnosti, obuhvata:

- aktiviranje odbrambenih i spasilačkih planova, za koje je odgovorna država na nacionalnom, regionalnom i lokalnom nivou vlasti;
- primena planova bezbednosti i spasilačkih planova, u okviru nadležnosti vlasti.

Upravljanje posle krize obuhvata:

- vraćanje na normalne uslove života i rada;
- povratne informacije.

Kako reagovati u takvim situacijama?

Sigurno je da u ovim vrstama opasnosti postoji efikasan odgovor: od klasičnih mera bezbednosti koje preduzimaju građani i ustanove (MUP, Vojska, agencije za bezbednost) pa do aktiviranja nadležnih specijalizovanih ustanova i jedinica, posebno opremljenih za preduzimanje efikasnih mera u slučajevima NHB udesa u miru (jedinice ABHO, sanitetske i jedinice civilne odbrane i zaštite).



Slika 7. Plan obezbedjenja od NHB udesa

Kako se boriti protiv terorizma?

U slučajevima kada nisu bili identifikovani uzroci a vršena kažnjavanja i zabrane, terorizam umesto da je bio suzbijan, on je samo menjao svoje pojmovne oblike. Na suprostavljanju terorističkim grupama i organizacijama organi državne zajednice ne mogu pored preventivnih i represivnih mera isključiti i svoju borbenu funkciju. Borbu sa terorističkim grupama vode jedinice po etapama koje su povezane i izvode se u kontinuitetu. Ove aktivnosti izvode posebne jedinice U okviru organizacije obezbeđenja potrebno je obezbediti valjanu procenu stanja mogućih bioloških posledica.

Kako informisati javnost?

Zaštita od nuklearnog terorizma je deo obezbeđenja u okviru jedinstvenog sistema ABHO i obuhvata procenu i prognozu situacije, monitoring, zaštitu i uklanjanje posledica. Organizacija obezbeđenja uslovljena je zakonskom regulativom, preventivnim merama, ranim otkrivanjem udesa, sprečavanjem posledica i efikasnom uklanjanju posledica. Osnovni subjekti planiranja i organizacije nuklearne zaštite su organi vlasti, preduzeća, ustanove, resorna ministarstva, Vojska, MUP, naučno-istraživačke ustanove, visoko-školske ustanove, Civilna odbrana i zaštita. Sistem obezbeđenja započinje funkcionisanjem procene, praćenjem i utvrđivanjem vanrednog događaja.

To može biti direktnim javljanjem iz preduzeća-ustanove, okruga, opštine (kad se udes desi u zemlji) ili na osnovu kompaktnog monitoringa (kada se udes desi u inostranstvu). Ova informacija treba da stigne do nadležnih organa (radi donošenja adekvatne odluke). Kada se aktivira rad Komisije za zaštitu od jonizujućeg zračenja, na republičkom nivou, kojoj se stavljaju na raspolaganje sve do tada poznate činjenice o udesu, komisija utvrđuje karakteristike udesa i predlaže dalje mere nadležnim organima.

Ko su učesnici planiranja prevencije?

U izradi plana učestvuju nadležni državni organi, naučno-istraživačke ustanove, istraživačko-razvojne jedinice i druge ustanove i instituti zemlje, preduzeća, kordinacioni timovi viših komanda VSCG, stručni organi rodova i službi, ustanove Ministarstva odbrane i Vojske (VTI, TOC, VMA, CUK ABHO, zavodi za preventivnu medicinu...). Planom se obuhvataju svi bitni sadržaji od interesa za organizaciju obezbeđenja, kojima se stvaraju uslovi za život i rad, očuvanje gotovosti i radne aktivnosti i mogućnosti intervencije u udesnim situacijama i terorističkim akcijama.

8. CENTRI ZA PREVENTIVNE ZDRAVSTVENE USLUGE

Centar za prevenciju podrazumeva nov organizacioni koncept obezbeđenja preventivnih i zdravstveno promotivnih aktivnosti i intervencija, u cilju unapređenja rada na prevenciji rizika po zdravlje i pojave pre svega, kardiovaskularnih oboljenja, malignih bolesti i dijabetesa.

Centar obuhvata sledeće četiri jedinice:

- Resursna - edukativno – koordinativna jedinica,
- Preventivno – savetovanišna jedinica,
- Mobilna jedinica,
- Telefonsko savetovanište.

Prijem u Preventivno-savetovanišnu jedinicu Centra (ambulantu) se zakazuje na poziv korisnika, čime se omogućava pravo na pregled u tačno zakazano vreme, bez čekanja, popunjavanje preventivne karte- instrumenta koji se koristi u radu Centra (popunjavaju ga lekar i medicinska sestra Centra), osnovni pregledi-uzimanje anamneze, fizikalni pregled, kontrolu krvnog pritiska, određivanje BMI, nivoa šećera u krvi i lipidnog statusa.

Rad mobilne jedinice se bazira na radu tima zdravstvenih radnika i saradnika na terenu. Osnovne aktivnosti su zdravstveno vaspitni rad i promocija zdravih stilova života, informisanje o radu ambulante za preventivne preglede zdrave populacije odraslog stanovništva u domu zdravlja, laboratorijske procedure na terenu-utvrđivanje nivoa šećera, holesterola i triglicerida u krvi i zdravstveno vaspitni rad kroz individualno ili grupno savetovanje.

Edukativno–resursna jedinica Centra obezbeđuje kontinuirano informisanje zaposlenih u domu zdravlja o novim trendovima u radu na prevenciji, a posebno kada su u pitanju saobraćajne nezgode, kao ovde u transportu opasnih materija i faktori rizika za razna oboljenja. Ona obaveštava i o metodama i veštinama promocije zdravlja, prema preporukama Ministarstva zdravlja.



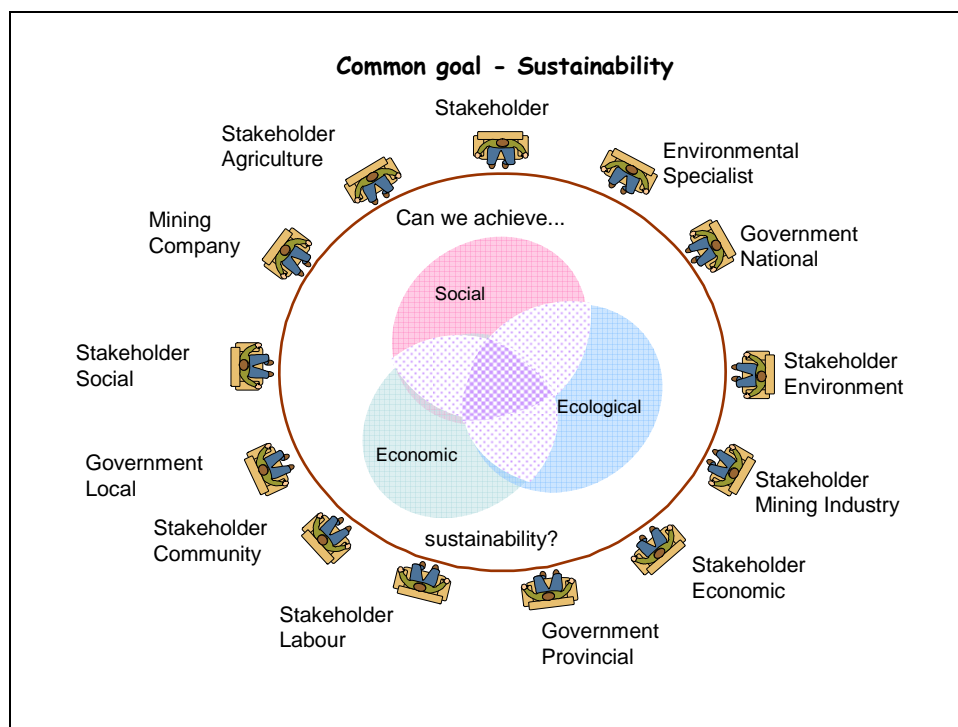
Slika 8. Centri za preventivno zdravstvo

ZAKLJUČAK

Veliki rizici u proizvodnji, transportu, skladištenju i korišćenju opasnih i štetnih materija leži u mogućnostima NHB udesa u miru, neposredne ratne opasnosti i ratu. U ovom radu razmatrane su moguće havarije u drumskom i železničkom transportu opasnih materija, prikazani su primeri posledica i predlog mera za obezbedjenje od udesa i zaštitu životne sredine.

Obzirom na sve učestalije rizične-vanredne događaje kod nas, u okruženju i svetu, neophodan je razvoj i implementacija novih metoda, tehnika i instrumenata za monitoring i upravljanje NHB rizikom. Pojava i razvoj vanrednih događaja uslovljeni su iznenadnim, nepredvidivim i neočekivanim okolnostima visokih rizika, pa se često zbog toga ne mogu analizirati i rešavati na osnovu prethodnih iskustava. neophodna je procena i prognoza na osnovama naučnih saznanja uz stalno razvijanje novih programskih platformi, operativnih planova i savremene informatičke podrške. U ovom radu prikazan je originalan model koji na kvalitetan način pokazuje uzajamnu vezu relevantnih podataka dobijenih makro-monitoringom iz satelita (Galileo) i mikro-monitoringom sa zemlje (pomoću mobilnog sistema), kao i preklapanjem informacija na globalnom, regionalnom, nacionalnom i lokalnom nivou. Model je od značaja za sagledavanje aktuelnog stanja ljudske bezbednosti i zaštite životne sredine u uslovima pre početka i pri praćenju transporta i u uslovima mogućeg akcidenta u realnom vremenu i prostoru.

U pogledu sprovođenja prekograničnog transporta opasnih materija, može se reći da posebno mesto ima Bazelska konvencija o prekograničnom kretanju opasnih otpada i njihovom odlaganju (Series/SBC No 94/004, UNEP (1994), 84/63/EEC). Za primenu Bazelske konvencije relevantno je više unutrašnjih propisa. Bazelska konvencija je umnogome implementirana u nacionalno zakonodavstvo. To se pre svega odnosi na prekogranično kretanje opasnog i drugih vrsta otpada. Međutim, zaokruživanje sistema upravljanja opasnim i drugim vrstama otpada zahteva unapređivanje postojećeg zakonodavstva, preduzimanje tehničko-tehnoloških, administrativnih i drugih mera i aktivnosti u toj oblasti. Da bi broj nezgoda sa opasnim robama bio što manji ili njihova težina, potrebno je utvrditi određena pravila ponašanja svih lica koja sa njima dolaze u kontakt, ili mogu na njih da utiču na bilo koji način. Osnovni cilj je sticanja uvida u izvršavanje zadataka, odluka, uputstava, provere zakonitosti rada i preduzimanja odgovarajućih mera. Glavni problemi kod transporta opasnih materija: nepropisna i neprilagođena brzina, nepridržavanje dozvoljenog vremena upravljanja vozilom, parkiranje vozila u naseljima, ispred ugostiteljskih objekata (bez nadzora). Neophodna je bolja opremljenost i veća osposobljenost saobraćajne policije za kontrolu prevoza opasnih materija. Preporuka je da država omogući povoljne kredite preduzećima za nabavku vozila prema najvećim standardima EU, i da kretanje transporta opasnih materija bude kontrolisano. Posmatrano sa šireg stanovišta za razumevanje stanja u pogledu preuzimanja i izvršavanja međunarodnih ugovora u oblasti transporta opasnih materija, trebalo bi uvažavati brojne „objektivne“ determinante. Uvažavanjem svih relevantnih činilaca moglo bi se na realnim osnovama sagledati i razumeti trenutno stanje i predvideti mogući pravci daljih aktivnosti. Zbog svega toga izloženo stanje u pogledu sprovođenja međunarodnih obaveza u oblasti životne sredine treba shvatiti uslovno i kao proces.



LITERATURA

1. S. Jakšić, R. Biočanin. Obezbedjenje od hemijskih udesa u miru, N. glasnik 3-4/96, VIZ, Beograd, 1996.
2. I. Burton, "What happened at Mississauga", Planning emergency response system for chemical accidents, World Health Organization, Regional office for Europe, Copenhagen, 1981.
3. Biočanin R., Veselinović D., Božović – Simić S.: Uklanjanje posledica hemijskih udesa u železničkom saobraćaju opasnih materija, "III seminar železničke građevinske infrastrukture", 11-13.05.2000. Zlatibor.
4. Biočanin R. Procena rizika i mere zaštite od akcidenata, "BEZBEDNOST" br.5, RMUP Srbije, Beograd, 1991.
5. Biocanin R. Protection of the human environment in case chemical accident, II regional Simposium "CHEMISTRY AND THE ENVIRONMENT" 18-22.june 2003. Krusevac.
6. McLean, A.S. Radiation Accidents, Proc. Symposium Handling of Radiation Accidents, IAEA, Vienna 1997.
7. Vukić M., Biočanin R., Urošević S. Model integrisanog sistema monitoringa i informisanja u strateškom planiranju prevencije rizika u sistemu kvaliteta, XXXIV Savetovanje sa međunarodnim učešćem „ZAŠTITA VAZDUHA 2006“, 24-25. 01. 2007. Beograd.
8. Amidžić B., Biočanin R. Nuklearni udesi-izazovi, pretnje i mere zaštite u sistemu bezbednosti, *MEDICINSKA PRAKSA* br. 28, SLD Kruševac, 2006.
9. Biočanin R. Upravljanje hemijskim rizikom i osiguranje pri transportu opasnih materija, Preventivno inženjerstvo br. 1/2002. *PREVING A.D.* Beograd, 2002.
10. Hennessy J., Patterson D., Lin H. Information Technology for Counterterrorism, The National Academic Press, USA, 2005.
11. Standardi EU, Direktive EU 98/10/EC, EU 2002/22/EC.
12. Bulatović M., *Procesni pristup u odlučivanju*, JUPITER, Zlatibor, 2006 .
13. Vukić M., Urošević S., Šećerov P. Model integrisanog sistema monitoringa i informisanja u funkciji razvoja AMS za upravljanje rizicima, INKOL, ŽID, Novi Sad, 2006.
14. Biočanin R., Špijunović K., Dobričić-Čevrljaković N. U lavirintu rizičnog društva i puta ka znanju, uz praćenje trendova u zaštiti životne sredine, XXXIII Simpozijum o operacionim istraživanjima SYM-OP-IS 2006. 03-06. oktobar 2006. Banja Koviljača.
15. Grujić V: Zdravstveno stanje, zdravstvene potrebe i korišćenje zdravstvene zaštite stanovništva u Republici Srbiji. Glasnik, Institut za zaštitu zdravlja Srbije, br. 76/ 2002.
16. Biočanin R., Amidžić B. Risk prediction during the transport of dangerous substances in environment protection, IV International conference " Research and development in mechanical industri-RaDMI 2004", 31.08.-04. 09. 2004. Zlatibor, SSG.

PROTECTION RISK PREDICTION DURING THE TRANSPORT OF DANGEROUS SUBSTANCES

Abstract: *Population growth, urbanization and transport increase lead daily to more and more considerable noise in the cities, and housing developments as well. Modern civilization has met with very the serious problem which product of industrial society, and this is the transport and warehousing of dangerous substances. Considering the importance of this problem, which is and by us all more present and possible omissions on the occasion of the transport of dangerous substances very importantly respects the determined procedure, during the transport of dangerous substances. And by accept the arrangement road happens the incident situation. The every vehicle which participates in the traffic presents the determined danger. Risk from misfortunes is much larger if has driven conveys the slave which, on case, explosive or poisonous. Also, some substance are alone along himself dangerous, on case self-combustible, so that and without traffic misfortunes can that challenge the damage and violation. Therefore exist special regulations for carriage dangerous substances, which needs that protect the safety those which carriage, other participants in the traffic and surroundings. About the seriousness this problem talks and this that he occupies United Nations, and the European agreement, named ADR, on which have been established and our regulations, in detail determines how in the road traffic are transported the dangerous substance. These regulations consist of hundreds of pages of text, and we, in the desire to come closer this complex theme, have written this work about the transport of dangerous substances. This paper analyses the effect of the road and rail transportation on the environment, also presenting certain data concerning our country and the EU that is our immediate surrounding. The emphasis of the paper is on chemical risks caused by structural failures leading to the scenarios involving pressure wave, flames, explosions and toxic contamination. So, realisation of the universal and united sistem of NBCD gives us a possibility, using modern communication equipment and very effective mobil units, to react in a real time and successfully perform monitoring, alarming, protection and decontamination.*

Key words: *human environment, traffic, risk, chemical accident, dangerous substances, transport, contamination, monitoring, protection, decontamination, mobil system.*



UPOTREBA BLUETOOTH TEHNOLOGIJA ZA NADZOR RAČUNARSKIH MREŽA I KORIŠĆENJE BLUETOOTH UREĐAJA KAO MEDIJUMA KOMUNIKACIJE I DELA PODSISTEMA ZA DONOŠENJE ODLUKA

mr. Goran Vujačić, dr. Ljubomir Lukić, Željko Marjanović¹

Rezime : U ovom radu je predstavljen jedan realizovan i testiran model upotrebe Bluetooth uređaja kao medijuma za komunikaciju u okviru sistema za nadzor i upravljanje računarskih i bežičnih mreža kao dela podsistema za donošenje odluka. Model je veoma fleksibilan za upotrebu.

1. UVOD

Bluetooth je radio standard i komunikacioni protokol koji je primarno dizajniran za malu potrošnju energije, sa kratkim dometom signala (od 1, 10 do 100m). Baziran je na jeftinim transiverskim mikročopovima. Bluetooth dozvoljava komunikaciju među uređajima koji se nalaze u dometu. Pošto uređaji koriste radio komunikacioni sistem, oni ne moraju biti u liniji jedan sa drugim (kao na primer IR uređaji), štaviše mogu se nalaziti u različitim prostorijama. Da bi uređaj bio kompatibilan za korišćenje Bluetooth protokola, on mora poštovati izvesne specifikacije, ili tzv. Bluetooth profile. Neki od ovih profila, ili modusa upotrebe su sledeći:

- Bežično kontrolisanje i komunikacija između mobilnog telefona i hands-free slušalica, odnosno headset-a
- Bežična mreža formirana između PC računara u ograničenom prostoru, gde nije potrebna velika propusna moć
- Bežična komunikacija između PC-a i ulazno/izlaznih uređaja, odnosno računarskih periferija, kao što su tastature, miševi ili štampači
- Prenos fajlova između uređaja korišćenjem OBEX protokola
- Prenos liste kontakata, liste sastanaka i obaveza, kao i raznih podsetnika između uređaja korišćenjem OBEX-a
- Zamena tradicionalnih užičenih serijskih uređaja i opreme, npr. GPS risiveri, medicinska oprema, uređaji za kontrolu saobraćaja, ili kontrolu nekog proizvodnog procesa ...
- Za ostale modele kontrolisanja u kojima se koristi IR (infracrveni) interfejs
- Za bežičnu kontrolu igračkih konzola – Nintendo, Sony PlayStation i Microsoft Xbox koriste bluetooth u svojim bežičnim kontrolerima

Bluetooth se često pogrešno poistovećuje sa Wi-Fi mrežnim tehnologijama. U cilju kompletnog razumevanja navedenog modela potrebno je jasno napraviti razliku među ovim entitetima. Bluetooth tehnologija se implementira u veliki niz novih proizvoda kao što su telefoni, štampači, slušalice, itd. On je namenjen komunikaciji među uređajima koji se nalaze u „blizini“ i kojima nije potrebna velika propusna moć. Takođe, bluetooth pojednostavljuje „otkrivanje“ i konfiguriranje servisa. Bluetooth uređaji „oglašavaju“ (advertise) sve servise koje poseduju. Bluetooth uređaji „oglašavaju“ (advertise) sve servise koje poseduju. Takođe, bluetooth pojednostavljuje „otkrivanje“ i konfiguriranje servisa. Bluetooth uređaji „oglašavaju“ (advertise)

¹ mr. Goran Vujačić dipl.inž., Viša železnička škola Beograd, gvujacic@ptt.yu, dr. Ljubomir Lukić dipl.inž., Mašinski fakultet Kraljevo, Željko Marjanović inž.informatike.

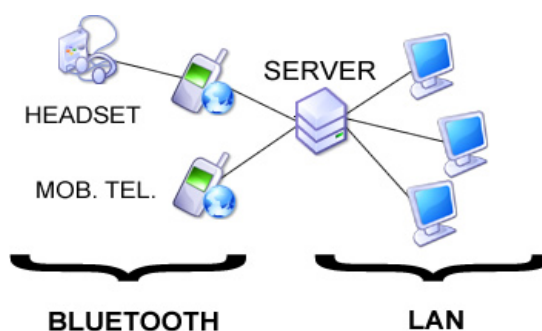
sve servise koje poseduju. Ovo podiže stepen pristupačnosti servisa, bez potrebe za brigom o mrežnim adresama, dozvolama pristupa resursima, konfigurisanjm tipova servisa i ostalim podešavanjima vezanim za tradicionalne mreže. Sa druge strane, Wi-Fi tehnologija je više u skladu sa tradicionalnom ethernet mrežom i zahteva podešavanje da bi se moglo pristupiti servisima, prenositi fajlove, podesiti audio linkove. Wi-Fi koristi slične radio frekvencije kao i bluetooth, ali sa većom snagom emitera koja rezultira jačim konekcijama. Wi-Fi se koristi u scenarijima čiji transportni medijum podseća na klasične ethernet mreže. Za razliku od Bluetooth-a, on omogućava bržu vezu, veći domet signala kao i stepen sigurnosti. Ukratko mogla bi se napraviti paralela, Bluetooth se često označava kao bežični USB, dok se Wi-Fi označava kao bežični ethernet.

2. OPIS MODELA

U ovom delu rada je opisan scenario i model primene koji je testiran i sproveden u realnom okruženju. Primarni cilj naših interesovanja je bila upotreba Bluetooth-a u svrhu nadziranja računarskih i drugih bežičnih mreža. Interesovalo nas je kako se ova tehnologija može iskoristiti u mrežama malog i srednjeg kapaciteta, koje su joj najveće prednosti, a koje mane dolaze do izražaja. Takođe smo imali za cilj da ispitamo mogućnost tehnologije kao medijuma prenosa upozorenja ili promene nekog posmatranog mrežnog statusa i to do drugih tipova mreža kao što su GSM ili GPRS, naravno korišćenjem mobilnih telefona; rečju, upotreba Bluetooth-a kao „mosta“ između zatvorenog računarskog sistema koji se nalazi u alarmiranom stanju i javne mobilne komunikacione mreže. Ambijentalni hardver koji smo posedovali je sledeći: server računar AMD64 3800+, 3GB RAM, 17 radnih stanica klase AMD Sempron 2000 do 2500+ sa po 256 MB RAM, 2 jeftina Bluetooth USB adaptera ISSC (Integrated System Solution Corp.) klase 2 (2,5 mW) sa dometom oko 10 metara, mobilni telefon Sony Ericsson K700i, sa ugrađenim Bluetooth čipom marke Philips, takođe klase 2, mobilni telefon Siemens SXG75 sa Bluetooth čipom istog proizvođača, klase 2, bežične slušalice marke Sony, ponovo sa Philips čipom klase 2, i naravno, fizički uspostavljenu Ethernet mrežu od 100Mbps među serverom i radnim stanicama. Ambijentalni softver koji smo koristili se prvenstveno odnosi na Linux platformu. Naime, nije nas interesovao način rada PC klijenata, kao i softver koji su posedovali, već njihova dostupnost i vidljivost na mreži, rečju njih smo samo nadzirali. Takođe nas nije interesovao softver koji su nudili mobilni telefoni i slušalice, već njihovi „oglašeni“ javno dostupni Bluetooth servisi, jačina radio signala i trenutni kapacitet baterije. U cilju kvalitetnije analize problema razvijena su sopstvena pomoćna softverska rešenja koja su konkretno prikazana.

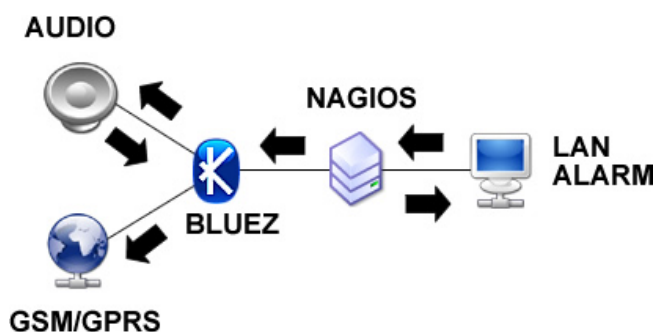
Na serveru je instaliran Debian 4.0 Etch Linux operativni sistem, kao stabilna i izuzetno kvalitetna Linux distribucija. Program koji je vršio nadziranje LAN mreže je bio Nagios. Nagios predstavlja multifunkcionalno softversko rešenje, namenjeno nadzoru mreža svih vrsta, koje je izuzetno podesivo i proširivo putem svog multifunkcionalnog plug-in interfejsa. Naime, Nagios sam ne vrši nadzor, već to čine njegovi priključci, odnosno plug-in programi koji se mogu posebno specijalizovati za određeni, posmatrani entitet. Ova okolnost je posebno odgovarala specifičnosti naše konfiguracije, tako da smo razvili sopstvene plug-in programe za nadzor. Postoji još jedna osobina Nagios-a koja je pogodovala analizi našeg modela. Radi se o Nagios event handler-ima, odnosno o načinu alarmiranja usled pojave promene posmatranog stanja. Kao što je slučaj sa plugin programima, i hendleri mogu biti usko specijalizovani i kreirani za bilo koju svrhu i način obaveštavanja o nastaloj promeni. Ovu osobinu smo iskoristili za kreiranje „mosta“ između GSM mreže i Linux servera, a koja se odnosi na drugi deo naše studije. Softverska podrška Linux operativnog sistema za Bluetooth je realizovana putem dva Bluetooth stack-a (zvanični Linux Bluetooth stack je BlueZ). Prvi se odnosi na kernel modul koji je zadužen za hardversku identifikaciju uređaja i njegovu dostupnost drugim uređajima u sistemu kao medijuma komunikacije. Naš Linux sistem je došao sa unapred instaliranim kernel modulom, tako da nije postojala potreba za manuelnim konfigurisanjem kernela i njegovim kompajliranjem. Pošto je kernel spreman, potrebno je instalirati drugi deo stack-a, odnosno userspace programe koji će kreirati sloj komunikacije potreban drugim aplikacijama.

Minimalni zahtevi ovog stack-a se odnose na softverske pakete bluez-libs i bluez-utils. Ovi paketi instaliraju razne pomoćne programe i serverske aplikacije koji omogućavaju inicijalno funkcionisanje Bluetooth podsistema, odnosno u našem slučaju dva USB Bluetooth adaptera. Glavni (master) Bluetooth uređaj može komunicirati sa maksimalno sedam drugih uređaja. Ova mrežna grupa od osam uređaja se još naziva i piconet. U našem slučaju konfiguracija je bila neznatno drugačija. Na svaki od USB adaptera je povezan po jedan mobilni telefon, s tim da telefoni nisu međusobno upareni, a još je i Siemens mobilni telefon povezan sa slušalicama, koje su uparene sa njim i sa serverom. Sada se kompletna konfiguracija može opisati na sledeći način.



Slika 1. Fizička konfiguracija modela

Server nadgleda status LAN mreže, odnosno dostupnost PC klijenata na njoj. Takođe, server nadgleda status i jačinu signala između Siemens mobilnog telefona i slušalica. Drugi mobilni telefon se koristi kao most ka GSM mreži, odnosno ako se neki od posmatranih subjekata nadje u alarmiranom stanju server će uspostaviti vezu sa mobilnim telefonom, koji će onda poslati SMS poruku ili e-mail administratoru obaveštavajući ga o nastalom problemu. Da bi bio siguran da je komunikacija u svakom trenutku moguća server nadgleda i status baterije mobilnog telefona koji šalje obaveštenja. Dalje, server može poslati i audio signal drugom mobilnom telefonu (korišćenjem SCO protokola), koji će ovaj zatim proslediti slušalicama, a sve u cilju testiranja postupka alarmiranja na ograničenom prostoru.



Slika 2. Logička konfiguracija modela

Za dalju analizu potrebno je bliže objasniti način uspostavljanja komunikacije između bluetooth uređaja.

Prema specifikaciji svaki bluetooth uređaj na zahtev drugih uređaja mora da pošalje sledeće informacije

- Ime uređaja
- Klasu uređaja
- Listu servisa
- Ostale tehničke informacije, npr osobine uređaja, proizvođača, Bluetooth specifikaciju, itd.

Svaki uređaj može izvršiti pretragu da bi pronašao druge uređaje sa kojima će se povezati i svaki uređaj može biti konfigurisan da odgovori na pretragu i pošalje informacije iz gore navedene liste. Kada uređaj sazna adresu drugog uređaja i servise koji su mu od interesa, on uspostavlja direktnu komunikaciju sa ciljnim uređajem. Komunikacija se ostvaruje tek pošto su uređaji „upareni“ ili putem manuelne potvrde vlasnika uređaja. Uparivanje uređaja se odnosi na par uređaja koji su uspostavili sigurnu (poverilačku) komunikaciju putem deljenog tajnog ključa ili manuelnim unošenjem istog ključa na oba uređaja. Kada su uređaji upareni, oni mogu enkriptovati prenos podataka među njima da bi osigurali prenos, ali se enkripcija može isključiti. Takođe, ključevi se skladište na fajl sistemu uređaja, a ne u samom čipu. Pošto je adresa Bluetooth uređaja nepromenljiva, uparivanje će se zadržati, čak i ako neki od uređaja promeni svoje ime. Uparivanje se može raskinuti, odnosno izbrisati u svakom trenutku. U većini slučajeva, za pristup servisima je potrebno uparivanje uređaja, mada postoje servisi za koje to nije neophodno (npr. Sony Ericsson telefoni obično prihvataju poslate OBEX vizit kartice bez ikakvog uparivanja)

3. REALIZACIJA MODELA

U prethodnom delu je opisan ambijentalni hardver i softver gde je data detaljna slika posmatranog modela. Sada ćemo detaljno analizirati softverske metode koje su sprovedene i dati konkretne odgovore koji se tiču podešavanja svih potrebnih parametara. Pošto se instalira Nagios softverski paket korišćenjem Debian-ovog

odličnog package manager-a, pristupa se njegovoj konfiguraciji. Konfiguracija Nagios-a je modularizovana i to na sličan način kao plug-in programi ili handler-i i tradicionalno se ostvaruje putem nekoliko tekstualnih fajlova. Kada smo definisali ciljnu host grupu klijenata koje posmatramo, kreirali smo servis koji vrši proveru njihovog stanja na mreži i to korišćenjem `check_ping` plugin-a. Event handler koji koristimo smo sami kreirali, a on vrši slanje SMS poruke administrator-u. Pogledajmo najvažnije fragmente Nagios konfiguracije (irelevantni delovi su izostavljeni).

```
define hostgroup {
    hostgroup_name klijenti
    members        XP1,XP2,...
}
define service{
    hostgroup klijenti
    check_command check_ping_all!100.0,20%!200.0,80%
    event_handler  notify-by-mobile!+381644648878
}
```

Pošto je definisana ciljna host grupa, metod provere i metod slanja notifikacija odnosno hendler događaja, potrebno je pristupiti konfiguraciju Bluetooth podsistema na serveru. Na prvom mestu moramo pokrenuti Bluetooth servise (`hcid,sdpd` i `rfcomm`). Ako je proces pokrenut bez grešaka komanda `hciconfig` bi trebalo da izlista naša dva USB Bluetooth uređaja. Dodatna konfiguracija je Bluetooth podsistema je dosta opširna za predstavljanje u ovoj analizi da bi se kompletno predstavila, ali potrebno je pomenuti da se sva podešavanja odnose na fino kontrolisanje rada počevši od toga koji će PIN uređaji koristiti, tipa uparivanja, imena uređaja, nivoa sigurnosti i enkripcije ... Kada je podsistem podešan potrebno je detektovati druge Bluetooth uređaje na preostalom hardveru (mobilni telefoni i slušalice), preciznije rečeno njihove MAC adrese. Za ovu svrhu koristimo komandu `hcidtool`. Posle zadavanja komande `hcidtool inq`, dobićemo listing sličan ovome:

```
Inquiring ...
00:0D:41:26:21:53      clock offset: 0x69af      class: 0x520204
00:16:20:A8:23:10      clock offset: 0x5949      class: 0x520204
00:AF:FB:1C:7D:AE      clock offset: 0x5579      class: 0x72010c
```

Listing pokazuje MAC adrese naših uređaja (mobilnih telefona i slušalica). Ove podatke ćemo iskoristiti za automatsko upravljanje uređaja pri pokretanju podsistema, a oni su naročito korisni i prilikom uspostavljanja radio frekvencijske komunikacije sa uređajima. Ovaj tip konekcije je od izuzetnog zanačaja u našem slučaju jer nam omogućava da direktno pristupimo upravljačkom layer-u mobilnih telefona. Ova konstatacija zaslužuje detaljnije pojašnjavanje. Naime, model upravljanja i prenosa informacija od i ka telefonima se obavlja serijski, gde telefon za svoj komunikacioni interfejs nudi Bluetooth modem, slično „klasičnom“ metodu komunikacije sa dial-up modemima. Međutim „modem“ telefona ne pruža samo dial-up gateway kao kod kompjuterskih modema (mada je i on moguć), već i širok spektar upravljačkih i uređivačkih komandi samog uređaja, počevši od manipulisanja adresarom, važnim kontaktima, sastancima, SMS, EMS i MMS porukama, statusom baterije i signala GSM/GPRS mreže. Podešavanje ovakve komunikacije na Linux sistemu se postiže komandom `rfcomm`. Konfiguracioni fajl ove komande je `/etc/bluetooth/rfcomm.conf` i u našem slučaju njegov sadržaj je sledeći (irelevantni delovi izostavljeni):

```
rfcomm0 {
    # Automatski bind uređaja pri pokretanju
    bind yes;
    # Bluetooth adresa uređaja
    device 00:16:20:A8:23:10; # Sony Ericsson K700i
}
rfcomm1 {
    bind yes;
    device 00:0D:41:26:21:53; # Siemens SXG75
}
```

Sledeća komanda omogućava serijsku komunikaciju izabranim uređajem (komunikacioni čvorovi `/dev/rfcomm0` i `/dev/rfcomm1` se automatski kreiraju)

```
# rfcomm listen 0 1
Waiting for connection on channel 1
```

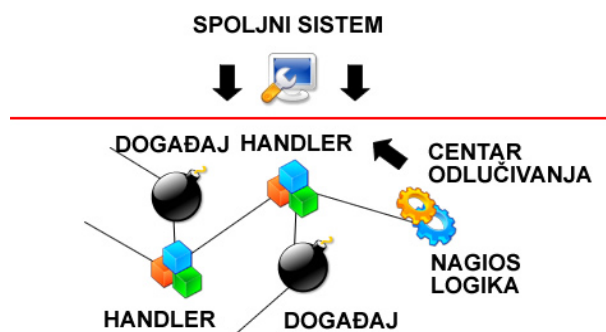
Ili ako se eksplicitno želi navesti fizički uređaj (hci0 predstavlja naš prvi USB Bluetooth)

```
# rfcomm -i hci0 connect 0 00:16:20:A8:23:10
```

Pošto je potrebno podešavanje izvršeno, komunikacija se ostvaruje na standardan način koristeći `/dev/rfcomm0` ili `/dev/rfcomm1`. Komunikaciju može ostvariti bilo koji softverski alat koji ima implementirane metode za pristup serijskim interfejsima, odnosno portovima. Komande koje se prosleđuju imaju sintaksu standardnih AT komandi koje koriste dial-up modemi, uz naravno brojna proširenja za upravljanje telefonom čija sintaksa nije u potpunosti standardizovana i uglavnom zavisi od modela i proizvođača telefona. Pri programiranju komunikacionog sloja sa mobilnim telefonom koristili smo Python programski jezik i njegova povezivanja na Bluetooth i serijske programske biblioteke PyBluez i PySerial, respektivno . Python predstavlja odličan objektno orijentisani interpreterski jezik sa velikom bibliotekom funkcija, koji je pritom lako proširiv kreiranjem modula bilo korišćenjem njega samog ili C programskog jezika (ako se želi dodatna brzina izvršavanja). U sledećem odeljku je prikazan listing python interaktivne sesije iz koga se može uočiti način pristupa interfejsu telefona:

```
# python
Python 2.4.4 (#2, Jan 13 2007, 17:50:26)
[GCC 4.1.2 20061115 (prerelease) (Debian 4.1.1-21)] on linux2
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import serial
>>> mobil = serial.Serial('/dev/rfcomm0',19200,timeout=1)
>>> mobil.write('ATI7\r\n')
>>> mobil.readlines()
['ATI7\r\r\n',
 ' Modem Configuration Profile\r\n',
 '\r\n',
 'Product Type      Terminal Adapter\r\n',
 'Interfaces        Bluetooth, IrDA, RS-232\r\n',
 'Options           OBEX, PPP, RLP, V42bis\r\n',
 '(\x01$SERC002\\\MODEM\\\K700 seriesA4)\r\n',
 '\r\n',
 'OK\r\n']
```

Iz prethodnog listinga se može uočiti standardizovan način kreiranja objekta koji vrši pristup serijskom portu, a zatim upućivanje AT identifikacione komande jednostavnim funkcijama za čitanje i upis koje su slične funkcijama za čitanje/upis u klasične fajlove. Naš kod event handler-a je u biti zasnovan na prikazanim tehnikama kroz osnovne korake; pristup uređaju, „pisanje“ komande, a zatim očitavanje i parzovanje odgovora. Naravno kod je daleko robustniji i on obuhvata hardversko „zaključavanje“ uređaja koje štiti od višestrukog pristupa drugih programa portu, takođe tu je i provera grešaka, podešavanje parametara serijskog porta (broj bauda, hardverska provera grešaka, stopbits, , itd.) Nećemo navoditi kompletan izvorni kod handler-a jer bi on zauzeo previše prostora. Pre nego što nastavimo dalje potrebno je osvrnuti se na argumente koje naš handler prihvata i na koji on vrši alarmiranje. Prvo, handler ne „odlučuje“ samostalno. Glavni Nagios proces je zadužen za „donošenje“ odluka. Naime, on vrši odlučivanje zasnovano na zadatim konfiguracionim varijablama i složenom algoritmu provere, tzv. promene „težine“ stanja alarmiranosti posmatranog objekta. Kada Nagios „zaključiči“ da je nastala promena stanja on prepusti handler-u da izvrši obaveštavanje, ili neki drugi tip akcije koji u posmatranom slučaju ima neki značaj. Handler ne mora biti samo jednostavno oruđe izveštavanja, odnosno komunikacioni kanal, već je moguće preprogramirati ga da izvrši dodatne provere, a zatim izvrši obaveštavanje ili jednostavno prepusti obaveštavanje drugom handler-u. Ova informacija čitavom sistemu omogućava izuzetnu fleksibilnost, odnosno modularnost i omogućava primenu izuzetno kompleksnih algoritama koji se mogu primeniti za „pametno“ donošenje odluka. Iako je naš model realizovan u „mikro“ okruženju, bilo je moguće izvršiti probu sistema „menjanja“ komunikacionog kanala, ali istina na ograničen način. Pored provere stanja signala među slušalicama i drugog mobilnog telefona, druga grana komunikacije služila je za odašiljanje audio upozorenja da je baterija na prvom kanalu (mobilnom telefonu) istrošena. Naime, handler je merio jačinu signala, odnosno potencijanu udaljenost slušalica od servera. Što je signal bio slabiji provera je predpostavljala da se slušalice koriste, odnosno da je administrator prisutan, tj. na dovoljnoj blizini da reaguje. Ova „konstatacija“ je automatski označavala mogućnost da se administrator u neposrednoj blizini obavesti u slučaju da je baterija na prvom mobilnom telefonu (koji je bio gateway ka GSM/GPRS mreži) istrošena. Potrebna jačina, odnosno slabljenje signala je izračunata na osnovu pozicije administratorove kancelarije, preciznije njegovog PC računara u odnosu na server sistem, koji je, naravno, bio uslovljen i dometom Bluetooth opreme.



Slika 3. Modus lanca odlučivanja sistema

Kada je signal bio dovoljno snažan ovaj, drugi, komunikacioni kanal se bespogovorno zatvarao. Naravno, ovaj sistem odlučivanja poseduje neke ozbiljne nedostatke, ali oni su uglavnom uslovljeni posedovanim hardverom. Takođe, osiguravanje komunikacionog mosta ka GSM mreži se moglo postići konstantim držanjem mobilnog telefona na punjaču, ali ovakav postupak bi onemogućio bitnu komponentu posmatranog modela, nepredvidivost, entropiju sistema (status baterije se menja u zavisnosti od broja poslatih poruka, jačine signala mreže mobilne telefonije, aktivnosti Bluetooth čipa).

4. ZAKLJUČAK

Bluetooth uređaji predstavljaju relativno novi vid tehnologije koja je prvenstveno orijentisana ka krajnjim korisnicima, nalazeći se u njihovim personalnim uređajima, kompjuterima, mobilnim telefonima, palmtopovima, uređajima za zabavu ili skladištenje ličnih kontakata ili lista obaveza. Ona omogućava instant pristup nizu uređaja bez gotovo ikakve potrebe za dodatnim podešavanjima ili komplikovanim instaliranjem. Jedna od značajnih prednosti tehnologije je i cena, koja je zaista niska i pristupačna raznim slojevima korisnika, ali ne u srazmeri sa kvalitetom uređaja kao što se to očekivalo. Sa druge strane Bluetooth komunikacije predstavljaju robustan sistem sa dosta novih ideja, koji je ne smemo zaboraviti, tek u svom zamahu. Nesumnjivo je da će tehnologija uspeti da potisne i preraste IR tehnologiju, u odnosu na koju je tehnološki superiorna, čak i sa većim stepenom fleksibilnosti i slojevima primene. Cilj ovde predstavljenog modela korišćenja bio je da prikaže neke zanimljive aspekte korišćenja u procesu nadziranja i odlučivanja nekog računarskog sistema, naravno, projektovanog na mikroplanu. Nedostaci su uočljivi na prvi pogled. Najveći od njih je dometa signala, a zatim sledi nekompatibilnost standarda. Sa druge strane prednosti su iznenađujuće. Ako zanemarimo nisku cenu (kako uređaja, tako i njihove eksploatacije) stepen konfigurabilnosti i primene u najrazličitijim scenarijima je iznenađujući. Povezivanje i uspostavljanje komunikacije između nekoliko hardverski toliko različitih uređaja i PC sistema nikada nije bilo jednostavnije sa širokim spektrom dostupnih mogućnosti. Konačni sud bi trebalo da glasi obećavajuće. Iako tehnologija nije na potrebnom nivou zrelosti da bi se mogla pouzdano koristiti u realnim sistemima, njene mogućnosti su obećavajuće i na nju se u skorijoj budućnosti mora računati i to u složenijim sistemima i modusima primene nego što danas postoje.

Abstract: In this work it is present one model of Bluetooth device as medium of communication in the system which represent management and administration of computer or wireless network. Model is very flexible for usage. **THIS WORK REPRESENTS BLUETOOTH DEVICE AS MEDIUM OF COMMUNICATION AND PART OF A SUBSYSTEM FOR MAKING DECISIONS AND ALSO REPRESENT SYSTEM FOR ADMINISTRATION OF COMPUTER NETWORKS.** mr. Goran Vujačić dipl.inž., Viša železnička škola Beograd, dr. Ljubomir Lukić dipl.inž., Mašinski fakultet Kraljevo, Željko Marjanović inž.informatike.

5. REFERENCE

- <http://bluez.sourceforge.net>
- <http://www.holtmann.org/linux/bluetooth/>
- <http://www.bluetooth.org>
- <http://bluetooth-alsa.sourceforge.net/>
- <http://www.debian.org/>
- <http://www.python.org>



Miroslav Pilipović¹, Fatima Mujković²

SIMULACIJA U AUTOMATIZACIJI - PRIMER SIMULACIJE PRERADE POŠTANSKIH POŠILJKI

Rezime

Polazeći od značaja i mogućnosti primene kompjuterskih tehnologija u projektovanju i upravljanju poslovnim i proizvodnim sistemima i u savremenoj automatizaciji rad ukazuje na značaj primene kompjuterske simulacije u savremenoj automatizaciji. Za primer kompjuterske automatizacije prerade poštanskih pošiljaka, u radu je dat pristup automatizaciji poštanskog saobraćaja u pošti BIH i primena kompjuterske simulacije u izboru optimalnih režima prerade pismonosnih pošiljaka.

1. UVOD

Savremeni poslovni i proizvodni sistemi, izloženi intezivnoj konkurenciji na globalnom svetskom tržištu, zahtevaju stalnu inovaciju sistema upravljanja i rukovodjenja kao i uvodjenje savremenih tehnologija. Projektovanje savremenih pogona kao i rukovodjenje poslovnim sistemima suočeno je sa potrebom donošenja svakodnevnih odluka koje će obezbediti najbolji balans izmedju cene proizvoda i performansi proizvodnje. Provera karakteristika sistema i njegovog ponašanja na relnim sistemima je vrlo skupa, zahteva puno vremena i izložena je poremećajima ukoliko je uopšte moguća. Fizički modeli u odgovarajućoj razmeri ne daju odgovor na dinamiku ponašanja sistema. Pogodna tehnika za proveru ponašanja sistema je kompjuterska simulacija na bazi odgovarajućih modela realnog sistema. Ne ulazeći u sve karakteristike kompjuterske simulacije neke od ključnih prednosti su: relativno mala cena, kratko vreme simulacije, ponovljivost eksperimenta i mogućnost određivanja ponašanja sistema u ekstremnim uslovima [1].

Savremena automatizacija obuhvata niz kompleksnih sistema od pojedinačnih mašina i radnih mesta automatizovanih primenom tehnologije numeričkog upravljanja i robota preko fleksibilnih tehnoloških ćelija i fleksibilnih tehnoloških sistema do fleksibilnih proizvodnih i montažnih linija i automatizovanih fabrika „bez ljudi“. Navedeni primeri vezani su za mašinogradnju i industriju motornih vozila ali isto važi i za druge industrije u kojima je automatizacija ključna za konkurentni položaj na tržištu (farmaceutska industrija, prehrambena industrija, industrija prerade nafte i gasa itd.). Za savremenu automatizaciju presudna je primena kompjuterskih tehnologija kako u projektovanju tako i u upravljanu odnosno radu automatskih sistema. Navedeni sistemi su sve kompleksniji, primenjuju sofisticiran kompjuterski hardver i softver i oblast koja se brzo razvija je kompjuterska simulacija proizvodnih procesa i sistema. U simulaciji proizvodnih procesa primenjuju se specifični matematički modeli i uglavnom odgovarajući specifičan softver. U simulaciji zajedničkog rada više sistema, kompleksnih automatskih linija i čitavih pogona u primeni je i jedan od standardnih pristupa – kompjuterska simulacija diskretnih sistema.

2. RAZVOJ SISTEMA ZA KOMPJUTERSKU SIMULACIJU

Kompjuterska simulacija i odgovarajuća programska podrška i sistemi intezivno se razvijaju od 1960-ih godina. Konvencionalan pristup razvoju programske podrške za simulaciju bazira na jezicima višeg nivoa opšte namene (FORTRAN, PASCAL, i sl.) i bibliotekama podprograma pri čemu se za svaki model razvija poseban simulacioni program. Savremeni pristup je primena simulacionih jezika i sistema i raspoloživi su: simulacioni jezici i sistemi opšte namene, simulacioni jezici i sistemi specijalne namene i interaktivni program generatori za simulaciju. Simulacioni jezici koriste specifične instrukcije za standardne funkcije simulacije. Program generatori koriste interaktivan dijalog način rada i generišu instrukcije za neki od

¹ Prof. dr Miroslav Pilipović, Mašinski fakultet Beograd, Kraljice Marije 16, e-mail:mpilipovic@mas.bg.ac.yu

² Mr Fatima Mujković, Pošta BIH, e-mail:fatimab@bih.net.ba

simulacionih jezika ili jezika opšte namene. Simulacioni sistemi specijalne namene pogodni su za simulaciju nekih karakterističnih poslovnih i proizvodnih sistema kao što su na primer fleksibilni tehnološki sistemi i slično. Za potrebe simulacije poslovnih i proizvodnih sistema u primeni je simulacija diskretnih sistema mada neki sistemi na tržištu imaju mogućnost simulacije analognih odnosno hibridnih sistema.

Na tržištu je prisutan veći broj sistema. Primeri su GPSS - jedan od prvih simulacionih sistema, SIMSCRIPT II sa modulom PC SIMANIMATION koji obezbeđuje primenu grafike i animacije, SIMFACTORY - namenski sistem za simulaciju fabrika sa interaktivnim grafičkim mogućnostima, SLAM II i MAP/1 izvedeni sistemi za simulaciju proizvodnih sistema, SIMAN sa CINEMA modulom za grafičku animaciju, ARENA sa grafičkim modulom za definisanje simulacionog modela i Siman procesorom za simulaciju, SEE - WHY (pionir u primeni vizuelne simulacije) sa interaktivnom grafikom i EXPRES program generatorom i izvedenim namenskim sistemom WITNESS, zatim SIMON, ECSL, HOCUS itd. Detaljniji prikaz i geneza razvoja pojedinih sistema data je u [1] i [2].

Intezivne promene u proizvodnji i primeni kompjuterskih tehnologija dovele su do novog koncepta u oblasti projektovanja savremenih proizvodnih sistema – koncepta Virtuelnih proizvodnih sistema. Osnova arhitekture navedenih sistema je distribuirana kompjuterska simulacija pojedinih podsistema i procesa [3]. Ovo je dalje proširilo mogućnosti i primenu kompjuterske simulacije uz interakciju i integraciju sa drugim kompjuterskim softverom kao što je CAD/CAM/CAE/PDM softver. Na primer jedan od vodećih proizvođača softvera u ovoj oblasti, Dassault Systemes/IBM Corp. nudi danas CAD/CAM/CAE Catia sistem zajedno sa drugim softverom za simulaciju kompleksnih sistema (Delmia, Enovia, Quest). Isti pristup imaju i drugi veliki proizvođači (Parametric Technology Corp., SDRC, Unigraphics Solution Inc.). Iz navedenog se vidi da je kompjuterska simulacija i posebno kompjuterska simulacija diskretnih sistema danas nezaobilazna funkcija u projektovanju i proveru performansi složenih proizvodnih sistema a posebno visoko automatizovanih. U daljem tekstu ovog rada daje se primer primene kompjuterske simulacije u izboru optimalnih parametara u procesu automatske prerade poštanskih pismonosnih pošiljki a na primeru pošte BIH.

3. AUTOMATIZACIJA PRERADE POŠTANSKIH POŠILJAKA U SVETU

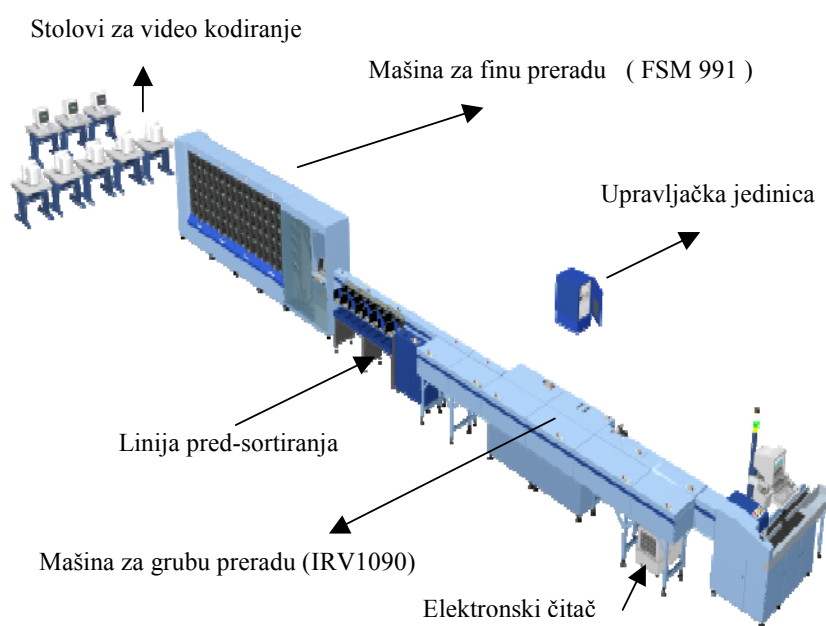
Proces automatizacije poštanskog saobraćaja, u različitim segmentima prerade poštanskih pošiljaka, počeo je 30-ih godina XIX veka. Primena kompjuterskih tehnologija ubrzala je automatizaciju poštanskog saobraćaja i krajem XX veka sve zemlje koje poštanskom saobraćaju daju adekvatnu ulogu, otvorile su intezivan proces kompjuterizacije i automatizacije prerade poštanskih pošiljaka. Automatizacija poštanskog saobraćaja danas omogućava uvođenje novih i savremenih profitabilnih poštanskih usluga u toku 24 radna sata i kvalitetnije uključivanje u međunarodni poštanski saobraćaj. Položaj korisnika, a naročito velikih potrošača poštanskih usluga se poboljšava, što direktno utiče na porast obima i strukture usluge.

Prerada poštanskih pošiljaka vrši se u poštanskim jedinicama prerade u tri osnovna oblika [4]: prerada pismonosnih pošiljaka – korespodencije, prerada poštanskih vreća i prerada paketa. Tehnološki procesi prerade vreća i paketa uglavnom se posmatraju jedinstveno (pune vreće čine pakete). Zajedničko u oba sistema, i paketa i pismonosnih pošiljaka, je da su kompjuterski upravljani svi tehnološki procesi i da se velike količine pošiljaka, koristeći komponente kompjuterski upravljanih automatskih mašina, usmjeravaju i automatski dele na programirane destinacije.

Jedan od prvih, savremenih sistema za automatsku preradu pismonosnih pošiljaka sa automatskim čitanjem adresa, instalirala je nemačka firma Siemens u *Wiesbadenu* 1978. godine. Nakon toga dolazi do naglog razvoja automatizacije u poštanskoj tehnologiji, da bi 1993. godine u svetu postojalo čak 5000 automatizovanih sistema za preradu poštanskih pošiljaka. U Nemačkoj se danas nalaze 33 sorting centra za automatsku preradu poštanskih pošiljaka koji su u uskoj vezi sa austrijskim sorting centrima u cilju veće produktivnosti sistema. Jedan od najvećih sorting centara u Evropi nalazi se u Austriji u Beču na preko 30000 m², sa 18 automatskih mašina za preradu standardnih poštanskih pošiljki i 4 mašine za preradu pismonosnih pošiljki većih dimenzija. Slične centre imaju i ostale razvijene zemlje u Evropi i svetu, na primer SAD centar u Arlingtonu itd. Tokom 1998. godine, Siemens je svoje kapacitete proširio i na azijsko tržište, preciznije Hong Kong, a već 1999. godine, svoju opremu za automatsko sortiranje pošiljaka instalirao je i u Singapuru i Kini. U zemljama bivše Jugoslavije automatsku preradu poštanskih pošiljaka uvele su Slovenija (centri Ljubljana i Maribor), Hrvatska (centri Zagreb, Split i Rijeka) i BIH (centar Sarajevo).

4. STRUKTURA SISTEMA ZA AUTOMATSKU PRERADU PISMONOSNIH POŠILJAKA

Struktura sistema za automatsku preradu poštanskih pošiljaka je različita i zavisi od vrste poštanskih pošiljaka. U slučaju prerade pismonosnih pošiljaka uobičajena struktura je: mašina za grubu preradu - vrši selekciju pošiljaka po centrima pošta, i mašina za finu preradu - vrši distribuciju pošiljaka u okviru izabranog centra pošta na dostavne rejone, pošte ili pretince. Na slici 1. dat je primer kombinovanog automatskog sistema za grubu i finu preradu pismonosnih pošiljaka instalisanog u poštanskom centru Sarajevo [5]. Sistem se sastoji iz sledećih komponenti: mašine za grubu preradu IRV³ 1090 sa integrisanim automatskim čitačem adrese pisama, mašine za finalno sortiranje FSM⁴ 991 i sistemom za video-kodiranje. Upravljanje sistemom je kompleksno i sadrži mrežu više kompjutera kao što su: MCC - kompjuter za upravljanje mašinom, LARC - kompjuter za čitanje adrese pisma, VCC - kompjuter za video-kodiranje, CCC - kompjuter za upravljanje čelijom za statistiku, IH - kompjuter za pripremu slike, RCD - kompjuteri za čitanje i kodiranje. Jedan deo kompjuterske opreme je smešten u upravljačkoj jedinici, jedan deo u posebnoj upravljačkoj sobi i svi su povezani komunikacionom mrežom. RCD kompjuteri za čitanje i ručno kodiranje su sastavni deo sistema za video-kodiranje i smešteni su u odgovarajućoj sobi i predstavljaju radna mesta za operatere za video kodiranje kojih ima 8.



Slika 1. Kombinovana mašina za finu i grubu preradu pošiljki - centar Sarajevo

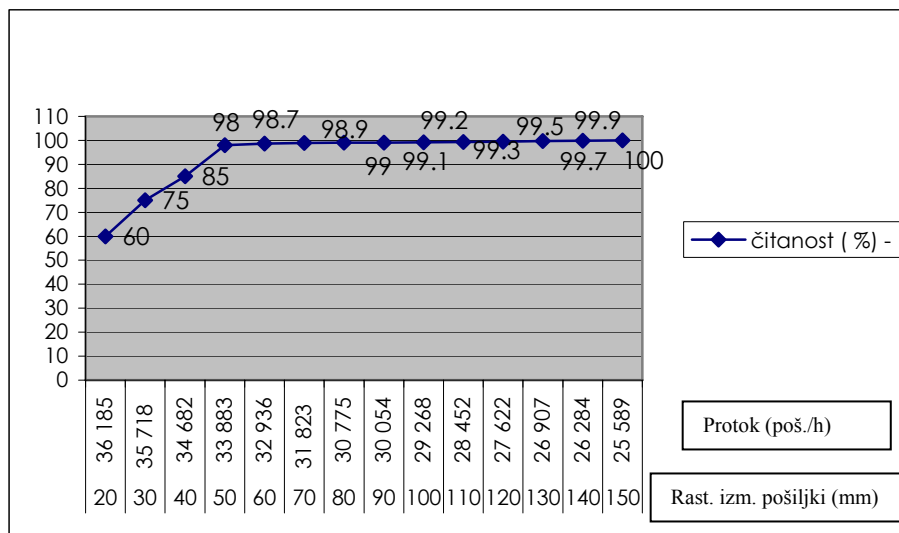
5. UTICAJ PARAMETARA MAŠINE I KARAKTERISTIKA POŠILJKI NA BRZINU I KVALITET PRERADE

Maksimalni (nominalni) kapacitet prikazanog sistema u prethodnom paragrafu je prerada 36000 pošiljki/h. Stvarni kapacitet sistema zavisi od podešenih parametara mašine (na primer rastojanje između pošiljki) i karakteristika pošiljki od kojih je posebno važna prosečna dužina pošiljki i način ispisivanja adrese. Na primer realni kapacitet za prosečnu dužinu pošiljke od 200 mm je 31500 pošiljki/h. Karakteristike pošiljke i podešeni parametri mašine utiču i na kvalitet prerade - procenat pročitanih pošiljki. Pošiljka može biti sa adresom: prikazanom u vidu bar koda, odštampanom (pisača mašina ili štampač) i napisanom ručno. Najveći procenat čitavosti je kod pošiljaka sa odštampanim bar kodom, zatim kod pošiljaka sa odštampanom adresom a najmanji kod pošiljaka koje su sa ručno napisanom adresom. U slučaju prerade pošiljaka sa ručno napisanom adresom uključuje se i sistem za video kodiranje i slika adresa za nepročitane pošiljke upućuje se na radna mesta za video kodiranje dok same pošiljke kruže po mašini na tzv. liniji čekanja. Ukoliko operater prepozna adresu, ukucava odgovarajući poštanski broj. Pošiljke sa neprepoznatim adresama odbacuju se i završavaju u pretincu neprepoznatih iz koga se ručno raspoređuju. Primer uticaja karakteristika pošiljki i

³ IRV - Integrated Reading and Videocoding Machine - Integrisana mašina za čitanje i video-kodiranje

⁴ FSM - Final Sorting Machine - Mašina za finalno sortiranje

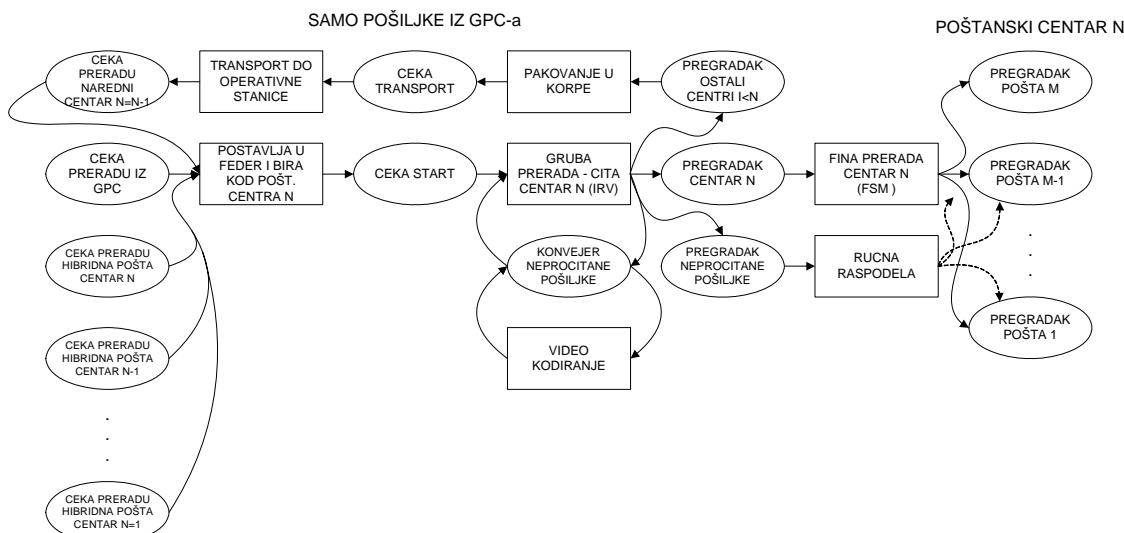
podešenih parametara mašine na brzinu prerade (protok pošiljki) i kvalitet prerade (procenat čitanosti) dat je na slici 2. Izabrana je prerada telefonskih računa sa štampanom adresom i pošiljkama istih dimenzija (dužina pošiljke 215 mm) i promena parametara mašine - prosečnog rastojanja između pošiljki. Zapaža se da se sa povećanjem rastojanja između pošiljki povećava procenat čitanosti a smanjuje brzina prerade. Pošto je pored kvaliteta važna i brzina prerade (na primer u pošti Sarajevo moraju se preraditi sve pošiljke pristigle iz centara pošti u periodu od 22⁰⁰ do 24⁰⁰ h, vidi se da su podešeni parametri mašine prema karakteristikama pošiljki ključni za brzinu i kvalitet prerade.



Slika 2. Uticaj rastojanja između pošiljki na % čitanosti i brzinu prerade

6. SIMULACIJA SISTEMA ZA AUTOMATSKU PRERADU PISMONOSNIH POŠILJAKA

Prerada poštanskih pošiljki podložna je sezonskim promenama (mesečnim i godišnjim) i s obzirom na dnevno zahtevano vreme prerade potrebno je prema karakteristikama pošiljki odrediti parametre za podešavanja mašine i druge karakteristike sistema prerade (broj radnika u ručnoj preradi, broj operatera na video kodiranju, transportna sredstva itd.) koji će dati optimalan rezultat. Analizom sistema prerade poštanskih pošiljki u centru Sarajevo projektovani su simulacioni modeli za diskretnu simulaciju [6]. Primer dela dijagrama ciklusa aktivnosti za simulacioni model automatske prerade dat je za entitet poštanske pismonosne pošiljke na slici 3.



Slika 3. Dijagram ciklusa aktivnosti za entitet pismonosna pošiljka u automatskoj preradi

Pošiljke za preradu stižu ili iz ostalih centra pošta (kamionima oko 22⁰⁰ h) ili iz hibridne pošte već raspoređeni po poštanskim centrima (računi za telefon, izveštaji po tekućim računima i sl.). Za svaku preradu aktivira se softver sa odgovarajućim planom sortiranja koji zavisi od poštanskog centra, odnosno prerada je centar po centar. U slučaju ručno pisanih adresa uključuje se i video kodiranje a konačno nepročitane pošiljke se ručno raspoređuju u odgovarajuće pretince. Kompjuterska simulacija primenjena je za slučajeve ručne, automatske i kombinovane prerade pismonosnih pošiljki. Koristeći postavljeni simulacioni model prikazan dijagramom ciklusa aktivnostina slici 3., razvijeni su simulacioni programi u Arena sistemu sa Siman procesorom – Akademska verzija [7,8] i izvršeni simulacioni eksperimenti uzimajući kao osnovu parametre iz realne prerade za odgovarajuće karakteristike poštanskih pošiljki [6]. Primer sumarnog izveštaja rezultata simulacije za jedan simulacioni eksperiment dat je na slici 4 i uporedni pregled rezultata 2 simulaciona eksperimenta i realne prerade na mašini u tablici 1.

Iz tablice 1. vidi se da su ključni pokazatelji brzine i kvaliteta prerade dobijeni simulacijom vrlo bliski realnim podacima prerade. Ovo otvara mogućnost, da koristeći podatke iz realne obrade sredene u tablicama i dijagramima sličnim dijagramu datom na slici 2, da se primeni simulacija za određivanje potrebnih parametara u svakodnevnoj preradi a prema karakteristikama pristiglih pismonosnih pošiljki.

SIMAN Summary Report Run Number 1 of 1

Project: PRIMER 1 Simulacija automatske prerade postanskih posiljki
Run ended at time .1178E+04 s (19,6 min - 0.327 h)

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	T PROČITANO VK	.87293	.07289	.71631	1.14264	1796
2	T PROČITANO IRV+FSM	.21133	.02896	.17554	.39059	3421
3	T ODBAČENO	.63272	.06225	.53302	.98999	675

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	RED CEKANJA IRV	.05	.22	.00	1.00	1178.41
2	RED CEKANJA FSM	.01	.07	.00	1.00	1178.41
3	RED CEKANJA VK	.05	.22	.00	2.00	1178.41

Counters

Number	Identifier	Count	Limit
1	PROČITANO VK	1796	Infinite
2	PROČITANO IRV*FSM	3421	Infinite
3	OBRADJENO VK	2471	Infinite
4	ODBACENO	675	Infinite
5	UKUPNO OBRADJENO	5892	Infinite

Slika 4. Sumarni rezultati simulacije 1.

Tablica 1. Uporedni pregled rezultata simulacije i eksperimenta

	Simulacija 1 - 2 mesta za video kodiranje	Simulacija 2 - 1 mesto za video kodiranje	Eksperiment - stvarna prerada
Ukupno preradjeno poš.	5892	5892	5892
Pročitano IRV + FSM	3421	3356	3379
Pročitano video kodiranjem	1796	1790	1813
Odbačeno	675	746	657
Red čekanja video kodiranja	max. 2	max. 182	(nije poznat)
Vreme prerade	0,327 h	0.352 h	0.319 h

7. ZAKLJUČAK

Kompjuterska simulacija obezbeđuje potrebne informacije i sastavni je deo procesa odlučivanja u rukovodjenju poslovnim sistemima. U isto vreme kompjuterska simulacija je istraživački alat koji pomaže razvoj ideja i proveru projektnih rešenja pri projektovanju savremenih proizvodnih sistema a posebno visoko automatizovanih. Raspoloživa softver podrška na tržištu je široka i obezbeđuje izbor sistema visokih performansi za opštu i specijalizovanu primenu simulacije.

Automatizacija i kompjuterizacija prerade poštanskih pošiljaka u svetu je sve brža i doprinosi značajnom povećanju broja poštanskih usluga i njihovom kvalitetu. Između ostalog automatizacija poštanskog saobraćaja danas je nužna i zbog ravnopravnog i kvalitetnog uključivanja u međunarodni poštanski saobraćaj. Primer primene kompjuterske simulacije automatskih sistema za preradu poštanskih pošiljaka pokazuje njen doprinos unapredjenju i iskorišćenje automatske opreme i izboru optimalnih parametara prerade poštanskih pošiljaka.

LITERATURA

- [1] Pidd, M., *Computer Simulation in Management Science*, John Wiley & Sons, New York 1984.
- [2] Carrie, A., *Simulation of Manufacturing Systems*, John Wiley & Sons, New York, 1988.
- [3] Pilipović, M., Vučković, D, Spasić, Ž., Vičević, Z., *Virtual Environment for advanced Manufacturing of Cylinder Assemblies*, 10th EAEC European Automotive Congress, Belgrade 2005.
- [4] Arnautović, E., *Tehnologija i tehnika poštanskih komunikacija*, Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo 2003.
- [5] Siemens Dematic AG, *IRV 1000 Modul description,s* Part 1,2 and 3, Maintenance training, Siemens Dematic AG, Konstanz 2002.
- [6] Fatima, M., *Prilog razvoju modela automatizacije i optimizacije sistema za obradu poštanskih pošiljki*, Magistarska teza, Mašinski fakultet Beograd, Beograd 2006.
- [7] Pegden, D., Shannon, R., Sadowski, R., *Introduction to Simulation Using Siman*, Mc Graw-Hill, London 1995.
- [8] Rockwell Software, *Arena Academic Software Version v.7.01.00*, Rockwell Software 2006.

R e s u m e

Starting from the important and possibility of applying computer technologies in designing and management of business and manufacturing systems and in advanced automation; important of the computer simulation in advanced automation is given in the paper. For the example of the computer simulation in the postal items processing, the paper gives the approach of the BIH post in the postal items processing automation and computer simulation applying in optimal parameters selection for the letter postal items processing.

33. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

33rd JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



13. simpozijum

MENADŽMENT KVALITETOM

Zlatibor, maj 2007.

MENADŽMENT KVALITETOM QUALITY

Andreş, S. LA QUALITE ET L'EFFICACITE DU MANAGEMENT. LES MANIERES DE CROISSANCE DE L'EFFICIENCE D'ORGANISATIONS	5.1
Avakumović, J., Avakumović, Č. KONCEPCIJA MENADŽMENTA U FUNKCIJI POSTIZANJA, ODRŽAVANJA I POBOLJŠAVANJA KVALITETA PROIZVODA.....	5.5
Brzaković, R., Marjanović, Z., Krstić, D. UPRAVLJANJE RIZIKOM I OBEZBEĐIVANJE KVALITETA U RAZVOJU SOFTVERA	5.9
Jovišević, V., Borojević, S. FABRIČKA PROIZVODNA KONTROLA U PROCESU CE OZNAČAVANJA INDUSTRIJSKIH PROIZVODA.....	5.15
Корешков, В., Кусакин, Н., Алексеева, Т. АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ	5.21
Marjanović, Z., Brzaković, R., Krstić, D. POBOLJŠANJE KVALITETA DIJAGNOSTIKE ASINHRONOG MOTORA PRIMENOM METODE FREKVENTNE ANALIZE	5.28
Mikić, D., Alihodžić, A., Milekić, M., Pejić, V. PROBLEMATIKA AUTOMATIZACIJE UPRAVLJANJA KVALITETOM NA NIVOU PREDUZEĆA	5.34
Radanov, B., Milanović, D. БУДУЋИ ПРАВЦИ КОНТРОЛЕ ПРЕТХОДНО УПАКОВАНИХ ПРОИЗВОДА У СКЛАДУ СА НОВИМ ПРИСТУПОМ У ЕВРОПСКИМ ОКВИРИМА	5.39
Skoko, D., Crnojević, C., Ristivojević, M. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОДРЕДЈИВАЊЕ ОСЕТЉИВОСТИ ПНЕУМАТСКОГ КОМПАРАТОРА	5.43
Toth-Tascau, M., Dragulescu, D., Vigaru, C., Dreucean, M. QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF LOPIFO LABORATORY.....	5.48
Veljić, M., Živković, D., Takov, G. OPERATIVNA GOTOVOST BERAČA KUKURUZA KAO MERILO KVALITETA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA	5.52

[**← NAZAD**](#)



**LA QUALITE ET L'EFFICACITE DU MANAGEMENT .
LES MANIERES DE CROISSANCE DE L'EFFICIENCE D'ORGANISATIONS.**

Solomia Andreș, docteur en économie, lecteur a l'université "Eftimie Murgu" de Reșița,
la Faculté des Sciences Économiques et Administratives 1-4, rue Piata Traian Vuia Resita,
Caras-Severin, Roumanie E-mail: mia.andres@yahoo.com

Resumé

L'ouvrage présente les approches de la problématique de l'efficience de l'organisation, quelques contributions et des conclusions théorétiques et pratiques concernant les changements fondamentaux dans l'exercice du management que doivent se produire pour augmenter l'efficience sociale et implicitement celle d'organisation.

Mots clés : efficacité, efficience, changement, management, organisation

INTRODUCTION

Pour avoir succès dans la promotion de d'efficacité et de l'efficience des affaires, TQM doit être implémenté dans l'organisation entière, commençant avec le chef exécutif, avec les directeurs généraux et avec la direction supérieure entière, qui doivent tous démontrer qu'ils abordent, dans une manière très sérieuse, le problème de la qualité.

L'efficience managériale est délimité avec difficulté de l'efficience intégrale de l'affaire. Cependant comme une contribution théoretique et pratique, nous avons choisi les marqueurs principaux qui rassurent la performance du management, ainsi (1,2): la croissance du profit -exprime par le rapport entre le profit du moment; la croissance du chiffre d'affaire; la corrélativement du fond de salaries avec la productivité l'accroissement de la productivité par rapport a l'année antérieure; l'accroissement de l'exportation et la réduction du rapport entre le cours de retour et la valeur d'échange en devises-le pourcentage entre les réalisations exprimées en USD d'une année par rapport à l'année précédente; Le rapport entre le cours initial (CR) et la valeur d'échange en devises (CSV) doit entre plus petit une année que le même rapport de l'année antérieure; le taux des liquidités générales a plus 1-la capacité d'une entreprise de transformer dans une courte période de temps, sans pertes, des matériaux dans les moyens liquides de paiement; la croissance de la valeur ajoutée nette AVA la croissance est exprimée comme le rapport de pourcentage entre AVA réalise dans l'année précédente; les priorities de restructuration; la mesure dans laquelle le management est préoccupé par a restauration; la croissance de la valeur de l'action aux organisations cotées à bourse; le climat social de l'organisation; la réduction du niveau de la pollution.

En tentant compte du domaine d'application du management le domaine des indicateurs d'efficience peut être élargi d'autant plus que la performance du management concerne toute l'affaire, l'ensemble de l'organisation.

Parce que l'efficience d'affaire comprend aussi l'efficience des ressources humaines , ainsi que l'efficience des activités dans une organisation; des indicateurs pour apprécier la performance du management peuvent être considérés aussi des indicateurs analytiques, synthétiques pour ces deux formes d'efficience, mais aussi de nouvel indicateurs avec un degré de généralisation plus grand : du type de productivité, du profit, des coûts, de la capacité, de autofinancement, de l'amélioration de la position de la concurrence, du potentiel de développement future , des programmes d'investissements par la croissance du volume de financement - le financement des objectifs, l'amélioration des conditions de vie des salaries, la contribution a la réduction du chômage.

En conclusion, la performance managériale comprend des performances économiques, financières, stratégiques, sociales et écologiques.

L'efficience du management microéconomique peu être quantifiée et non quantifiée. Ainsi l'efficience quantifiée que celle non quantifiée ont une dimension pressente et une autre de perspective, si nous tenons

compte du fait qu'une partie importante des résultats de la rationalisation des sous-système de la direction est obtenue Durant une certaine période des temps.

Tous ces éléments précis prouvent le caractère multidimensionnel de l'efficacité managériale, la complexité et la diversité des rapports entre l'efficacité et le management.

L'EFFICACITE ET L'EFFICACITE DES MANAGERS

Dans l'approche de la problématique de l'efficacité du management nous considérons qu'il faut tenir compte: de la découverte de certaines méthodes et techniques qui permettent la différence d'aborder la manière de la problématique complexe de l'efficacité; l'emploi de l'efficacité non quantifiée comme la forme la plus évidente de l'efficacité dans ce domaine.

Il est aussi important de prendre en considération de l'efficacité de perspectives, propagée, enregistrée après une certaine période de temps. D'ailleurs, c'est l'une des éléments des spectres en ce que concerne l'efficacité des autres domaines d'activité et qui crée une série de blocages de managements dans l'emploi du potentiel créative du personnel implique dans le procès de management. Les blocages s'expliquent par le fait qu'un grand nombre de nouveau managérial par la projection ou la reprojction des systèmes de management, de la connaissance du potentiel des ressources humaines de l'organisation pour leu emploi efficace.

Malheureusement on ne prend pas en considération les particularités de ce système complexe et dynamique où ressources humaines agissent. On préfère souvent des solutions technique à des solutions organisatoriques, managériales même si abordées en perspective leur efficacité et réduire ou même inexistante

Il existe une tendance pour obtenir des effets immédiats et les changements techniques ou technologiques mènent à de tels effets sans trop prendre en considération la perspective de l'organisation. On constate aussi que l'on néglige des aspects quantitatif, non quantitatif, bien qu'ils soient preponderent dans le domaine du management.

Il est vrai que la but final de toute l'organisation est d'obtenir un grand profit, mais il est aussi vrai le fait que le niveaux de celle-ci complexe de l'efficacité du système social s'amplifie de plus en plus si nous temps compte

La croissance sociale a démontre que le facteur humain représente une source importante de l'augmentation des sciences sociales, l'investissement dans le facteur humain est devenu au moins aussi rentable de celui effectuée dans le domaine de la technologie. Ce n'est pas par hasard le fait que l'on met de plus en plus l'accent sur le développement de la fonction sociale humaine de l'organisation.

Ainsi, le perfectionnement des ressources humaines, qui participent à l'activité développe à l'intérieur de l'organisation, devient une condition nécessaire pour maintenir l'équilibre au sein de celle-ci.

On connaît le fait qu'une efficacité élevée peut être obtenue aussi en adaptant l'organisation aux changements politiques, sociaux, culturels, technologiques etc., ainsi que par l'amélioration des conditions de travail de l'organisation.

La rentabilité économique démontre la nécessité de promouvoir de nouveaux moyens pour une meilleure implication des salariés dans l'activité concernant l'activité de direction et d'exécution de l'organisation et la diversité des manières de stimulation du personnel et corrélés les revenus avec les résultats de travail.

Dans certains ouvrages de spécialité, surtout de l'enger, à cote de la notion d'efficacité du management apparaît aussi celle d'efficacité.

Au fond, l'efficacité est un attribut de l'homme. Et comme les ressources humaines ont lieu et rôle bien détermine au cadre de l'organisation, on peut affirmer que dans le processus de management et d'exécution les membres de l'organisation, soit managers ou exécutants sont plus ou moins efficaces.

L'efficacité est la contribution personnelle à la productivité, à la rentabilité, au développement et à la créativité et en fin aux résultats en chiffres concrets de l'interprétation.

Claude Duval parlait d'une conduite efficace comme celle par laquelle on atteint un objectif provisionne avec une économie suffisante de ressources financières.

Les ressources de l'efficacité sont la personnalité, les connaissances, la mémoire, la raison, les relations entre les individus.

L'efficacité, en général et l'efficacité du management, en particulier, résolvent de la manière de l'intervention des ressources dans le processus du travail, des résultats dus au travail individuel des membres de l'organisation.

L'efficacité du management est en essence la qualité d'un manager ou sa manière d'agir pour obtenir les résultats désires.

L'efficacité sociale du management se referme aux aspects quantifiées directement, mais, aussi beaucoup de conséquences sur tous les facteurs impliqués dans l'activité de l'organisation et d'abord, sur les facteurs humaines.

L'efficacité de managers influence directement l'efficacité sociale et constitue en même -temps un

élément important qui la compose.

Si l'efficacité du management est déterminée en fonction des efforts pour le fonctionnement et pour le perfectionnement et des effets directs obtenus, l'efficacité est le résultat d'une manière d'agir des managers pour réaliser les objectifs précaires et implicitement, de l'efficacité économique.

Les éléments qui influencent l'efficacité organisationnelle sont : la culture et le climat organisationnel; le style de diriger ; la satisfaction du travail, la motivation.

Parmi ces éléments, la culture organisationnelle est dominante. Les employés avec un puissant système de valeurs ont un but dans la vie et leur conduite est facile à comprendre parce que les valeurs influencent tout ce qu'ils réalisent.

La loyauté puisse être reconnue facilement dans la conduite d'une personne qui laisse influencée par ces valeurs.

L'importance et la nécessité d'aborder la problématique sont influencées dans la manière d'exercer son rôle social humain au cadre de l'organisation.

L'efficacité sociale, comme partie de celle d'organisation constitue le changement le plus évident qui doit se produire celui-ci suppose des managers des organisations roumaines.

Les manières de croissance de l'efficacité du management et l'efficacité des organisations

Réaliser l'objectif fondamental de toute organisation l'accroissement de l'efficacité sera possible seulement si les managers des organisations comprendront la nécessité évidente d'adapter au changement, aux situations nouvellement parues. L'évolution dans ces circonstances exige mettre l'accent sur le côté créatif du management, des changements profonds dans la manière d'aborder les problèmes organisationnelles pour exercer ses fonctions de diriger, dans le style pratique par les managers à tous les niveaux hiérarchiques, par des méthodes et techniques utilisées pour réaliser les objectifs fondamentaux.

Les manières d'accroître l'efficacité de l'activité de l'organisation à présent sont (1 ; 3) :

a) L'accélération de processus de privatisation, période où les managers créatifs ont le rôle d'élaborer un projet pour adapter le changement et de comprendre le fait qu'au moment où les actifs sont contrôlés par les membres de l'organisation ceux-ci puissent produire de la valeur ajoutée nette et l'effet du changement des relations de propriété va se manifester par une croissance de la productivité du travail et de la qualité des produits et services;

b) La reconstruction rapide, spécialement managériale, ce qui constitue l'un des supports vitaux de la privatisation et une composante essentielle de processus de transition, le développement duquel dépend, dans une grande mesure, de l'habileté et du professionnalisme des managers. La restructuration managériale a en vue la correction des dysfonctionnements de la direction des organisations, étant intéressées par l'augmentation des performances économiques comme effet du déroutement des contrats de management et la restructuration financière a en vue l'augmentation où les managers créatifs ont un rôle particulièrement important dans ces amples processus;

c) La division de grandes organisations et leur transformations en compagnies viables, efficaces en encourageant la formation de petites et moyennes entreprises suite à la division, mais aussi à cause de la création de nouvelles petites entreprises privées ;

d) Assurer un climat organisationnel par une culture organisationnelle qui puisse présenter le cadre pour définir le concept et la mission de l'organisation, les effets se retrouvent dans la bonne organisation, le déroulement et le but du travail des managers ainsi que d'autres employés ;

e) L'accroissement de l'importance de l'activité créative et la réduction au minimum de l'activité de routine par l'implication plus soutenue des managers créatifs ayant une pensée soutenue fondée sur des raisonnements logiques, sur les corrélations entre les activités qui se déroulent dans l'organisation et la fonction de diriger;

f) Des mutations importantes dans l'exercice de la fonction de prévoir pour souligner le côté créatif du management; des préoccupations de la part de l'équipe managériale pour élaborer des projets réalistes, pour créer des algorithmes nouveaux, élaborer des stratégies de développement fondées sur des méthodes euristiques et des personnes qualifiées de l'intérieur ou de l'extérieur de l'organisation ;

g) Des changements dans l'exercice de la fonction d'organiser entraînant l'équipe managériale à découvrir les parties qui freinent le déroulement efficace des activités pour trouver les meilleures variantes en ce qui concerne le placement et assurer son personnel pour définir le système optimal de relation entre les éléments de la structure et assurer une flexibilité qui permette le déroulement des activités avec une efficacité maximale ;

h) L'introduction des changements dans l'exercice de la fonction d'entraîner ce qui suppose une attention particulière de la part du manager créatif pour dérouler des actions spécifiques et réaliser une image concrète de ressources humaines au cadre de l'organisationnel. Les modalités concrètes d'agir pour

accroissement de l'efficacité de ('organisations sont: élaborer le diagnostic des ressources humaines, créer un climat qui puisse stimuler la communication, introduire des systèmes pour motiver le personnel conformément aux responsabilités de l'organisation;

i) L'amélioration de l'exercice de la fonction de coordonner par des moyens moderne pour transmettre les informations, élargir les possibilités de communication directe avec les collaborateurs et le personnel du sous-ordre..adapter en permanence le manager aux particularités du collaborateur ou le sous ordonne quand celui -ci transmet un message ;

j) L'introduction des changements dans l'exercice de la fonction de contrôler par les managers créatifs en créant un système de valeurs au cadre de l'organisation qui puisse permettre d'adapter la conduite aux particularité des ressources humaines et informer le personnel des le début sur le système de récompenses et sanctions qui sera applique en fonction du résultat obtenu, développer l'autocontrôle sur sa propre activité ;

k) Faire croître de degré de réceptivité des managers par rapport a la nouveauté ce qui est détermine plusieurs fois par la hâte d'éviter un problème, des choses qui peuvent être corriges par des rencontres périodiques avec les collaborateurs, les conseils et les membres de l'équipe managériale ;

l) L'amélioration de la préparation des managers dans le domaine économique, sociologiques et du management, l'existence d'une compétence interpersonnelle étant nécessaire, qui puisse contribuer aussi par la compétence professionnelle a rendre le travail plus efficace au cadre de l'organisation et qui doit mettre en valeur soigneusement le rôle des gens comme partenaires égaux dans le processus du changement ;

m) L'adaptation avec mesure des méthodes et des techniques pour simuler la créativité dans les secteurs ou elles ne sont pas connues, l'initiative des manager créatifs pour organiser des cours au caractère pratique dont le contenu doit être adapté au spécifique de l'activité qui se déroule au sein de l'organisation;

n) L'utilisation des ordinateurs dans le processus d'analyse et d'évaluation des alternatives décisionnelles spécialement quand on emploi des méthodes annalistiques pour simuler l'active.

CONCLUSIONS

Dans les conditions de l'accentuation de l'aspect qualitatif et créatif du management dans les organisations roumaines trouvées en changement continu, il y a certainement d'autres modalités d'augmentation de l'efficacité de l'organisation, celles présentées étant considérées plus importantes et ayant priorité dans le contexte national. Le management de la qualité totale est un procès en développement continu. Il y a un soutien théorique et pratique exceptionnel pour l'extension et le développement de celui-ci.

Le dynamisme des changements contribue aux modifications importantes et accélèrent le rythme pour réorganiser et renouveler l'activité de la part des managers en supposant un niveau élevé de professionnalisme pour identifier le besoin du changement d'une cote a de l'autre cote pour le fixer.

Pour avoir succès dans la promotion de l'efficacité et de l'efficacité des affaires, TQM doit être implémenté dans l'organisation entière, commençant avec le chef exécutif, avec les directeurs généraux et avec la direction supérieure entière, qui doivent tous démontrer qu'ils abordent, dans une manière très sérieuse, le problème de la qualité.

La réalisation de l'objectif fondamental de toute organisation, l'augmentation de l'efficacité, sera possible seulement si les managers des organisations comprennent la nécessité urgente de l'adaptation au changement, aux situations nouvelles apparues. L'évolution, dans cette conjoncture nécessite l'accentuation de l'aspect créatif du management, des changements profonds dans la manière d'aborder les problèmes organisationnels, dans l'exercice des fonctions de direction, dans le style de management pratiqué des managers de tous les niveaux hiérarchiques, dans les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation des objectifs fondamentaux.

BIBLIOGRAPHIE

[1] S.Andres, Managementul participativ, cale de crestere a eficacitatii conducerii si eficientei activitatii organizatiei, Ed. Mirton, Timisoara, p177,2006

[2] S.Andres, Bazele managementului, Ed. Efimie Murgu, Resita, p113,2005

[3] A.Androniceanu, Managementul schimbarilor, Ed. All Educational, Bucuresti, 1998

[4] Al.Redes, V. Petrescu, S. Grigoriu, R. Hapan, Calitatea totala- element de referinta in noua era a managementului, Centrul editorial poligrafic ASE, Bucuresti 1995, p 29



Mr Julija Č. Avakumović¹, Dr Čedomir Avakumović²

KONCEPCIJA MENADŽMENTA U FUNKCIJI POSTIZANJA, ODRŽAVANJA I POBOLJŠAVANJA KVALITETA PROIZVODA

Rezime: Složenost i porast obima poslovanja proizvodnih sistema i porasta asortimana proizvoda, kao i formiranje multinacionalnih kompanija sa složenom organizacionom strukturom, zahteva nove koncepcije menadžmenta. Cilj razvijanja sistema kvaliteta menadžmenta je da se eventualne greške u poslovanju na vreme otklone. Razvijaju se nove koncepcije menadžmenta i stilovi menadžmenta koji se stalno usavršavaju, unapređuje se timski rad. Sve se više koristi računarska tehnika u komuniciranju i donošenju menadžerskih odluka.

Ključne reči: kvalitet, koncepcija menadžmenta, proizvod, uspešnost

UVOD

Sušтина savremenog koncepta kvaliteta nije statična kategorija koja se oslanja na standarde serije ISO9000 i dobijanje odgovarajućih certifikata, već je on podložan stalnim promenama, usavršavanjima i unapređenjima, jer je konkurentska prednost njihova težnja i želja da u tome budu ispred nas, bar za „polu koraka“. Da bi se mogli zadovoljiti rastući zahtevi potrošača neophodno je stalno povećavati nivo kvaliteta. Na mogućnost ostvarenja konkurentske prednosti utiču brojne aktivnosti koje se obavljaju u procesu kreiranja, proizvodnje, prodaje, isporuke i održavanja proizvoda.

Top menadžment treba da predvodi, podstiče i unapređuje aktivnosti vezane za menadžment kvaliteta. Znači, kvalitet nije nešto posebno što se može izdvojiti iz proizvoda, već da mora biti uključen u sve poslovne aktivnosti proizvodnih sistema.

Funkcionisanje poslovnih-proizvodnih sistema sastoji se u izvršavanju njegovih funkcija. Menadžment je jedna od značajnih funkcija kojom se obezbeđuje funkcionisanje organizacije poslovno proizvodnih sistema. Svaki poslovno proizvodni sistem ima svoju koncepciju funkcionisanja, bez obzira da li je ona pismeno formulisana ili ne. Kako nijedna koncepcija funkcionisanja organizacije poslovno proizvodnog sistema, objektivno ne može da precizira sve detalje koji mogu nastati u praksi neophodno je da ista tumači pri njenom sprovođenju, što je zadatak finansijskog menadžmenta. Značajno je istaći da je i u slučajevima kada je koncepcija organizacije poslovno proizvodnog sistema normativno detaljno formulisana i poznata svim izvršiocima, sistem ne može da funkcioniše bez menadžmenta koji koordinira autoregulaciju svakog pojedinca sa normativnom regulacijom funkcionisanja sistema kao celine.

Ostvarujući i poboljšavajući kvalitet svojih proizvoda poslovno proizvodni sistem ostvaruje konkurentsku prednost u dužem roku po osnovu bolje tržišne pozicije, manjih troškova i veće profitabilnosti. Da bi se to moglo ostvariti potrebno je na odgovarajući način upravljati aktivnostima i procesima koji omogućavaju da proizvod ima željene karakteristike. Upravljanje kvalitetom je efikasan način za sprovođenje tih aktivnosti.

Primenom principa menadžment kvaliteta, na sve aspekte i principe poslovanja dolazimo do koncepta menadžmenta ukupnog kvaliteta (Total Quality Management - TQM). Osnovni cilj menadžmenta ukupnog kvaliteta se zasniva na neprekidnom poboljšanju.

¹ Viša tehnička mašinska škola, Zemun emial:julija09@yahoo.com

² Viša tehnička poslovna škola, Užice

Ovakav pristup u sadašnjim uslovima poslovanja je neophodan da bi se ostvarila konkurentna prednost. Znači da ukupni kvalitet iskazuje ideju da svi zaposleni, preko svake funkcije i nivoa u organizaciji poslovno proizvodnog sistema, treba da teže kvalitetu, odnosno izvrsnosti svakog aspekta poslovanja sistema.

Menadžment nam ukazuje da se teži kvalitetu kao posledici procesa menadžment kvaliteta.

2. PROIZVOD

Većina poslovno proizvodnih sistema se definiše proizvodom. Teodor Levit (Theodor Levitt), je ukazao još pre par desetina godina na opasnost od usredsređivanja na proizvod i zanemarivanje potrebe koja se krije iza njega.

Postoje četiri puta kako sistem odlučuje šta će prodavati, a to su:

- prodaja nečeg što već postoji,
- proizvodnja nečega što neko traži,
- anticipiranje nečega što će neko tražiti,
- proizvodnja nečega što niko nije tražio, ali što će doneti kupcima veliko zadovoljstvo.

Važi pravilo: „Nemojte samo prodavati proizvod – prodajte doživljaj. Pomozite kupcu da upotrebljava proizvod, objasnite mu kako funkcioniše, kako se može bezbedno koristiti, kako mu se može produžiti vek.“ Profit proizilazi iz pronalaženja načina da se isporuči veća vrednost kupcima. Piter Drucker upozorava: „kupci ne smatraju da je njihov posao da proizvođačima obezbede profit.“ Poslovno proizvodni sistemi moraju da smisle ne samo kako da povećaju prodaju već kako da osiguraju ponovljenu prodaju. Najveći profit potiče od ponovljene prodaje proizvoda.

Proizvod je opredmećen – materijalizovan skup tehničko-funkcionalnog, estetskog, ekonomskog i ergonomske kvaliteta, koji treba da zadovolji interese proizvođača u ostvarivanju ekonomskih ciljeva i interese potrošača u zadovoljenju potreba, zahteva i specijalnih želja. Svaki proizvod ima:

- sastav,
- klasifikaciju,
- život,
- kvalitet,
- dizajn,
- marku,
- pakovanje,
- prodajne usluge i dr.

U našem radu usredsredićemo se na kvalitet proizvoda.

3. PRINCIPI I KONCEPT TQM-a

TQM postaje sastavni element poslovnog razmišljanja, neizbežna strategijska alatka savremenog poslovanja poslovno proizvodnog sistema. TQM je sredstvo za obezbeđenje transformisanja i uz to postizanje konkurentne prednosti poslovno proizvodnog sistema. Njegovo širenje predstavlja i podršku i izazove za nov naglasak na rasurse specifične za sisteme u istraživanju strategijskog menadžmenta. Različite tehnike za trajno unapređenje kvaliteta su ključni elementi TQM koncepta.

Ukupni kvalitet nije neko određeno stanje ili nešto što se ne može menjati, već je to način rada koji predstavlja stalno unapređenje i različita prilagođavanja. Svaki proizvodno poslovni sistem nastoji da primenom i osavremenjavanjem i prihvatanjem novih ideja i metoda kvaliteta unapredi praktično i funkcionisanje proizvodnog sistema. U tom procesu najvažna je uloga u prvom redu top menadžmenta koje treba da inicira i usmerava sve zaposlene. Veoma je važno u tu svrhu imati plan i program obrazovanja zaposlenih po pitanjima kvaliteta.

TQM je svojevrsna filozofija menadžmenta, način mišljenja i aktivnosti kojima se uskladjuju interesi različitih stejkholdera.

Ukupni kvalitet se može definisati kao pristup ukupnom sistemu i integralni je deo strategije najvišeg nivoa, a funkcioniše tako što horizontalno povezuje funkcije, uključujući zaposlene na svim nivoima i obuhvata lanac dobavljača i kupaca.

Koncept TQM obuhvata sledeće elemente:

- usmerenost na zaposlene i ostale angažovane u proizvodno – poslovnom lancu,
- kontinuirano povećanje zadovoljstva kupca,
- stalno smanjenje stvarnih troškova,
- sistemski pristup poslovno proizvodnom lancu,
- horizontalna povezanost funkcija i organizacionih jedinica sistema (sektor, odeljenja, službe i dr.),
- angažovanost, odnosno uključenost u program svih zaposlenih,
- obuhvatanje lanca dobavljača i kupaca.

Menažment ukupnog kvaliteta nije usmeren na proizvodni proces, zadovoljenje određenih tehničko dizajnerskih performansi proizvoda ili samo na sistem kontrole na kraju procesa, već na sve poslovne aktivnosti i funkcije u poslovno proizvodnom sistemu.

Koncept obuhvata sledeće principe:

- kvalitet se postiže kontinuiranim poboljšanjem procesa i utvrđivanjem odgovornosti za svakog pojedinca u poslovno proizvodnom sistemu,
- pravi način za postizanje kvaliteta je rukovodjenje ukupnim procesima,
- pogrešan je način kontrole samo na kraju procesa,
- treba da bude utvrđena odgovornost svakog pojedinca za kvalitet njegovog rada, a ne kolektivna odgovornost,
- proces može biti unapredjen timskim radom, tako što bi se postavili, analizirali i rešavali problemi koji su sastavni deo tog procesa,
- menadžer treba da obučava i vodi radnike ka ostvarenju odgovarajućih performansi njihovog posla,
- standard rada (norme) kako kvalitativan tako i kvantitativan treba da se odredi za svakog pojedinca i za svaki posao,
- poslovno proizvodni sistem treba da saradjuje samo sa onim dobavljačima koji su u stanju da obezbede kvantitativne i kvalitativne ulaze,
- proizvodi se za kupca, ali ne po svaku cenu, već samo ako se poboljšavaju poslovni rezultati,
- osnovno je da bude poboljšanje radnih procesa i procedura uključujući sve funkcije i aktivnosti poslovno proizvodnih sistema.

4. POTREBA ZA RAZVOJEM MENADŽERSKIH KADROVA ZA POSTIZANJE, ODRŽAVANJE I POBOLJŠANJE KVALITETA PROIZVODA

Da smo mogli sa uspehom primeniti TQM, menadžment treba da:

- određuje zaduženja,
- postavlja ciljeve,
- planira,
- obaveštava,
- obrazuje,
- određuje uloge i utvrđuje odgovornosti,
- zahteva od zaposlenih odgovornost u svemu što im je povereno,
- odaje priznanje onima koji daju doprinos TQM-u, i dr.

I pored primene nabrojanih elemenata rukovodjenja, u mnogim poslovno proizvodnim sistemima primena TQM-a suočava se sa teškoćama. Razloga za neuspeh ima mnogo. Obično je taj da menadžment sistema nije dosledan u opredeljenosti na kupca, na pogrešno shvaćenu i promašenu primenu principa kvaliteta. Potrebno je da menadžeri praksu kvaliteta prilagode vlastitoj kulturi ukoliko žele i očekuju da ta praksa i uspe. Ne može se očekivati da neki uspešan model TQM, koji se primenjuje u nekom poslovnom proizvodnom sistemu, isto bez adaptacije i prilagodjavanja se primenju i u drugom poslovno proizvodnom sistemu na jednako uspešan menadžment sistem. Svaki sistem ima svoje specifičnosti koje menadžment mora znati i prilagoditi osnovne principe TQM za posmatrani sistem.

U savremenim uslovima poslovanja koje karakteriše brz tempo razvoja nauke, tehnike i informatike potrebni su talentovani i kreativni menadžeri koji su u stanju da razviju organizuju i ljudske resurse koji će moći prilagoditi spoljnim promenama, odnosno da prilagode organizaciju i sistem rukovodjenja tim promenama.

Rast obima i složenosti poslovanja poslovno proizvodnih sistema, preko porasta asortimana proizvoda i formiranja multinacionalnih sistema sa veoma složenom i heterogenom organizacionom strukturom uslovljava i nove koncepcije menadžmenta, poznate kao: menadžersko usmeravanje i kontrola, menadžment na principu izuzetaka, menadžment na principu učešća, menadžment delegiranjem, menadžment prema ciljevima i sl.

Sistem menadžmenta je potrebno stalno razvijati i usavršavati bez obzira da li se radi o poslovno proizvodnom sistemu u fazi rasta ili stagnacije.

Uspešan menadžer postiže ciljeve preko svojih saradnika. Njegov uspeh upravo zavisi od produktivnosti njegovih saradnika, motivacije i volje da zajednički rade kao jedan tim. Permanentan zadatak menadžera je da tim učini isto efikasnijim. On treba da stalno analizira rad tima i iznalazi rešenja za poboljšanje timskog rada. On mora primenjivati različite stilove u menadžmentu u zavisnosti od konkretne situacije i ličnosti. Potrebno je da menadžer poseduje odgovarajuće karakteristike i da vremenom usavršava svoja znanja i radi na svom razvoju kako bi moga te povećane kompleksnosti odnosa i zadataka što uspešnije rešavati.

5. ZAKLJUČAK

Efikasnost svakog menadžera zavisi od njegovog znanja, kvalifikacija, stavova i planiranja. Razvoj menadžerskih kadrova je veoma kompleksan. Da bismo obezbedili odgovarajući razvoj, menadžeri treba da uzmu u obzir uticaj tih bezbroj kompleksnih faktora. Potrebna je stalna edukacija kadrova – menadžera kako bi smo postigli, održali i poboljšali kvalitet naših proizvoda. Ta edukacija menadžerskih kadrova treba da bude zasnovana na permanentnom obrazovanju, jer bez stalnog usavršavanja kadrova nema primene novih naučnih i tehnoinformatičkih dostignuća.

LITERATURA

1. Avakumović Č.: Marketing, FIM, Kruševac, 2006.
2. Đuričić M.: Menadžment kvaliteta, FIM, Kruševac, 2005.
3. Glumić Z.: Implementacija TQM, Mobes Quality, Novi Sad, 2001.

THE CONCEPTION OF MANAGEMENT FOR OBTAINING, HOLDING AND IMPROVEMENT OF SERVICES QUALITY

Abstract: Complexity and increasing of business productively system, increasing of product, and formation multinational company with integrated organization structure, should have new conception of management. Purpose of management growth is to deduct on time any mistake. Development of new conception and styles of management have to develop and improve team work. Those days computer science is more in use for bringing managers decisions.

Key words: quality, conception of management, product, efficiency.



UPRAVLJANJE RIZIKOM I OBEZBEĐIVANJE KVALITETA U RAZVOJU SOFTVERA

Radomir Brzaković¹, Zoran Marjanović², Dejan Krstić³

Rezime: Menadžment rizikom se počeo razvijati tek pre nekoliko godina i još je u fazi proučavanja pojedinih faza menadžmenta. Postojeći standardi različito definišu i objašnjavaju faze menadžmenta rizikom što daje prostora za primenu po različitim modalitetima. Menadžment rizikom je neophodna podloga za unapređenje kvaliteta kao jednog od osnovnih zadataka prema standardima serije JUS ISO 9000:2001. Ovaj rad predstavlja pokušaj da se razmatranjem menadžmenta rizikom i obezbeđenja kvaliteta, kao procesa podrške u životnom ciklusu, identifikuju pravila i obaveze, u skladu sa utvrđenim standardima, koja će obezbediti kvalitet tokom životnog ciklusa, a i kvalitet samog softvera kao proizvoda.

Cljučne reči: softver, kvalitet, razvoj, proces, životni ciklus, standard, menadžment rizikom

1. UVOD

Danas, više nego ikada, softver tretiramo kao potrošnu robu. Surovost tržišne utakmica ubrzava smene generacija softverskih proizvoda, što često uzrokuje pojave grešaka u funkcionisanju softvera koje mogu imati različite posledice po korisnika. Ciljevi svetske softverske proizvodnje su JIT (Just In Time - pravovremene) aplikacije, broj grešaka jednak nuli, lako održavanje i korišćenje softvera. Nemoguće je sve ove ciljeve ostvariti, ali im se bar možemo približavati. Praksa pokazuje da se pri razvoju softvera vrlo malo pažnje poklanja menadžmentu rizikom, a jedan od načina da neke od ovih ciljeva ostvarimo ili im se bar približimo je i adekvatno i pravovremeno upravljanje rizikom. Koncept menadžmenta rizikom se zasniva na osnovnoj premisi da je menadžment rizikom planska, dalekovidna, strukturirana, informativna i stalno primenljiva tehnika. Ključ uspešnog menadžmenta rizikom je rano planiranje i agresivna implementacija. Dobro planiranje omogućava organizovani, sveobuhvatni i iterativni proces identifikacije i procene rizika, a zatim adekvatnog reagovanja. Važno je da se istakne da se analiza rizika, kao deo menadžmenta rizikom, može primenjivati u svim fazama životnog ciklusa softvera i da saglasno tome obezbeđuje niz pogodnosti.

2. PROCES RAZVOJA

Proces razvoja sadrži aktivnosti i zadatke projektanta. Proces sadrži sledeće aktivnosti : analizu zahteva, projektovanje, kodiranje, integraciju, ispitivanje, instaliranje i prijem softverskih proizvoda. Proces se sastoji od sledećih aktivnosti :

1. Implementacija procesa ;
2. Analiza zahteva sistema ;
3. Projektovanje arhitekture sistema ;
4. Analiza softverskih zahteva ;
5. Projektovanje arhitekture softvera ;
6. Detaljno projektovanje softvera ;
7. Kodiranje i ispitivanje softvera ;
8. Integracija softvera ;
9. Kvalifikaciono ispitivanje softvera ;
10. Integracija sistema ;
11. Kvalifikaciono ispitivanje sistema ;
12. Instaliranje softvera ;
13. Podrška prijemu softvera.

Imajući u vidu da svaka od ovih aktivnosti sadrži veliki broj zadataka i obaveza koje svaki učesnik, a prvenstveno projektant, mora da ispuni nameće se zaključak o nemogućnosti da se baš sve odradi u skladu sa propisanim standardima, ali i zaključak o obavezi da se svi učesnici maksimalno angažuju u pravcu obezbeđenja kvaliteta, kako bi smo dobili kvalitetetnu aplikaciju kao krajnji proizvod. Posmatrajući softver kao krajnji proizvod treba definisati attribute koji određuju osnovu za dalje preciziranje i opis kvaliteta softvera. Na slici 1 prikazana je tabela sa karakteristikama kvaliteta softvera. Na slici 2 su prikazani rezultati softverskih projekata.

¹ Radomir Brzaković, dipl. inf., Zastava automobili, email : brzijax@yahoo.com 034/325220-lokal 49-61

² Zoran Marjanović, dipl. maš. ing., Zastava automobili, Kragujevac, 034/325220-lokal 48-15

³ Dejan Krstić, dipl. maš. ing., Grupa Zastava Vozila, e-mail: krstic.dejan@zastava.net lokal 32-23

Kvalitet softvera	funkcionalnost	Da li zadovoljava formulisane ciljeve?
	pouzdanost	Kako cesto ispada?
	upotrebljivost	Koliko lako se koristi?
	efikasnost	Koliko resursa koristi?
	pogodnost za održavanje	Koliko lako se popravlja?
	prenosivost	Koliko lako se prenosi?

Slika 1. Karakteristike kvaliteta softvera



Slika 2. Rezultati softverskih projekata

- Grupu 1 čine uspešni projekti koji su završeni u skladu sa predviđenim rokom, u okviru planiranog bužeta i sa svim funkcijama i osobinama koje su inicijalno planirane.
- Grupu 2 čine projekti koji su završeni, ali su premašili budžet i predviđene rokove, i koji nude manji broj funkcija i osobina nego što je to inicijalno specificirano
- Grupu 3 čine neuspešni projekti, odnosno oni projekti koji su obustavljeni u nekoj tački razvoja.

3. UPRAVLJANJE RIZIKOM

- Identifikovanje i prioritizovanje rizika omogućuje timu da se fokusira na oblasti koje imaju najveći uticaj na projekat
- Odgovarajuće akcije za ublažavanje rizika smanjuje ukupni rizik projekta – što ima za posledicu brži završetak softverskog projekta
- Projekti koji se završe ranije manje koštaju, plus akcije smanjenja rizika dodatno umanjuju troškove
- Softverski projekti koji koriste upravljanje rizicima u razvoju softvera imaju manje “iznenadjenja” s obzirom da su identifikovali (i u mnogim slučajevima eliminisali) korene koji su uzrokovali iznenadjenja pre nego što se ista mogu pojaviti.

Neki od razloga za loše odvijanje softverskih projekata su:

- 1) Neadekvatno razumevanje potreba korisnika;
- 2) Siromašna dokumentacija o korisničkim zahtevima;
- 3) Loše upravljanje zahtevima korisnika;
- 4) Loš ili uopšte ne postojanje arhitekture/dizajna sistema;
- 5) Prvo programiraj, a kasnije postavljaš pitanja;
- 6) Loše razumevanje legacy dizajna/kodiranja;
- 7) Bez “peer reviews” kako bi se rano uočili problemi;
- 8) Neobučeni ili nesposobni tim;
- 9) Neefektivno testiranje

10 glavnih rizika po Boehmu su:

- 1) Kadrovski problemi;
- 2) Nerealni budžet i trajanje projekta;
- 3) Razvoj pogrešnih softverskih funkcija;
- 4) Razvoj pogrešnih korisničkih interfejsa;
- 5) Gold-plating;
- 6) Stalne izmene zahteva;
- 7) Manjkavosti eksternih komponenti;
- 8) Manjkavosti u poslovima obavljenim eksterno;
- 9) Manjkavosti u realtime obradi;
- 10) Ne rešavanje problema.

Na slici 3 su predstavljeni uobičajeni softverski rizici.

	Faktor rizika	Rizik sw projekta
Vlastiti razvoj	Loši korisnički zahtevi	80 %
	Veliki pritisak na vreme	65 %
	Nizak kvalitet	60 %
	Prekoračenje troškova	55 %
	Neadekvatna kontrola konfiguracije	50 %
Komercijalni	Neadekvatna dokumentacija korisnika	70 %
	Malo zadovoljstvo korisnika	55 %
	Dugo vreme izlaska na tržište	50 %
	Štetne konkurentne akcije	45 %
	Sudski troškovi	30 %

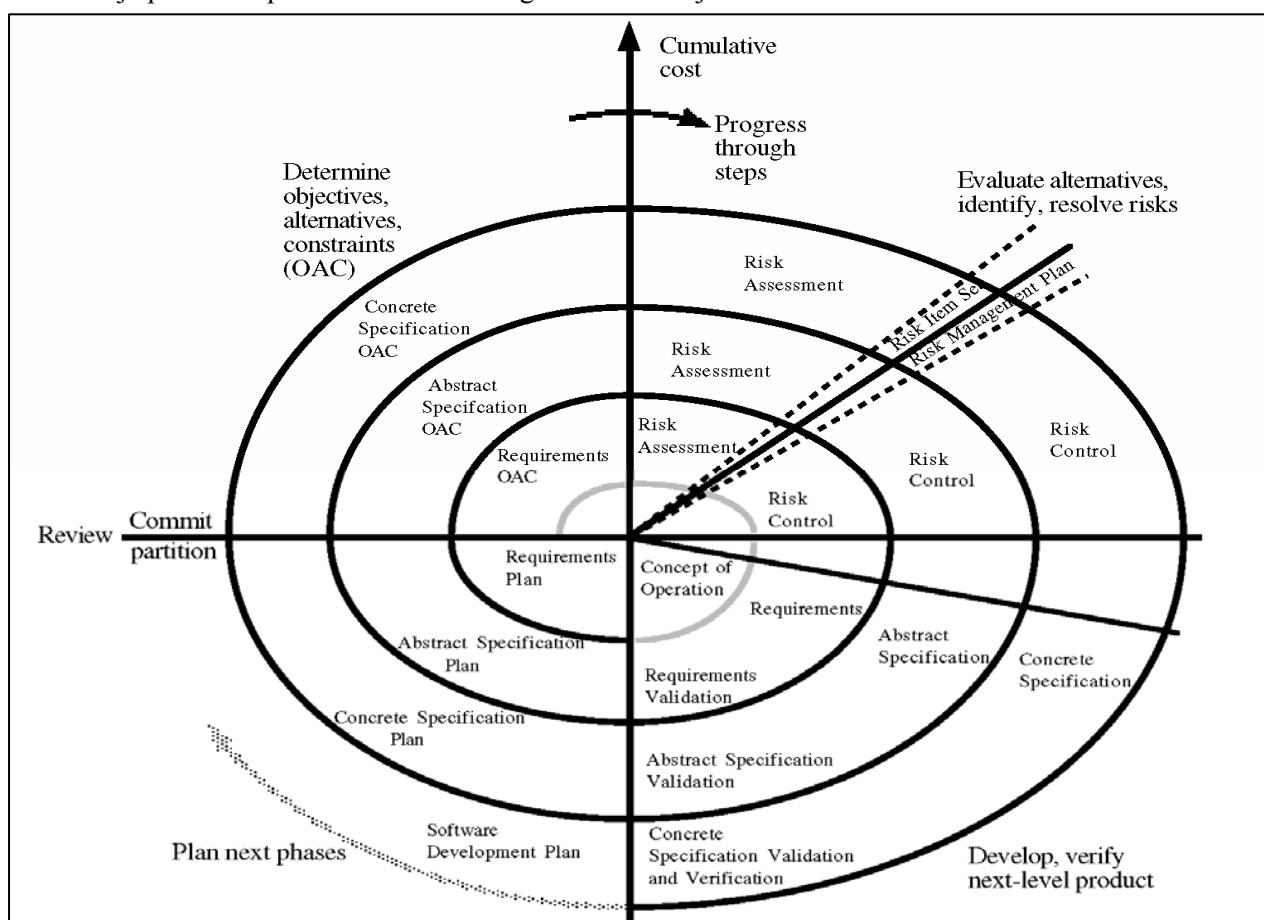
Slika 3. Uobičajeni softverski rizici

- Upravljanje rizicima je praksa sa procesima, metodama i alatima za upravljanje rizicima u razvoju softvera.
- Potreba za upravljanjem rizikom u razvoju softvera se može ilustrovati u Gilb-ovom principu vezanom za rizike: “Ako ne napadnete aktivno rizike, oni će aktivno napasti vas “
- Da bi se uspešno upravljalo projektom razvoja softvera, mora se učiti kako identifikovati, analizirati i kontrolisati ove rizike.

Boehm definiše 4 glavna razloga za implementiranje upravljanja rizikom u razvoju softvera:

- Izbegavanje propasti projekta, uključujući prekoračenja u budžetu i planovima, defektno-vodjenje softverskih produkata, i operativnih grešaka.
- Izbegavanje ponovnog rada prouzrokovanog pogrešnim, nedostajućim ili preambicioznim zahtevima, dizajniranjem ili kodiranjem, što tipično odnosi 40-50% ukupnih troškova u razvoju softvera.
- Izbegavanje prekoračenja u detekcijama i preventivnim tehnikama u oblastima sa minimalnim rizicima ili bez rizika.
- Stimulisanje “win-win” scenarija – softverska rešenja koja su upravo ono što klijent želi, dok sa druge strane proizvođač softvera ostvaruje zaradu koju očekuje.

Na slici 4 je prikazan spiralni model životnog ciklusa razvoja softvera.



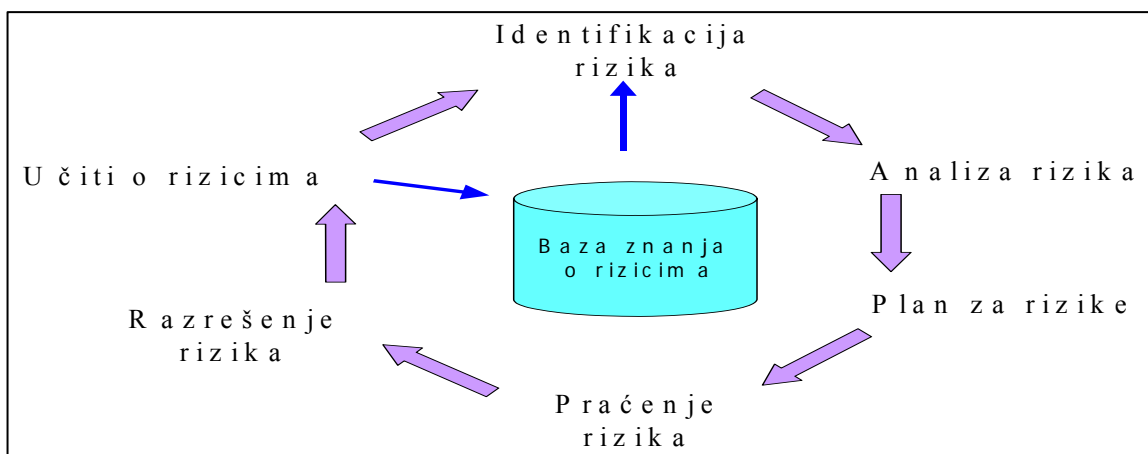
Slika 4. Spiralni model životnog ciklusa razvoja softvera

U tabeli 1 je predstavljena klasifikacija softverskih rizika.

Rizici projekta razvoja softvera	Rizici softverskih procesa	Rizici softverskih proizvoda
<i>Tehnički rizici</i>	<i>Nedokumentovani softverski proces</i>	<i>Nedostatak ekspertize</i>
<i>Upravljački rizici</i>	<i>Nedostatak efektivnih peer reviews</i>	<i>Kompleksni dizajn</i>
<i>Finansijski rizici</i>	<i>Ne postojane prevencije defekata</i>	<i>Slabo definisani interfejsi</i>
<i>Pravni i ugovorni rizici</i>	<i>Siromašni dizajn procesa</i>	<i>Slabo razumevanje legacy sistema</i>
<i>Personalni rizici</i>	<i>Siromašno upravljanje zahtevima korisnika</i>	<i>Nejasni ili nekompletni zahtevi</i>
<i>Ostali rizici resursa</i>	<i>Neefektivno planiranje</i>	

Tabela 1. Klasifikacija softverskih rizika

Na slici 5 je prikazan proces upravljanja rizicima



Slika 5. Proces UPRAVLJANJA RIZICIMA

4. PROCES OBEZBEĐENJA KVALITETA

Proces obezbeđenja kvaliteta je proces kojim se postiže adekvatno uverenje da su softverski proizvodi i procesi u životnom ciklusu projekta u skladu sa utvrđenim zahtevima i da se pridržavaju utvrđenih planova. Obezbeđenje kvaliteta može biti unutrašnje ili spoljašnje, zavisno od toga da li se dokaz o kvalitetu proizvoda ili procesa prikazuje rukovodstvu isporučioaca ili kupca. Obezbeđenje kvaliteta može koristiti rezultate drugih procesa podrške, kao što su verifikacija, validacija, zajednički pregledi, provere i rešavanje problema. Proces se sastoji od sledećih zadataka:

1. Implementacija procesa ;
2. Obezbeđenje kvaliteta proizvoda ;
3. Obezbeđenje kvaliteta procesa ;
4. Obezbeđenje sistema kvaliteta;

Polazeći od toga da svaka od aktivnosti u obezbeđivanju kvaliteta nosi sa sobom mnogo specifičnih podaktivnosti i zadataka koje dodatno usložnjavaju zahteve postavljene u procesu razvoja potrebno je identifikovati načine da se zahtevi kvaliteta ugrade u metode razvoja softvera. Kvalitet softvera je, u najvećoj meri, u rukama projekatanta i programera, tj. vođa razvojnih timova. Oni moraju definisati politiku izgradnje i testiranja željenog nivoa kvaliteta u različitim fazama razvoja softvera. Potrebno je definisati načine merenja pojedinačnih kvaliteta (po mogućnosti sa bročanom ocenom) i definisati kriterijume prelaznosti.

Neke od metoda i tehnika koje bi doprinele obezbeđenju kvaliteta u razvoju softvera su :

1. za utvrđivanje zahteva korisnika i zahteva standarda:

- SWOT (Strenght, Weakness, Opportunity, Threats),
- Benchmarking,
- QFD (Quality Function Deployment) i
- RE (Reguest Engineering).

2.za planiranje IS:

- HIPO (Hierarchical - Input - Proces - Output),
- SSA (Structured System Analysus) i
- OOA (Object Oriented Analysis) za složene i promenljive procese.

3.za projektovanje u užem smislu:

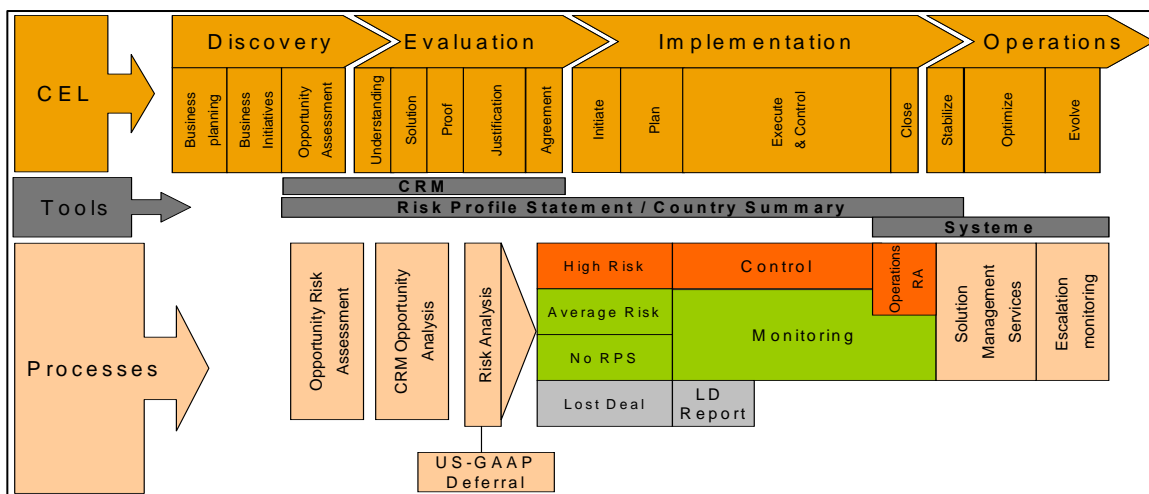
- alati za opisivanje procesa (Flow Chart, itd.),
- metode i alati za opisivanje zavisnosti entiteta (ERD - Entity Relation Diagram),
- metode za neposredno dizajniranje procesa (BSP, FAST i OOD – Object Oriented Design za složene i promenljive procese),
- metode informacionog inženjeringa (Rapid Prototyping i Reverse Engineering).

5. STRATEGIJE ZA RAZREŠENJE

Imajući u vidu prethodna razmatranja uočavamo da se rizik može javiti u bilo kom procesu ili aktivnosti tokom životnog ciklusa. Rizik,odnosno posledice koje on donosi,ne utiče samo na razvoj softvera i obezbeđenje kvaliteta,kao proces podrške u životnom ciklusu, već i na metode i tehnike čija bi primena trebala da doprinese obezbeđenju kvaliteta.Odavde možemo zaključiti da upravljanje rizikom predstavlja

ključni element za obezbeđenje kvaliteta, a samim tim i za kvalitet tokom životnog ciklusa, a i kvalitet samog softvera kao proizvoda. Jedan od zadataka upravljanja rizikom bio bi i da ukaže na najbolje metode i tehnike, za proveru svake faze životnog ciklusa, u cilju dobijanja što preciznijih i kvalitetnijih informacija o razvoju softvera i eventualnim problemima.

Na slici 6 prikazano je SAP-ovo rešenje za upravljanje rizicima



Slika 6. Proces upravljanja rizicima u SAP-u

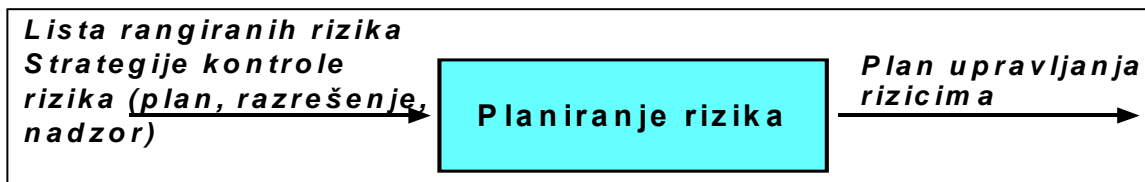
Da bi se ostvario kvalitetan, pravovremen i pouzdan menadžment rizikom potrebno je da se definišu zadaci tima za upravljanje rizikom.

5.1 Zadaci tima za upravljanje rizikom:

- Kreirati plan za ublažavanje rizika;
- Selekcija alata za otkrivanje rizika;
- Identifikovanje Referencnog modela rizika (ako je primenljiv);
- Asistencija u određivanju potrebe za nezavisnom procenom rizika;
- Održavanje plana za upravljanje rizicima;
- Generisanje izveštaja o rizicima (uključujući trendove i metričke analize);
- Razjašnjavanje, konsolidacija i dokumentovanje rizika;
- Nadgledanje statusa ublažavanja rizika i komuniciranje istog sa ocenjivačima rizika i vlasnicima rizika;
- Eskaliranje u komunikaciji ako su rokovi za ublažavanje rizika probijeni;
- Izvodjenje procesa "zatvaranja" rizika

5.2 Planiranje rizika i strategije za razrešenje

Na slici 7 prikazani su ulazi u proces Planiranja rizika i Plan upravljanja rizicima, kao izlaz iz tog procesa.



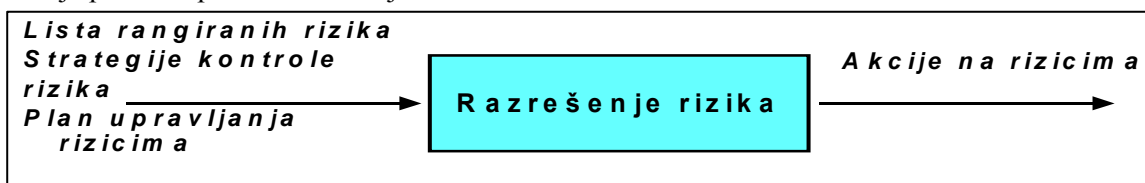
Slika 7. Planiranje rizika

Kroz proces planiranja dolazi se do **strategija za razrešenje**:

- Izbegavanje rizika - Onemogućiti pojavu rizika, smanjiti verovatnoću na 0
- Zaštita od rizika - Smanjiti verovatnoću i/ili konsekvence od rizika pre nego što se desi
- Smanjenje rizika - Smanjiti verovatnoću i/ili konsekvence od rizika nakon što se desio
- Istraživanje o rizicima - Pribaviti više informacija radi eliminacije ili smanjenja neizvesnosti
- Rezerve za rizike - Koristiti prethodno alocirane rezerve za budžet i vreme
- Transfer rizika - Reorganizovati stvari kako bi se rizici prebacili bilo gde (ka drugoj grupi, na primer)

5.3 Razrešenje rizika i opcije za razrešenje

Na slici 8 je prikazan proces Razrešenje rizika



Slika 8. Razrešenje rizika

Kroz ovaj proces dolazi se do **opcija za razrešenje**:

- **Izbeći rizike**-Selektovati drugu strategiju za dizajn ili implementaciju; Eliminirati korene uzroka rizika
- **Transfer rizika sa jednog dela sistema na drugi**-Preraditi odgovornosti/ugovor na projektu; Zmeniti critical path; Ponovo uraditi arhitekturu ili design
- **Pretpostavka rizika**-Saznati da nijedna akcija nije odgovarajuća; Uraditi planove nepredvidjenih situacija; Rezervisati fondove ili vreme, bazirano na uticaju rizika

5. ZAKLJUČAK

Sa aspekta razvoja sredstava informacionih tehnologija posebno u domenu alata, tehnika i metoda razvoja softvera očigledan je stalni raskorak između savremene razvojne prakse i stanja sistema koji su u eksploataciji. U današnje vreme se nove tehnologije primenjuju gotovo istog trenutka kada se pojave na tržištu bez obzira na stepen stabilnosti ili poverenja u njihovu funkcionalnost i/ili efikasnost. S obzirom na nepoznavanje potencijalnih sporednih efekata koje primena neproverenih ili nedovoljno ispitanih metoda tehnika i alata potencijalno sa sobom nosi, rizici razvoja složenih softverskih proizvoda se značajno povećavaju. Kroz upravljanje rizikom izdvajaju se “merljivi” dobici (bolja informisanost i postizanje ciljeva u planu i budžetu što ima za rezultat uštede, odgovarajuća alokacija rizika, bolje alociranje kontrolnih mera radi minimiziranja rizika, evidencija za bolje naredne projekte razvoja sw,...) i “nematerijalni” dobici (poboljšanje komunikacije, zajedničko razumevanje ciljeva projekta razvoja sw, pažnja menadžmenta fokusirana na stvarne rizike, profesionalni pristup ka kupcima,...). Menadžment rizikom je proces aktivnog donošenja odluka kojima se izbegavaju problemi pre nego što oni iskrsnu. Menadžment rizikom direktno poboljšava proces donošenja odluka naročito onih koji nose velike rizike, omogućavajući menadžerima da razumeju okruženje i rizike, zaštite sebe i kompaniju i tako dostignu postavljene ciljeve. Predviđanje događaja koji mogu da krenu naopako postaje svakodnevna aktivnost i menadžment rizikom postaje ravnopravan proces sa ostalim procesima. Upravljanje ili menadžment rizikom postaje neophodna i objektivna pretpostavka poslovnog uspeha. Sa druge strane upravljanje rizikom treba da obezbedi kontinualnu egzistenciju sistema. S obzirom na navedeno smatram da se kvalitet u razvoju softvera najbolje može ostvariti pridržavanjem standarda, uz što aktivnije upravljanje rizikom. U prilog ovoj tvrdnji ide i stav E. Yourdon-a (Yourdon, Edward, Rise & Resurrection of the American Programmer) : *visoko produktivne grupe za razvoj softvera su 600 puta produktivnije od niskoproduktivnih grupa. Zašto? Odgovor – prvi su usvojili napredne softverske procese. Upravljanje rizicima je ključna komponenta. Drugi su nastavili da čine greške.*

6. LITERATURA

- [1] Cvetinović Milivoje: Upravljanje rizikom u razvoju softvera i pristup IT revizije u analizi rizika elektronskog poslovanja, Power point prezentacija, FON, 2003
- [2] Arsovski, Zora: Informacioni sistemi, CIM Centar, Mašinski fakultet Kragujevac, 2002.
- [3] Procesi životnog ciklusa softvera JUS ISO/IEC 12207, Savezni zavod za standardizaciju, 2002
- [4] Gary Stoneburner, Alice Goguen, Alexis Feringa: Risk Management Guide for IT System, National Institute of Standards and Technology USA, July 2002;
- [5] Barry W. Boehm: Software Risk Management- Principles and Practices, 1991
- [6] S. Lisse: “Menadžment softverskim procesima”, Kvalitet 5/6, 2002
- [7] Brzaković Radomir: Obezbeđivanje kvaliteta u razvoju aplikativnog softvera, Zbornik radova Festivala kvaliteta, Kragujevac, 2005

RISK MANAGEMENT AND QUALITY ASSURANCE IN DEVELOPMENT OF SOFTWARE

Abstract: Risk management is being developed in few past years. Some phase of this process is still in consideration. Standards differently treat this process and give possibility to use in various modality. The risk management is necessary basis for quality improvement as one of main standard JUS ISO 9001:2001 requirements. This paper presents an attempt to identify principles and duties with reference to established standards, by considering risk management and obtaining quality, as a backing process in the life cycle, in order to achieve quality during the life cycle, and quality of the software itself, as a product.

Key words: software, quality, development, process, life cycle, standard, risk management



Vid Jovišević¹, Stevo Borojević²

FABRIČKA PROIZVODNA KONTROLA U PROCESU CE OZNAČAVANJA INDUSTRIJSKIH PROIZVODA

Rezime

U radu je prikazan tok procesa CE označavanja industrijskih proizvoda. Navedene su aktivnosti i rezultati koje treba proizvođač postići da bi na svoj proizvod postavio znak CE. Istaknut je značaj fabričke proizvodne kontrole u procesu pripreme proizvoda za CE označavanje. Prikazane su aktivnosti u okviru procedure za certifikaciju proizvoda i zahtjevi koji se odnose na fabričku proizvodnu kontrolu.

1. UVOD

Evropska zajednica je omogućila slobodnu trgovinu industrijskim proizvodima preko CE označavanja. U ovu svrhu razvijene su direktive novog pristupa koje definišu bitne zahtjeve za proizvode, koji mogu uticati na zdravlje i živote ljudi i domaćih životinja, te na interese potrošača i zaštitu životne okoline. Svaku direktivu novog pristupa prate određeni harmonizovani standardi, kojim se definišu svi ostali zahtjevi za proizvode.

Direktive novog pristupa, zajedno sa uredbama se smatraju najvažnijim zakonskim instrumentima. Svrha im je usaglašavanje različitih ciljeva EZ i njenih država članica. Ovi se dokumenti smatraju sredstvima za harmonizaciju, što podrazumijeva eliminaciju nacionalnih kontradikcija i konflikata među nacionalnim zakonima. Direktive su najvažniji zakonski instrument u uspostavljanju i jačanju unutrašnjeg tržišta EZ a odnose se na različite tehničke proizvode, koji zahtjevaju označavanje proizvoda oznakom CE.

Nakon isteka perioda koegzistencije pojedinih direktiva, nijedan proizvod se više nesmije pojaviti na tržištu bez CE označavanja, međutim to nije oznaka kvaliteta tog proizvoda. Dugo sanjani san o jedinstvenim postupcima ispitivanja i klasifikacije proizvoda unutar Evrope, postaje realnost. Proizvod koji je označen sa CE znakom može biti na tržištu širom Evrope i s njim se može slobodno trgovati.

Suprotstavljajući nacionalni standardi i regulative moraju biti povučeni od strane zemalja članica EZ. (npr. to se odnosi i na Njemački Ü - znak za prozore). Proizvođači, imaju mogućnost da provjere i uporede karakteristike proizvoda preko jedinstvenog sistema usaglašavanja proizvoda. Švicarska je jedina zemlja u Centralnoj Evropi koja nije obavezna da implementira CE označavanje, međutim i tamo, se ulažu naponi da bi se uvelo CE označavanje, kako bi na taj način bilo moguće učestvovanje na tržištu cijele EZ.

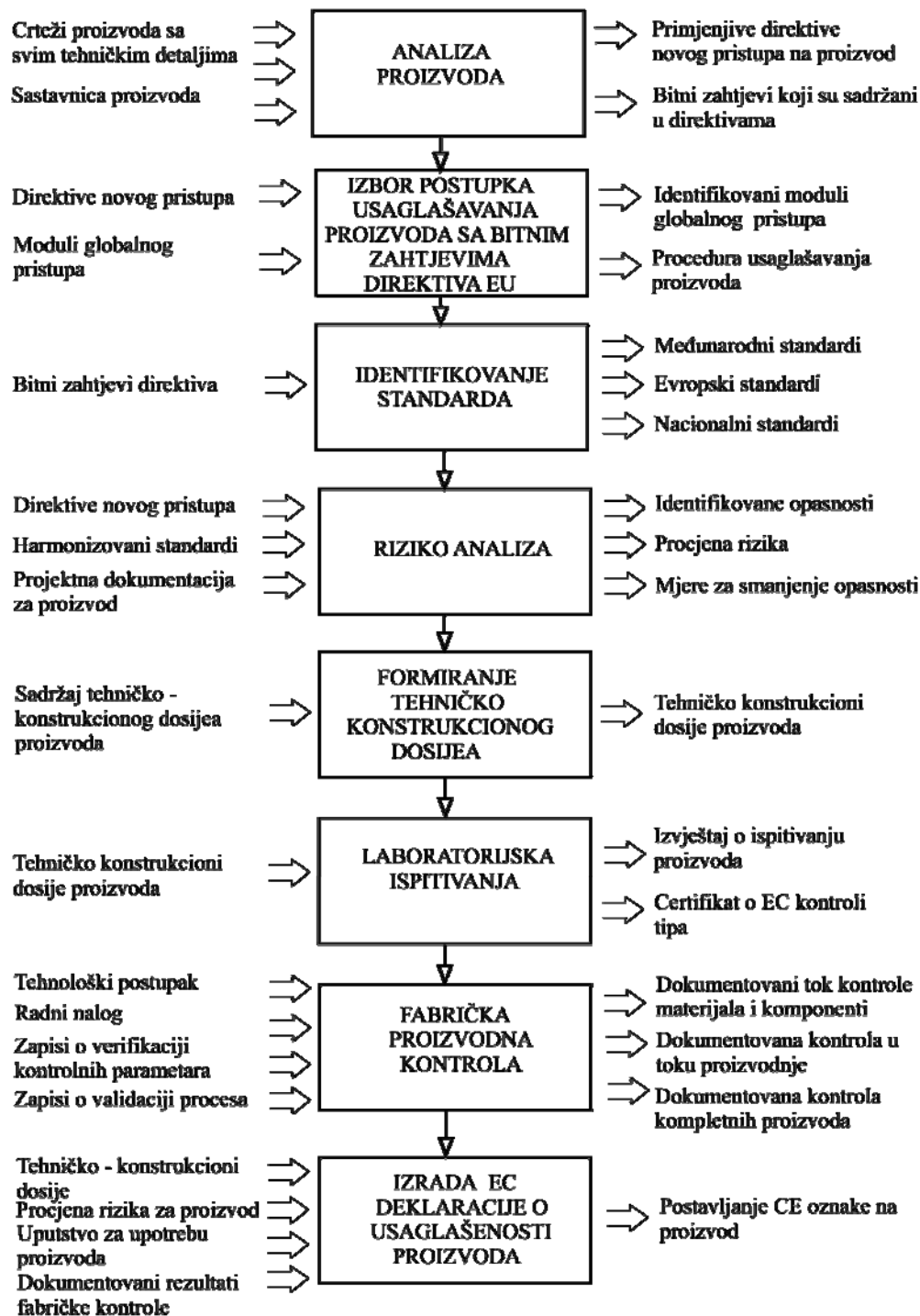
U ovom radu poseban akcent dat je na zahtjeve za sistem fabričke proizvodne kontrole, koji se ocjenjuje kao dio procesa certifikacije proizvoda i procesa tehničkog odobravanja. Ocjenjuje se fabrička proizvodna kontrola, kao dio procesa obezbjeđivanja da je proizvod, zadovoljio i nastavlja da zadovoljava usvojene/odobrene standarde.

2. CE OZNAČAVANJE INDUSTRIJSKIH PROIZVODA

U procesu projektovanja, proizvodnje, ispitivanja i prodaje proizvoda, uključeni su različiti učesnici, međutim na tržištu EZ, glavnu odgovornost za proizvod ima proizvođač. On mora da obezbjedi da se proizvod koji je namjenjen za tržište EZ, projektuje i izradi u skladu sa zahtjevima direktiva novog pristupa i odgovarajućih EN standarda. Takav proizvod koji je usaglašen sa navedenim zahtjevima ispunjava uslove za CE označavanje. Tok procesa CE označavanja industrijskih proizvoda prikazan je na slici 2.1.

¹ Prof.dr Vid Jovišević, Banja Luka, Mašinski fakultet, +387 51 468-320 vid.jovisevic@blic.net

² Asistent, Stevo Borojević, dipl.inž., Banja Luka, Mašinski fakultet, +387 51 468-320 stivcar@yahoo.com



Slika 2.1 Aktivnosti u procesu CE označavanja industrijskih proizvoda

3. PROCES FABRIČKE PROIZVODNE KONTROLE

3.1 Certifikacija

Proces ocjenjivanja otpočinje sa otvorenim sastankom kako bi se napravio pregled zahtjeva koji se trebaju ocjeniti, jer se provjeravaju svi aspekti procesa fabričke proizvodne kontrole preko zahtjeva. Ako se identifikuje odstupanje, koje nije u saglasnosti sa zahtjevima, tada se napiše izvještaj o neusaglašenosti, zajedno sa detaljima kompletnih korektivnih akcija.

Na kraju posjete u svrhu ocjenjivanja, održava se kratki zatvoreni sastanak kako bi se sumirao obim ocjenjivanja i identifikovale eventualne neusaglašenosti. U daljem procesu certifikacije, ocjenjivač kreira preporuku za certifikaciju ovlaštenom organu, ukoliko se ne identifikuju neke bitne neusaglašenosti, ili on daje preporuku za izvođenje punog ili djelimičnog ponovnog ocjenjivanja.

3.2 Održavanje certifikacije

Certifikati za proizvod se održavaju i čuvaju na snazi preko ocjenjivanja održavanja, posjetama i odgovarajućeg pregleda proizvoda, kao i ocjenjivanja proizvoda tamo gdje je to neophodno. Ocjenjivanje održavanja certifikacije vrši se kao i certifikacija, kako bi se potvrdilo da sistem fabričke proizvodne kontrole, kojim se upravlja od strane preduzeća i dalje nastavlja da zadovoljava postavljene zahtjeve. Ukoliko se pojavi neka bitna neusaglašenost, planira se ponovna posjeta kako bi se provjerile korektivne akcije. U ekstremnim slučajevima ili tamo gdje glavna neusaglašenost nije adekvatno rješena, certifikat može biti suspendovan.

Suspendacija certifikata se vrši na određeni vremenski period i može se jedino riješiti/ukinuti sa uspješnom ponovnom posjetom ovlaštenog ocjenjivača.

3.3. Aktivnosti u procesu certifikacije proizvoda

Priprema preduzeća za certifikaciju proizvoda treba da traje do ispunjavanja zahtjeva koji su navedeni u tabeli 1. za svaku aktivnost koju ocjenjivač planira.

Tabela 1. Zahtjevi za certifikaciju proizvoda

RED. BROJ	AKTIVNOST	ZAHTJEV
1.	<i>Pregled detalja o preduzeću i odgovornosti</i>	<i>Tokom posjete preduzeću u svrhu certifikacije proizvoda, ocjenjivač provjerava sve detalje iz aplikacione forme, kako bi se uvjerio da su svi detalji potpuno tačni. Od preduzeća zahtjeva da imenuje odgovornu osobu čija će odgovornost biti kontrola i sveobuhvatno nadgledanje svih proizvodnih aktivnosti, koje spadaju u proceduru certifikacije.</i>
2.	<i>Pregled sistema menadžmenta kvalitetom</i>	<i>Tokom ocjenjivanja, status sistema menadžmenta kvalitetom preduzeća treba biti adekvatno pregledan.</i>
3.	<i>Akcije za otklanjanje predhodnih neusaglašenosti</i>	<i>Za vrijeme ocjenjivanja, ocjenjivač pregleda sve neusaglašenosti od ranije, kako bi se uvjerio da su izvršene adekvatne korektivne i preventivne radnje i da su one na zadovoljavajući način uspješno završene i implementirane.</i>
4.	<i>Interne provjere</i>	<i>Odgovorna osoba treba redovno održavati sastanke i provjeravati efekte svake procedure fabričke proizvodne kontrole. Zapisi sa tih sastanaka kao i korektivne mjere se čuvaju i pregledaju od strane ocjenjivača.</i>
5.	<i>Kontrola dokumentacije</i>	<i>Preduzeće treba imati glavnu listu dokumenata, koji su povezani sa proizvodnjom proizvoda i dokumentovane procedure, koje određuju na koji način se upravlja sa dokumentima. Potrebno je čuvati kopije relevantnih nacionalnih i međunarodnih standarada, koji su povezani sa proizvodom i pristup poslijednjim izdanjima.</i>
6.	<i>Zahtjevi kupaca i ugovori</i>	<i>Preduzeće treba da izvrši pregled svih narudžbi, ugovora ili tendera kako bi se izvršila provjera da: - su zahtjevi adekvatno definisani za svaki proizvod prema kvalitetu, pakovanju, rokovima isporuke, itd. - preduzeće posjeduje resurse i mogućnosti da zadovolji zahtjeve ugovora ili narudžbi. Zapise ovih aktivnosti treba čuvati za sve narudžbe, ugovore ili tendere.</i>

7.	<i>Kupovina/ nabava</i>	<p><i>Preduzeće treba identifikovati svoje dobavljače, proizvoda i materijala koji su uključeni u finalni proizvod , uključujući i pakovanje.</i></p> <p><i>Glavna lista dobavljača mora biti uspostavljena kako bi se identifikovale njihove adrese, lokacije, kontakt detalji kao i lista usluga ili proizvoda/materijala koje oni dostavljaju. Metoda za ocjenjivanje i uklanjanje dobavljača i proizvoda/materijala sa glavne liste, mora biti uspostavljena.</i></p> <p><i>Narudžbe za proizvode moraju jasno identifikovati broj dijela, klasu, stepen, vrstu, veličinu, završnu obradu, trgovački naziv i ostale navedene detalje (ukoliko su oni neophodni), tolerancije ili relevantne standarde za te proizvode.</i></p>
8.	<i>Proizvodnja</i>	<p><i>Sve faze u procesu proizvodnje, uključujući kontrolu i ispitivanje moraju biti izvedeni pod kontrolisanim uslovima. Tamo gdje je to pogodno oni bi morali sadržavati adekvatne opise karakteristika proizvoda ili lokalnih radnih instrukcija. Svaki proces, dio ili materijal, koji se koristi mora biti identifikovan, zajedno sa definisanim tolerancijama, metodama i bilo kojim drugim specifikacijama koje mogu biti zahtjevane putem ugovora.</i></p> <p><i>Tamo gdje se to zahtjeva ugovorom, svi proizvodi moraju imati jedinstvenu identifikaciju, koja određuje njihov datum proizvodnje i omogućuje sledljivost prema ugovoru ili seriji (količini).</i></p>
10.	<i>Neusaglašenost materijala</i>	<p><i>Preduzeće treba imati dokumentovanu proceduru kojom se osigurava da bilo koji materijal za koji se utvrdi da je neusaglašen, bude adekvatno identifikovan (uključujući i fizičku lokaciju), tako da je materijal spriječen da nenamjerno bude upotrebljen ili zapakovan sa usaglašenim materijalom.</i></p>
11.	<i>Kontrola i ispitivanje proizvoda u procesu proizvodnje</i>	<p><i>Proizvodnja, kontrola i ispitivanja moraju biti izvedeni pod kontrolisanim uslovima i sadrže:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>○ Ulaznu kontrolu - Svi proizvodi i materijali se kontrolišu kako bi se provjerilo da li je isporučen odgovarajući materijal/proizvod i da li su količine u redu. Bilo koje neusaglašenosti koje su izmjerene se moraju identifikovati a izvještaji o provjeri moraju sadržavati izjavu o prihvatanju ili odbijanju proizvoda/materijala.</i> <i>○ Kontrolu u toku procesa i završnu kontrolu - proizvodi moraju biti provjeravani u toku procesa i na završnoj kontroli obezbjeđujući da su zahtjevi standarda i drugih specifikacija u potpunosti ispoštovani.</i> <p><i>Zapisi od ulazne kontrole, kontrole u toku procesa, završne kontrole kao i ispitivanja u toku procesa u odnosu na svaku seriju ili svaki pojedinačni dio moraju biti čuvani.</i></p>
12.	<i>Mjerna oprema</i>	<p><i>Preduzeće treba obezbjediti opremu za kontrolu i mjerenja proizvoda, da je ona kalibrisana i označena na način kako bi se jasno mogao vidjeti status kalibracije. Zapisi o opremi koju preduzeće koristi se moraju čuvati.</i></p>
13.	<i>Skladištenje, rukovanje, pakovanje i transport proizvoda</i>	<p><i>Preduzeće treba obavljati skladištenje, rukovanje, pakovanje i transport proizvoda pod strogo definisanim uslovima, kako bi spriječila oštećenja.</i></p>
14.	<i>Certifikacione oznake</i>	<p><i>Preispitati korišćenje određenih znakova na proizvodu kako bi se osigurali da postoje odobrenja i dozvoljena korelacija sa CE znakom.</i></p>

15.	Zapisi	<i>Svi zapisi iz proizvodnje moraju biti ovjereni od strane odgovornog lica, sa datumom i potpisom nakon svakog pregleda ili ispitivanja. Zapisi koji su povezani sa proizvodnjom i kontrolom moraju biti čuvani u preduzeću u skladu sa procedurom za upravljanje zapisima.</i>
16.	Reklamacije	<i>Preduzeće treba upravljati reklamacijama pod kontrolisanim uslovima, te čuvati i unijeti u dnevnik/registar bilo koju pristiglu žalbu, kao i korektivne i preventivne mjere koje su preduzete.</i>
17.	Korektivne / preventivne mjere	<i>Preduzeće mora imati dokumentovane procedure za korektivne i preventivne mjere.</i>
18.	Obuka i kompetencije osoblja	<i>Osoblje koje je zaposleno u proizvodnji treba dobiti adekvatnu obuku za svaku oblast / operacije koje će obavljati. Preduzeće treba imati zapise o izvedenoj obuci radnika i to za svakog radnika pojedinačno, koji će opisivati metode obuke i odobrenja za pojedine oblasti obavljanja posla. To sve mora biti identifikovano od strane organizacije koja izvodi tu obuku, te potpisano od strane svakog radnika i osoblja zaduženog za obuku.</i>
19	Provjera ispitivanja	<i>Tamo gdje se to zahtjeva, preduzeće treba obezbjediti uzorke proizvoda u svrhu kontrole i ispitivanja. Uzorci moraju biti uzeti iz trenutne proizvodnje.</i>

3. OSIGURANJE KVALITETA PREKO FABRIČKE PROIZVODNE KONTROLE

Proizvođač je odgovoran za organizovanje efikasne implementacije sistema fabričke proizvodne kontrole. Zadaci i odgovornosti pri organizaciji proizvodne kontrole trebaju biti dokumentovani i ova dokumentacija se mora ažurirati u pogledu:

- identifikovanja procedura kako bi se demonstrirala usaglašenost proizvoda,
- zapisivanja bilo kog slučaja neusaglašenosti,
- identifikovanje procedura za korekcije u slučaju neusaglašenosti.

Proizvođač bi trebao stalno ažurirati dokumentaciju koja definiše fabričku proizvodnu kontrolu koju on primjenjuje. Dokumentacija i procedure trebaju biti odgovarajuće za konkretan proizvod i sam proces proizvodnje a to uključuje:

- pripremanje dokumentovanih procedura i instrukcija povezanih sa operacijama (sa rukovanjem) fabričke proizvodne kontrole u saglasnosti sa zahtjevima referentnih tehničkih specifikacija,
- efektivnu implementaciju tih procedura i instrukcija,
- zapisivanje tih operacija i njihovih rezultata,
- korištenje ovih rezultata kako bi se ispravila bilo koja odstupanja,

Dokumenti o karakteristikama proizvoda, dokumenti za CE označavanje i osobe za implementaciju CE označavanja, čine osnovne predzahtjeve za slobodni pristup tržištu EZ. Proizvodni standardi određuju fabričku proizvodnu kontrolu kao obaveznu, ali ipak, ne postoje nivoi kvaliteta koji se definišu tim standardima. Prema tome, važnije je da preduzeća dokumentuju svoj kvalitet uz pomoći nezavisnih procedura.

U procesu pripreme za CE označavanje proizvoda, centralno mjesto ima uspostavljanje i održavanje fabričke proizvodne kontrole. To je proces koji je obuhvaćen sistemom upravljanja kvalitetom prema standardu ISO 9001, koji prema tome, podržava preduzeća da uvode u primjenu označavanje proizvoda sa CE znakom.

Sistema upravljanja kvalitetom prema standardu ISO 9001 se temelji na aspektu efikasnosti i odsustvu grešaka u organizacionom procesu, pa se funkcionalno fabrička proizvodna kontrola certifikuje preko nezavisne ovlaštene organizacije.

5. ZAKLJUČAK

Implementacijom direktiva novog pristupa i standarda koji se odnose na proizvode, omogućuje se slobodna trgovina na teritoriji EZ.

Jedan od osnovnih zahtjeva koji proizvođači trebaju ispuniti je fabrička proizvodna kontrola sa kojom proizvođač obezbjeđuje performansne karakteristike svojih proizvoda.

Rezultati fabričke proizvodne kontrole moraju biti propisno zapisani u proizvođačev registar. Opis proizvoda, datum proizvodnje, primjenjene ispitne metode, ispitni rezultati i kriterijumi prihvatljivosti rezultata moraju biti uneseni u registar sa potpisom osobe koja je odgovorna za kontrolu i izvedene verifikacije.

U svrhu mogućnosti dokumentovanja višeg nivoa kvaliteta svojim kupcima, za dobivanje certifikata od strane ovlaštenog tijela, kao i dokaza da preduzeće podržava funkcionisanje fabričke proizvodne kontrole, potrebno je uspostaviti vezu prema sistemu za obezbjeđenja upravljanja kvaliteta.

6. LITERATURA

- [1] Guide to the implementation of directives based on the New Approach and the Global Approach, Luxembourg: Official Publications of the European Communities, 2000.
- [2] Jovišević V., Bobrek M., Grujić R., Standardi Evropske unije za izvozno orjentisana preduzeća, Delegacija Evropske komisije u BiH, EDA, Banja Luka, 2005.
- [3] Jovišević V.: Uklanjanje tehničkih barijera za izvoz proizvoda, 30. JUPITER Konferencija, Mašinski fakultet, Beograd, 2004.
- [4] Bobrek M., Jovišević V., Projekat integrisanog menadžment sistema – ISO 9000, ISO 14000, CE znak Bemind, Banja Luka, , Finansiran od strane BAS Programa, Sarajevo, 2005.
- [5] Jovišević V., Cvijić M.: Aspekti održavanja tehničkih industrijskih proizvoda u direktivama novog pristupa, Konferencija održavanja, KOD 2006 sa međunarodnim učešćem, Mašinski fakultet, Podgorica, Tivat, 2006.
- [6] V. Jovišević, M. Bobrek, Correlation between modul of global access and sistem of quality menagment YUSQ ICQ 2006 – International Journal "Total Quality Management & Excellence", Vol.34, No. 1-2, Beograd, 2006.

FACTORY PRODUCTION CONTROL IN PROCESS OF CE MARKING FOR INDUSTRIAL PRODUCTS

Summary

This paper describe process of CE marking for industrial products. This paper contain activities and results which producer must reach if he want to put CE mark on his product. There is underline for factory production control in process of product preparing for CE marking. Also, there are shown activities in scope of procedure for product certification and requirements for factory production control.



АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ

**В.Н. Корешков к.т.н., доц., Н.А.Кусакин к.т. н., доц.
ГОССТАНДАРТ Республики Беларусь, г. Минск,
Т.А. Алексеева,**

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк

Анализ эволюции систем менеджмента качества промышленных предприятий позволяет сделать выводы и поставить задачи по созданию системы менеджмента качества многопрофильного предприятия для обеспечения и повышения качества востребованной на рынке продукции, используя технико-экономический анализ с позиции обеспечения качества продукции на этапах ее жизненного цикла.

Постоянное улучшение качества продукции, работ и услуг возможно только путем системного, комплексного осуществления деятельности в рамках всего предприятия. Основными внешними факторами, определяющими совершенствование качества, являются: требования рынка, политика и инвестиции государства, юридическая ответственность, уровень развития науки и техники и т.п./1-3/

Внутренние факторы классифицируются по направлениям /1/:

- 1) технические (вид продукции, оборудование, инструмент, средства контроля, качество материалов, документация и т.п.);
- 2) организационные (обеспечение материалами и комплектующими, техническое обслуживание оборудования, информационное обеспечение, планомерность и ритмичность работы и т.п.);
- 3) экономические (связь между качеством продукции, себестоимостью и ценой; форма оплаты труда; премирование за качество и удержание за брак; хозрасчет подразделений и т.д.);
- 4) социальные (подбор кадров, обучение и повышение квалификации, взаимоотношения в коллективе, бытовые условия, отдых и т.д.).

Последовательное развитие системного подхода к качеству продукции, работ и услуг началось в Советском Союзе в первой половине 50-х годов (табл. 1.1). Основными рычагами воздействия на качество продукции, работ и услуг являлись элементы системы управления. Главными достижениями системного подхода являлись: качество продукции, ее трудоемкость и сроки освоения./2/

Анализ данных (см. табл. 1.1) позволяет сделать вывод, что комплексность, системность подхода к рассмотрению управления качеством постоянно расширялись, а внутренние факторы совершенствования качества при эволюции систем все более развивались.

Дальнейшее развитие систем качества в СССР после середины 70-х годов XX века основывалось на создании комплексных систем управления качеством продукции (КСУКП), в том числе и на государственном уровне. В рамках системы управления предприятием предполагалось создавать комплексную подсистему «Управление качеством».

Объектами управления этой подсистемы являлись: технический уровень и качество продукции; процессы формирования качества на стадиях исследования и проектирования, процессы обеспечения качества при изготовлении, хранении, эксплуатации и восстановлении продукции.

Автоматизированная система управления предприятием (АСУП), интегрирующая системы проектирования и производства, включающие подсистему управления качеством, базируется на информационной системе подготовки производства./3/

Подготовка производства (ПП) согласно созданной в СССР в 70-х годах Единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП) должна быть ориентирована на оптимальный для конкретных условий уровень механизации и автоматизации процессов сбора, подготовки, обработки, передачи, представления и тиражирования информации.

Таблица 1.1

**Эволюция систем управления качеством в СССР, отражающая появление (+) и
наибольшее развитие (*) элементов системы**

Элементы системы управления качеством продукции, работ и услуг	Системы в эволюционной последовательности				
	БИП – бездефектное изготовление продукции (1955г., Саратов)	СБТ – система бездефектного труда (1961 г., Львов)	КАНАРСПИ – качество, надежность, ресурс с первых изделий (1958 г., Горький)	НОРМ – научная организация работ по повышению моторесурса двигателей (1964 г., Ярославль)	КСУКП – комплексная система управления качеством продукции (1975г., Львов)
1. Мотивация персонала	+	*	–	–	–
2. Дисциплина и ответственность	+	*	–	–	–
3. Анализ дефектов	+	–	–	–	*
4. Учет качества труда каждого сотрудника	–	+	–	–	–
5. Сокращение потерь от брака	–	+	–	–	*
6. Надежность продукции	–	–	+	*	–
7. Сроки доводки продукции	–	–	+	–	–
8. Планирование и выполнение работ по корректировке продукции	–	–	–	+	–
9. Метрологическое обеспечение	–	–	–	–	+
10. Применение статистических методов контроля	–	–	–	–	+
11. Обучение персонала	–	–	–	–	+
12. Подтверждение качества продукции и процессов через аттестацию	–	–	–	–	+

Подготовка производства включает решение прежде всего организационно-технических задач по основным функциональным направлениям:

- обеспечение технологичности конструкции изделия с соответствующей конструкторской ПП;
- разработка технологических процессов с соответствующей технологической ПП;
- проектирование и изготовление средств технологического оснащения с соответствующей инструментальной ПП;
- разработка контрольных операций и обеспечение средствами контроля с соответствующей метрологической ПП;
- организация и управление процессом ПП.

Модели организационно-технической подготовки производства независимо от их вида и назначения представляются схемой, отображающей составляющие элементы системы (рис 1.1).

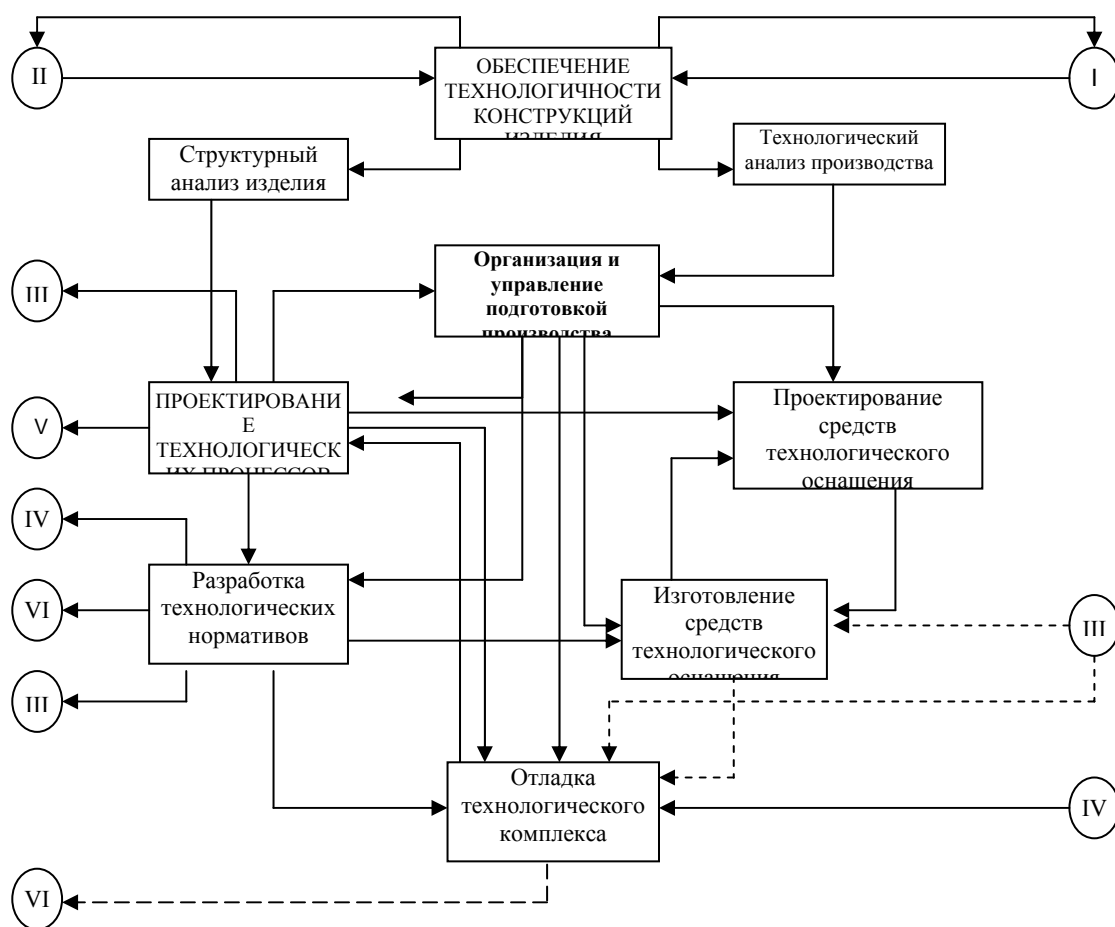


Рис. 1.1. Схема модели подготовки производства

Схема модели системы подготовки производства включает следующие функциональные составляющие:

- обеспечение технологичности конструкции изделия с разработкой ведомости технологической оценки конструкции изделия и протокола отработки конструкции изделия на технологичность;
- структурный анализ изделия с разработкой ведомости классификационной структуры изделия, ведомости состава изделия и ведомости заимствованных деталей и сборочных единиц;
- технологический анализ производства путем разработки ведомости производственной характеристики цехов и расчета производственных мощностей цехов;
- организация и управление технологической подготовкой производства с разработкой графика освоения нового изделия и ведомости укрупненных объемов работ;
- проектирование технологических процессов в зависимости от типа производства (индивидуальное, серийное, массовое), его вида (механическая обработка, штамповка, сварка и т.д.) и оснащенности (для станков с ЧПУ, станков-автоматов и т.д.);
- разработка технологических инструкций, технических заданий на специальную оснастку, технических заданий на специальное оборудование, ведомостей оснастки и оборудования и проектирование средств технологического оснащения;
- разработка технологических нормативов;
- изготовление средств технологического оснащения;
- отладка технологического комплекса.

Система подготовки производства (I) должна быть увязана с подсистемами: разработчика (II), управления материально-техническим снабжением (III), управления основным производством (IV), технико-экономического планирования (V), управления кадрами (VI) и управления сбытом продукции (VII).

Таким образом, интегрированная автоматизированная система управления предприятием должна рациональным образом взаимодействовать с системами, обеспечивающими как подготовку производства, так и управление качеством продукции, а также выполнять рассмотренные функции и решать поставленные задачи.

Анализ КСУКП, сложившихся в 80-е годы, показал, что:

- 1) системы управления качеством развивались по пути расширения решаемых на предприятии проблем, не замыкаясь на качестве готовой продукции;
- 2) элементы системы качества влияли на другие системы, действующие на предприятиях, которые не входили в компетенцию лиц, ответственных за качество;
- 3) развитие систем качества на предприятиях входило в противоречие с плановым характером назначения экономических показателей эффективности.

В результате в середине 90-х годов на смену КСУКП пришли системы качества продукции по всему ее жизненному циклу, создаваемые в соответствии с требованиями стандартов ИСО серии 9000. В настоящее время они реорганизуются в системы менеджмента качества, ориентированные на специальные требования заказчиков продукции промышленных предприятий согласно новой версии стандартов ИСО 9000:2000, основанной на процессном подходе (рис. 1.2).

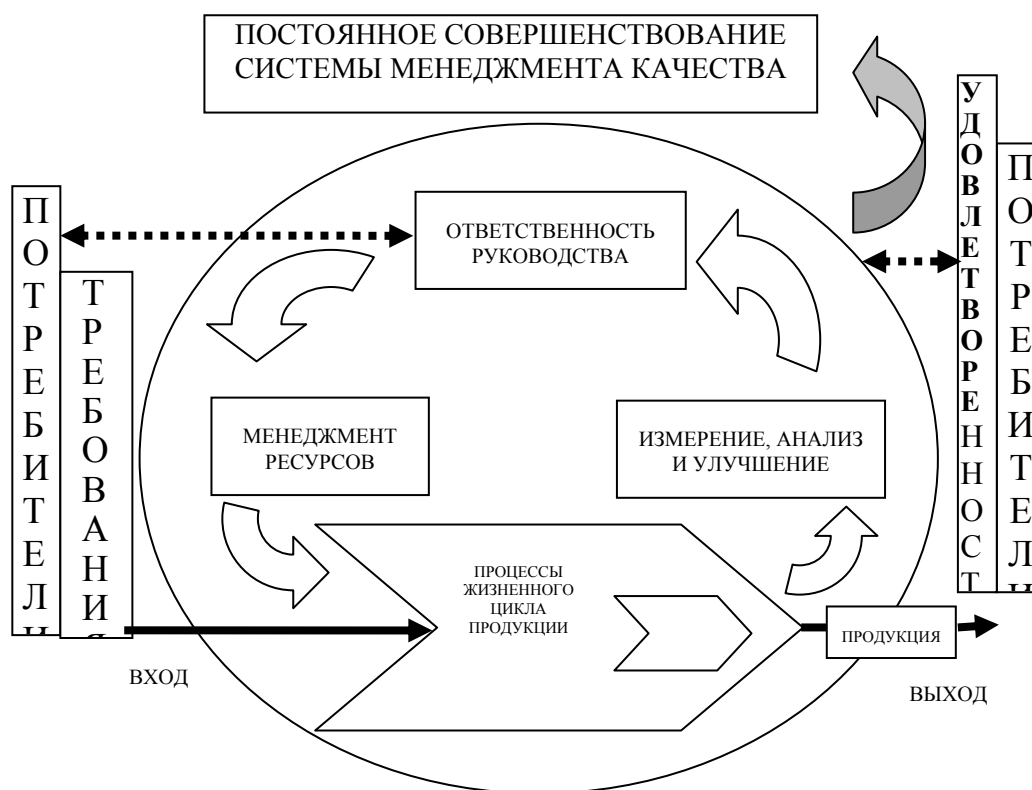


Рис. 1.2. Модель процесса менеджмента качества ИСО 9001

Качество не может быть гарантировано только путем контроля готовой продукции. Оно должно обеспечиваться на стадиях проектных и конструкторских разработок, при выборе поставщиков сырья, материалов и комплектующих изделий на всех этапах производства, при реализации продукции, ее техническом обслуживании в процессе эксплуатации и утилизации после использования.

Комплексный системный подход, обеспечивающий создание замкнутого процесса, включающего все фазы совершенствования продукции на основе эффективной системы обратной связи и планирования, учитывающего конъюнктуру рынка, заложен в стандартах ИСО серии 9000.

Стандарты ИСО серии 9000 версии 2000 направлены на применение «процессного подхода» при разработке, внедрении и улучшении результативности и эффективности системы менеджмента качества с целью повышения удовлетворенности потребителей путем выполнения их требований.

Для успешного функционирования организация должна определить и осуществлять менеджмент многочисленных видов деятельности.

Применение в организации системы процессов наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также менеджмент процессов могут осуществляться путем процессного подхода.

Преимущество процессного подхода состоит в непрерывности управления, которое он обеспечивает на стыке отдельных процессов в рамках их системы, а также при их комбинации и взаимодействии.

Целью системы менеджмента качества разрабатываемой на предприятии продукции является обеспечение соответствия ее установленным требованиям и получение удовлетворенности результатами деятельности потребителем, предприятием, персоналом и обществом.

Эффективность использования системы качества оценивается посредством проведения аудитов; расчетом затрат и потерь, связанных с качеством; анализом выполнения стратегии предприятия и удовлетворенности (потребитель, предприятие, персонал, общество).

Система качества охватывает все стадии жизненного цикла продукции, все процессы деятельности предприятия в рамках организационной структуры, что обеспечивает полное выполнение требований потребителей, рынка, общества.

Познание требований системы качества персоналом, «прозрачность» предприятия для понимания достигается путем обучения, наглядной агитации, планирования и выполнения проектов по улучшению с учетом ответственности и полномочий и мотивированности сотрудников.

В состав документации по качеству входят: документ высшего уровня (Руководство по качеству); документы среднего уровня (ДСУ); документы низшего уровня (ДНУ); текущие документы; указатели, перечни документов; используемые документы.

Иерархия документов системы качества, как пример – расположение частей описания системы качества в порядке от высшего документа к низшему, приведена на рис. 1.3. Объем и количество документов среднего и нижнего уровней, форм текущих документов определяются потребностью обеспечения адекватного и постоянного управления всеми видами деятельности, влияющими на качество, и зависят от сложности поставленных задач, используемых методов, квалификации, опыта и подготовки персонала. При принятии решения действует принцип доминирования предупреждения, исключения проблем с устранением несоответствий.

Форма также должна помогать содержанию (выполнению требований модели системы качества), а если это не так, такая форма не имеет права на существование. Поэтому должны быть разработаны перечни и указатели документов среднего уровня, документов нижнего уровня, форм текущих документов и всех используемых документов. Указатели должны содержать перечни действующих документов по системе качества на предприятии, а также документов, определяющих безопасность продукции и ответственность за качество выпускаемой продукции. Должна быть разработана и действовать система управления документами качества.

Планирование качества основано на определенном процессе жизненного цикла изделия, включающем этапы планирования прибыли, разработки продукции, подготовки производства вплоть до утилизации и получения прибыли, и устанавливается проектом. Проект пересматривается на определенных этапах реализации. Реализация проекта осуществляется уполномоченным руководителем, которому предоставлены соответствующие права и выделены ресурсы (в том числе и трудовые). Руководитель проекта ответственен за реализацию целей и получение прибыли.

Деятельность по планированию качества, являющаяся частью проекта, основана на определенной стратегии предприятия, технико-экономическом обосновании, изучении требований потребителя и общества (в том числе безопасности). Деятельность по планированию качества включает анализ осуществимости (по качеству, воспроизводимости, производительности и т.д.) до заключения контракта; адаптацию выбранной системы управления (системы качества) предприятия; выявление потребностей, превышающих достигнутый уровень науки и техники; регламентирование производимых продуктов и процессов фокусированием целей и их формулированием, в виде программы качества (технические требования, конструкторско-технологическая документация и т.п.); определение необходимых квалификаций и обучение персонала; планирование и выделение требуемых ресурсов; определение и приобретение требуемого оборудования (включая контрольное) и перерабатываемого материала у допущенных субпоставщиков; определение потребностей в соответствующих методах и формах контроля соответствия продукции и процессов на этапах разработки и производства; идентификацию регистрации данных о качестве продукции, процессов и системы; актуализацию существующей системы качества, методов управления.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДОКУМЕНТЫ:

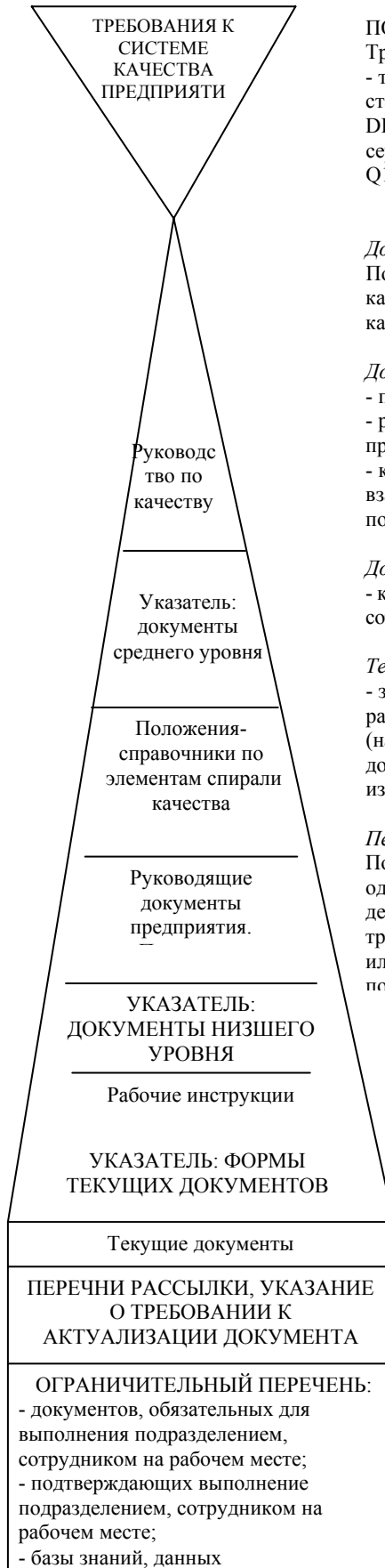
- Конституция страны;
- законы, например: «О защите прав потребителей»; «О сертификации»; «О стандартизации»;
- подзаконные акты

- руководящие документы по сертификации;
- стандарты ИСО 9000;
- система ГОСТ;
- система СТБ;
- система национальных и международных стандартов;
- требования заказчиков (потребителей);
- руководящие документы

УКАЗАТЕЛЬ:

документов, обязательных для исполнения на рынке: руководство по качеству

документы, определяющие безопасность продукции и ответственность за качество выпускаемой продукции и т.д.



ПОЯСНЕНИЯ

Требования к системе качества:
- требования, установленные в стандартах на систему качества DIN BS EN ISO ГОСТ, СТБ, серии 9000, VDA 6.1, QS 9000 Q1 (Ford, GM, Chrysler)

Документы высшего уровня:
Политика предприятия по качеству, описание системы качества

Документы среднего уровня:
- положения-справочники;
- руководящие документы предприятия;
- конкретные процедуры взаимоотношений подразделений

Документы низшего уровня:
- конкретные указания сотруднику

Текущие документы:
- заполняются в процессе работы (например, конструкторская документация, карты измерений и т.п.)

Перечень:
Позволяет пользователю однозначно определить действующие для него требования системы качества или подтверждающих их

И
Е
Р
А
Р
Х
И
Я

Д
О
К
У
М
Е
Н
Т
О
В

Рис. 1.3. Иерархия документации по системе качества предприятия

Планирование качества охватывает три основные фазы: опытного образца; опытной партии; серийного производства.

Указанные фазы включают деятельность по согласованной работе с субпоставщиками (материалов, комплектующих), потребителями по достижению работоспособности процессов производства и согласованию производства с потребителем.

В случае изменений в серийном производстве (изменение продукции, процессов, появление нестабильности, невозпроизводимость процессов, пересмотр методов контроля и правил приемки) процесс планирования и утверждения производства (в том числе и потребителем) повторяется.

Процесс согласования производства распространяется как на внутренних поставщиков, так и на субпоставщиков.

На промышленном предприятии осуществляется регулярное планирование (по итогам анализа высшим руководством), совершенствование системы качества и показателей политики в области качества, процессов производства.

Для разрушения барьеров внутри предприятия между подразделениями (конструкторские, технологические, маркетинговые, закупочные службы, испытатели, эксплуатационщики, представители потребителя, субпоставщиков и т.д.), достижения поставленных задач всем участвующим персоналом, предотвращения ошибок путем использования коллективного разума при анализе проблем осуществимости в производстве (в том числе по параметрам качества, производительности и стоимости) и планировании деятельности (в том числе качество производства, закупки) используются многопрофильные команды с соответствующими методиками. Указанная деятельность документируется.

Для предотвращения ошибок, получения одобрения потребителя все важные параметры (безопасность, функционирование, надежность, внешний вид, техника безопасности и т.п.) продукции и процессов определяются при анализе контракта, проектировании и осуществлении предупреждающих действий и выделяются для контроля и испытаний специальными символами, адекватными специальным обозначениям потребителей. Идентификация символов осуществляется в соответствии с установленными на предприятии процедурами. Достоверность доказательств соблюдения важных параметров основана на применении статистических методов.

Предотвращение ошибок для важных параметров основано на использовании опыта разработок и анализе предыдущих несоответствий, зарегистрированных записей, на обучении персонала. Предотвращение ошибок осуществляется на этапе анализа проекта с помощью соответствующих методик (до физической реализации проектных решений продукции и процессов). Документирование важных параметров продукции и процессов осуществляется в программе управления качеством.

Управление процессом производства основано на проектировании эффективных с точки зрения управления ресурсами (максимизирующие продуктивность используемых ресурсов и площадей, и т.п.), эргономики процессов. Объекты управления в процессе производства (персонал, оборудование, инструмент, материалы, условия среды и т.п.) от планирования вплоть до технического обслуживания и утилизации (в том числе деятельности, выполняемой субпоставщиками) находятся в управляемых условиях.

Литература

1. Менеджмент качества предприятий машиностроения / В.Н.Корешков, Н.А.Кусакин, Ж.А.Мрочек, М.Л.Хейфец.- Минск: Экономика и право, 2003.- 224 с.
2. Управление качеством / В.Н.Корешков, Н.А.Кусакин, М.Л. Хейфец, Т.А.Алексеева.- Новополоцк. ПГУ, 2007.- 140с.
3. Статистический анализ конструктивных элементов и технологических параметров деталей машин / М.Л. Хейфец, В.С. Точило, В.И. Семенов и др.- Новополоцк: ПГУ, 2001.- 112 с.



POBOLJŠANJE KVALITETA DIJAGNOSTIKE ASINHRONOG MOTORA PRIMENOM METODE FREKVENTNE ANALIZE

Zoran Marjanović¹, Radomir Brzaković², Dejan Krstić³

Rezime: Neočekivana pojava otkaza asinhronog motora u pogonima može izazvati velike materijalne troškove. Primenom adekvatnih dijagnostičkih metoda, otkaze možemo otkriti na vreme. U tom slučaju planiranje servisiranja i nabavke rezervnih delova su olakšani. Da bi dijagnostičke metode bile primenljive, neophodno je odabrati veličine iz kojih će se dobiti najviše podataka za dijagnostiku otkaza. Dijagnostika asinhronih motora je u svetskoj tehničkoj praksi područje koje se vrlo intenzivno razvija. Današnja tendencija dijagnostike je korišćenje metoda koje ne zahtevaju zaustavljanje asinhronog motora, a jedna od tih metoda je i metoda frekventne analize. U radu su dati rezultati dijagnostike otkaza asinhronog motora metodom frekventne analize u pogonima Zastava automobila – Kragujevac.

Cljučne reči: dijagnostika, frekventna analiza, kvalitet

1. UVOD

Dijagnostika je pravovremeno ili periodičko određivanje stanja nekog motora s ciljem procene pouzdanosti daljeg rada i predlaganja načina i obima servisiranja [4]. Uloga dijagnostike je otkrivanje otkaza motora ili pojedinih njegovih delova u najranijoj mogućoj fazi, a samim tim povećava se pouzdanost i raspoloživost motora. Osnova dijagnostike je upoređivanje stvarnih i željenih ponašanja, odnosno parametara motora. U tome nam pomažu dijagnostički parametri i zato je bitno izabrati one prave. Dijagnostički parametar je merljiva fizička veličina (vibracije, buka, temperatura itd.) prisutna u procesu rada motora.

Osnovna korist dijagnostike ogleda se u [3]:

- prelasku od korektivnog ka proaktivnom održavanju,
- smanjenju rizika materijalne štete,
- povećanju eksploatacione pouzdanosti,
- povećanju srednjeg vremena između otkaza i
- minimiziranju neplaniranih zastoja.

2. METODE DIJAGNOSTIKE OTKAZA ASINHRONOG MOTORA

U literaturi se spominju različite metode kojima je moguće ustanoviti čitav niz otkaza asinhronih motora. Za sve dijagnostičke metode potrebno je imati unapred definisane kriterijume prihvatljivosti, kako bi bilo jasno da li je rezultat ispitivanja prihvatljiv ili ne. Kriterijumi prihvatljivosti se određuju projektno-konstruktivnom dokumentacijom ili odgovarajućim međunarodnim ili priznatim nacionalnim standardima. Da bi se neki parametar koristio kao dijagnostički, mora da zadovolji neke osnovne zahteve koji se odnose na:

- jednoznačnost promene,
- dovoljnu osetljivost promene i
- pristupačnost i lakoću merenja.

¹ Zoran Marjanović, dipl. maš. ing., Zastava automobili, Kragujevac, 034/325220-lokal 48-15

² Radomir Brzaković, dipl. inf., Zastava automobili, email : brzijax@yahoo.com 034/325220-lokal 49-61

³ Dejan Krstić, dipl. maš. ing., Grupa Zastava Vozila, e-mail: krstic.dejan@zastava.net, lokal 32-23

Tabela 1 sadrži najčešće probleme pri radu asinhronog motora i moguće metode dijagnostike tih problema.

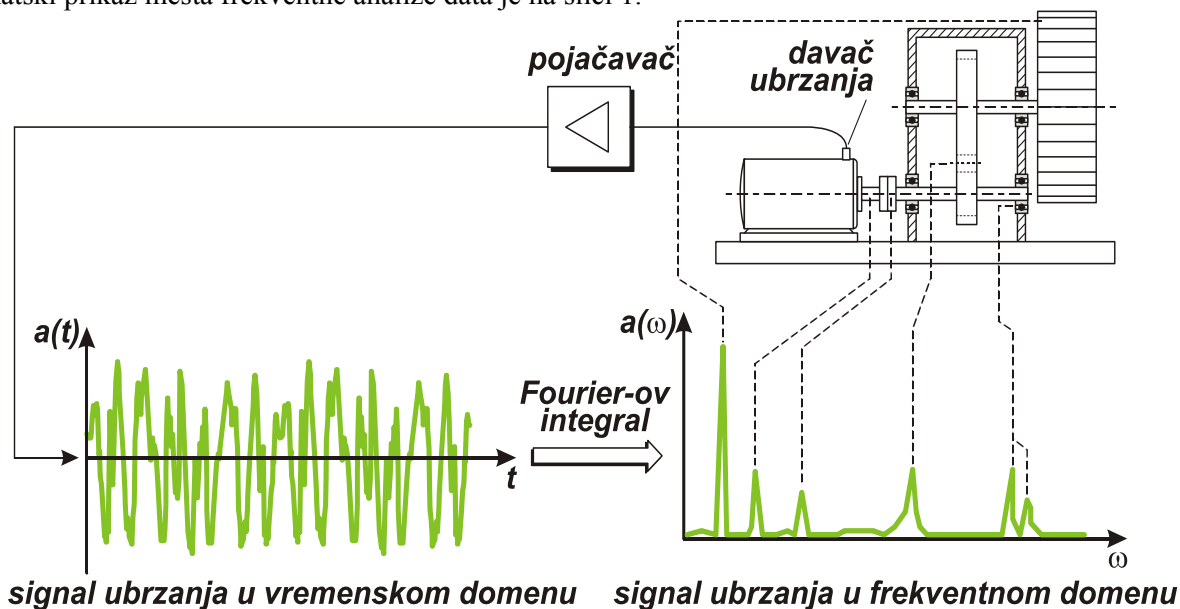
Tabela 1. Najčešći problemi i metode dijagnostike otkaza asinhronog motora [1]

Problem		Metode dijagnostike			
		Vibracije	Temperatura	Pritisak i protok	Analiza ulja
Meha	Debalans	√	√		
	Oštećenje kugličnog ležaja	√	√		√
	Oštećenje kliznog ležaja	√	√	√	√
Električni	Ekscentričnost statora	√			
	Kratak statorski spoj	√	√		
	Gubici u gvožđu	√	√		
	Promenljivi vazdušni čep	√			
	Oštećenje rotorskog kaveza	√	√		
	Problem faze	√			

Kako se iz tabele 1 vidi sve najčešće probleme pri radu asinhronog motora možemo odrediti merenjem vibracije, pa ćemo u ovom radu merenju vibracije posvetiti posebnu pažnju.

3. METODA FREKVENTNE ANALIZE ZA MERENJE VIBRACIJA MOTORA

Frekventna analiza je metoda prebacivanja signala snimljenih u vremenskom domenu u frekventni domen. Analizom signala u frekventnom domenu (vibracije, struje...) moguće je otkriti različite otkaze. Prebacivanje u frekventni domen predstavlja prikaz spektra frekvencija snimljenog signala i odgovarajućih amplituda. Šematski prikaz mesta frekventne analize data je na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz mesta frekventne analize [1]

Kod asinhronih motora vibracije su periodične vremenske funkcije, što znači da se mogu rastaviti na harmonične (sinusne) funkcije. Za svaki harmonik je moguće odrediti amplitudu pomeranja (izraženu u μm) i fazni pomeraj (izražen u stepenima) u odnosu na referentnu tačku tako da vibraciju motora možemo meriti i frekventnom analizom.

Na tržištu postoji veliki izbor opreme (SCHENCK, BRÜEL&KJÆR, itd.), s kojom je moguće izmeriti frekventni spektar vibracija. Frekventni spektar vibracija u najvećem broju slučajeva daje detaljniju informaciju o stanju motora (nivoima vibracija koje uzrokuje svaki pojedinačni rotirajući element), pa je moguće locirati izvore vibracija i izvršiti dijagnostiku motora.

Nakon kritičke analize signala u frekventnom domenu postavlja se dijagnoza i pri tome se mora poštovati sledeće [2]:

- svakoj karakterističnoj učestanosti u spektru mora da se pridruži određeni deo motora ili fizička veličina vezana za izvođenje procesa i
- bilo koja karakteristična amplituda i učestanost ne može se promeniti bez razloga. Svaka promena navedenih veličina ukazuje na promenu dinamičkog ponašanja (stanja) motora.

Prednost dijagnostike frekventnom analizom, je činjenica da se u frekventnom spektru javljaju promene u slučaju niza otkaza, pa se iz jednog merenja može doneti sud o stanju različitih delova motora. Nažalost, upravo činjenica da svi otkazi asinhronog motora ostavlja trag na spektru, čini donošenje suda o tačnoj prirodi otkaza složenom i zahteva povećani oprez.

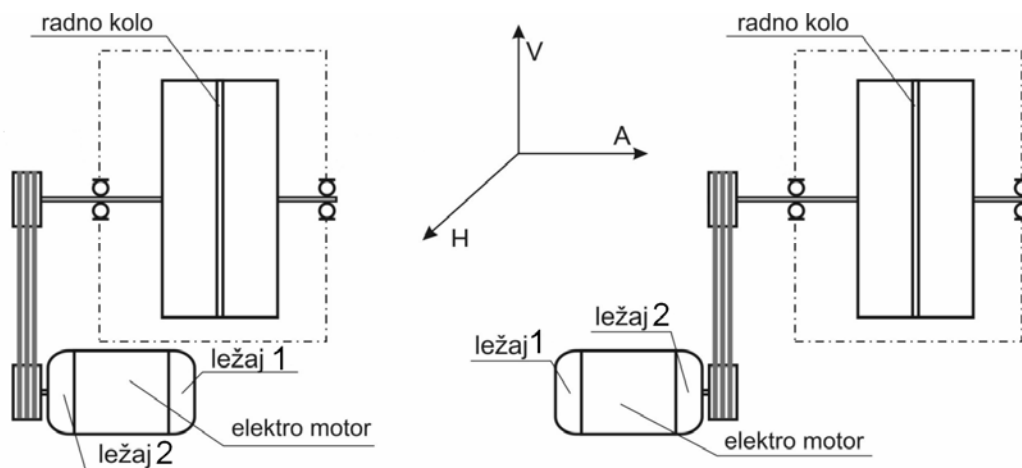
4. REZULTATI DIJAGNOSTIKE ASINHRONOG MOTORA

Na slici 2 prikazana je dijagnostika asinhronih motora snage 30 kW urađena u pogonu Zastava automobila-PJ Površinska zaštita.



Slika 2. Ispitivanje vibromehaničkog stanja asinhronog motora u pogonu

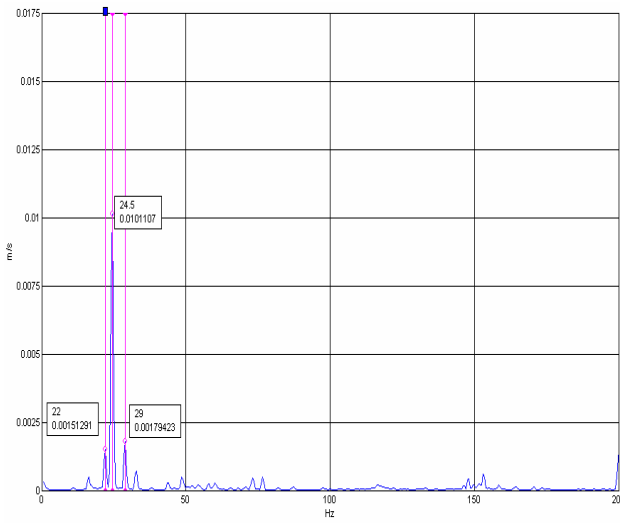
Šematski prikaz mesta/pravca merenja asinhronog motora metodom frekventne analize prikazan je na slici 3.



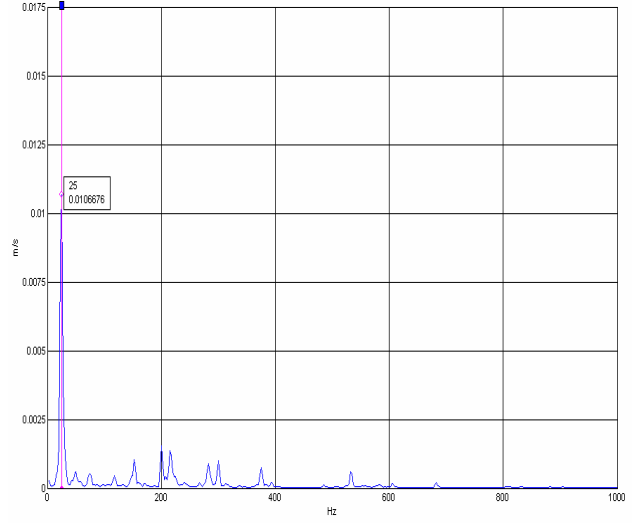
Slika 3. Šematski prikaz mesta i pravca merenja asinhronih motora [1]

Frekventna karakteristika na mestu ležaja 1 asinchronog motora ZK200L-4 snage P=30 kW

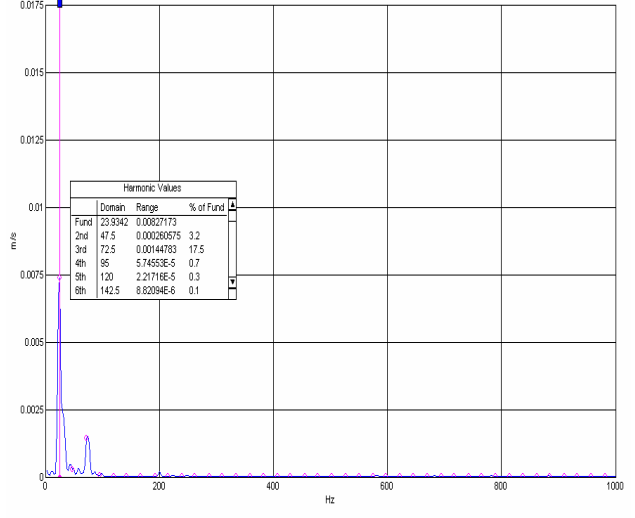
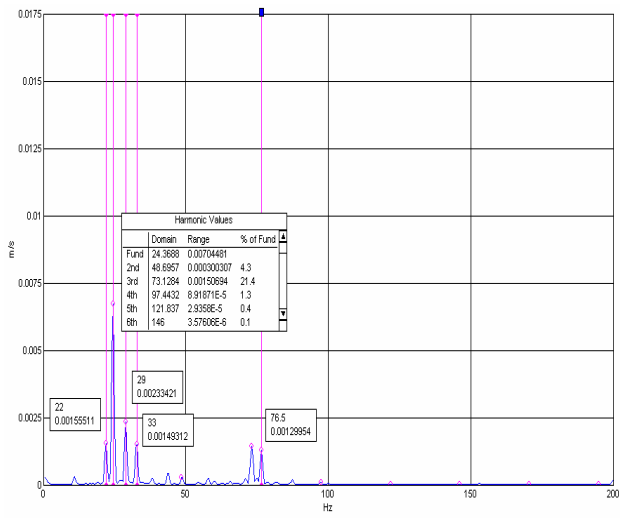
a) (0 – 200)Hz



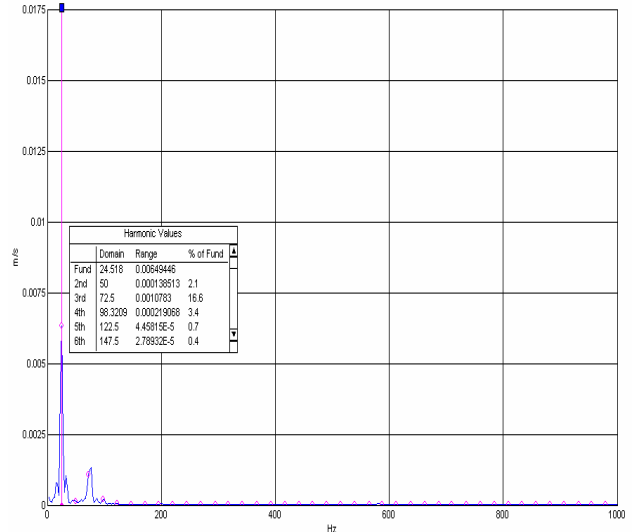
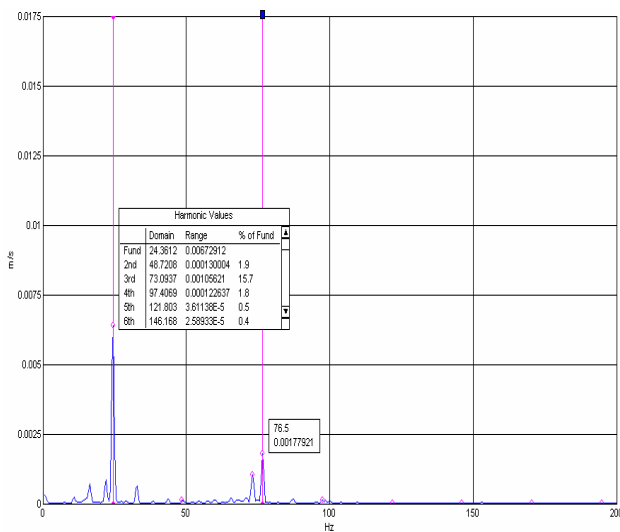
b) (0 – 1000)Hz



vertikalni pravac



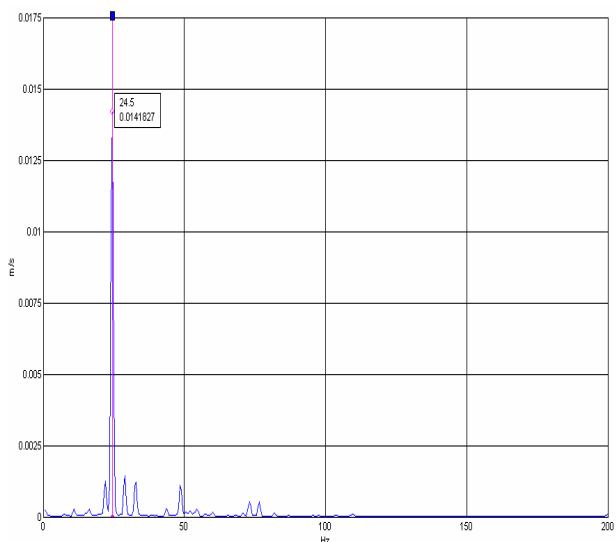
horizontalni pravac



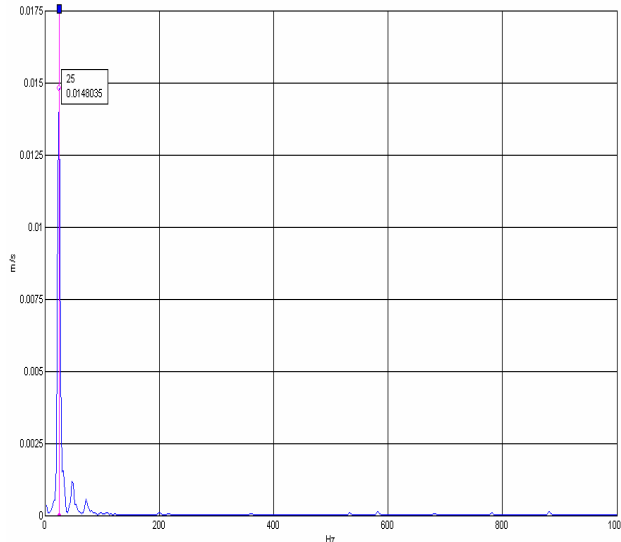
aksijalni pravac

Frekventna karakteristika na mestu ležaja 2 asinchronog motora ZK200L-4 snage P=30 kW

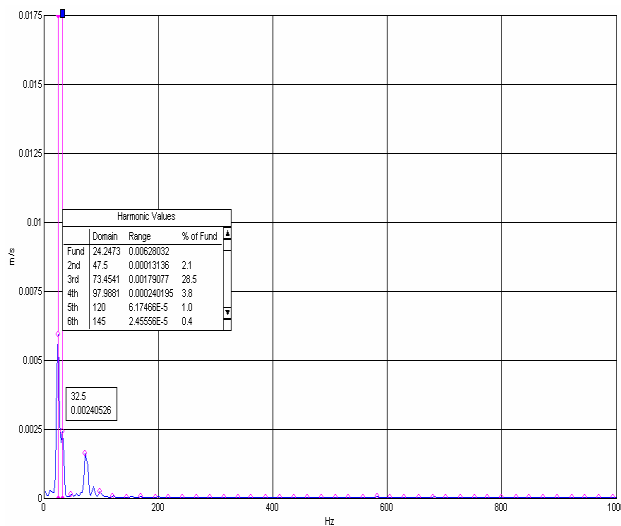
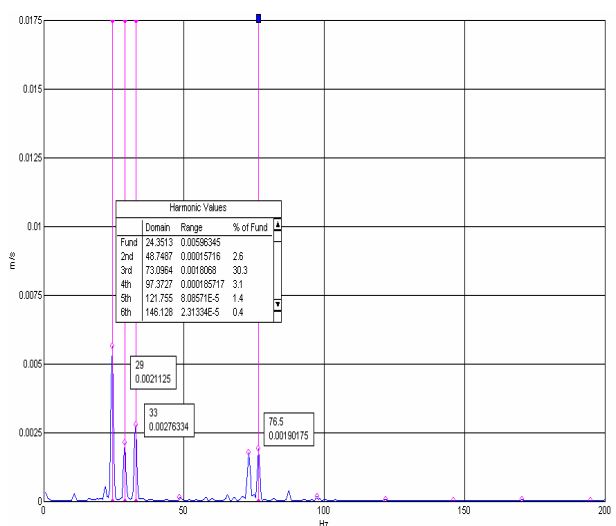
a) (0 – 200)Hz



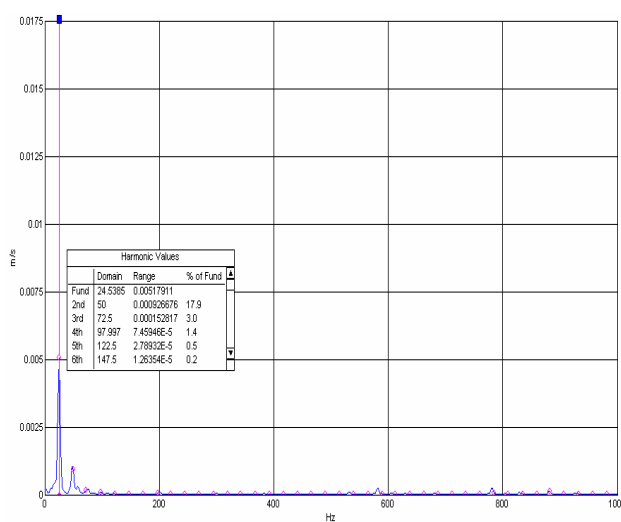
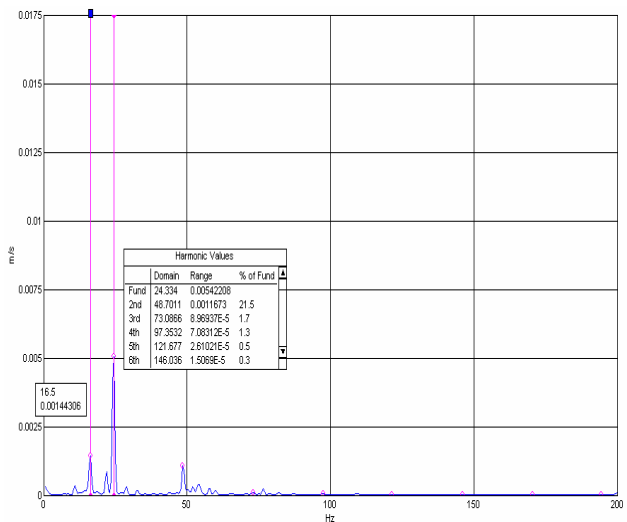
b) (0 – 1000)Hz



vertikalni pravac



horizontalni pravac



aksijalni pravac

Iz datih frekventnih karakteristika za asinhroni motor snage $P=30$ kW se vidi da pored harmonika koji potiču od asinhronog motora i radnog kola, javljaju se i viši harmonici koji ukazuju na dinamičku neuravnoteženost merenog asinhronog motora (debalans).

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su sva sprovedena dijagnostička ispitivanja i izračunavanje veličina urađeni prema međunarodnim VDI preporukama uz korištenje mnoštva iskustvenih podataka. Ovakav pristup sprovođenju ispitivanja je u potpunosti u skladu s sistemom kvaliteta ISO 9000. Prednosti ovakvog ispitivanja su:

- izbegavanje grube greške pri preračunavanju očitanih veličina tokom prikupljanja podataka, čime se značajno smanjuje merna nesigurnost,
- smanjenje broja potrebnih ljudi uključenih u ispitivanje,
- pružanje dodatne garancije da su ispitivanja i izračunavanje karakterističnih veličina sprovedena korektno.

Obavljena dijagnostička ispitivanja upućuju na potrebu daljeg razvoja dijagnostičkih metoda u Zastava automobilima, kao što je automatizacija dijagnostike otkaza iz snimljenog spektra, što otvara mogućnost za primenu metoda umetne inteligencije, što bi moglo biti zanimljivo za daljnja istraživanja.

6. LITERATURA

- [1] Jeremić B. i saradnici: Osnovi vibrodijagnostike, skripta za seminar, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2006
- [2] Benbouzid M. E. H., Nejari H., Viera M.: Induction Motor Faults Detection Using Advanced Spectral Analysis Technique, ICEM, Istanbul, 1998.
- [3] Nandi S., Toliyat H. A: Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Machines, IEEE Industry Applications Conference Thirty-Fourth IAS Annual Meeting, 1999.
- [4] Tavner P. J., Penman J.: Condition Monitoring of Electrical Machines, John Wiley & Sons Inc., New York, 1997.
- [5] Mitraković B.: Asinhronne mašine, Naučna knjiga, Beograd, 1996.
- [6] Jeremić B.: Tehnologija održavanja tehničkih sistema, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1992.

THE QUALITY OF ASYNCHRONOUS MOTOR DIAGNOSTIC IMPROVEMENT USING FREQUENCY ANALYSIS METHOD

Abstract: *Unforeseen event of failure at asynchronous motor in industrial plants can produce a big material expenses. With adequate diagnostic methods, it is possible to find failures just in time. In that case, service planing and spare parts purchasing are much easier. If diagnostic method should be applicable, it is necessary to choose variables from wich it can be obtained the most of data for failure diagnostic. Diagnostic of asynchronous motor in the world technical practice is the area in very expansive development. Today's tendencies for diagnostic is using methods which do not demand stoping for asynchronous motor, and one of these method is frequency analysis method. In this paper are given the results for failure diagnostic of asynchronous motor using frequency alanysis method in Zastava automobiles plant.*

Key words: *diagnostic, frequency alanysis, quality*



PROBLEMATIKA AUTOMATIZACIJE UPRAVLJANJA KVALITETOM NA NIVOU PREDUZEĆA

D. Mikić¹, A. Alihodžić, M. Milekić, V. Pejić²

REZIME:

Sastavni deo aktivnosti u sistemu kvaliteta je stvaranje dokumentacije kojom se obezbeđuje efikasnost u realizaciji očekivanog kvaliteta. Projekat-dokumentacija u sistemu kvaliteta proističe iz utvrđene politike kvaliteta: poslovnik o kvalitetu, postupke sistema kvaliteta, upustva za kvalitet, zapise o kvalitetu.

Za naše razdoblje karakteristična je opšta aktivnost na planu kvaliteta, koja je usled naših poznatih slabosti uslovljena više uticajem okruženja nego samosvešću. Upravljanje kvalitetom u uslovima minijaturnog sistema kvaliteta uslovljeno je automatizacijom obrade informacije.

Strategija kvaliteta preduzeća uslovljena je i zavisi od mnogo faktora, a pored toga svako preduzeće ima i svoje specifičnosti, koje utiču na strategiju automatizacije sistema upravljanja kvalitetom.

Ključne reči: *sistem kvaliteta, automatizacija upravljanja kvalitetom, preduzeće.*

1. UVOD

Ciklus obrade i izrade nekog predmeta je sačinjen iz niza operacija koje se obavljaju jedna za drugom. Bez obzira na njihov redosled tačnost izvođenja svake operacije je potrebno proveriti merenjem, odnosno odgovarajućom kontrolom.

Merni pribor za kontrolu i merenja se bira u zavisnosti od tačnosti izrade, oblika i mera predmeta definisanih crtežom, a taj izbor zavisi još i od namene i funkcije predmeta.

Kontrola ima zadatak da utvrdi eventualne geometrijske greške, kao i oblik predmeta koji se obrađuje u odnosu na neki model ili u odnosu na neki crtež. Kontrola ove vrste se po pravilu obavlja kontrolnim alatima i merilima koja poseduju tačne i propisane geometrijske oblike. Merenje predstavlja rezultat upoređivanja neke veličine čija vrednost želi da se sazna, a izražava se jedinicom mere i njenom brojnom vrednošću. Rezultat merenja se, dakle, izražava imenom jedinice mere veličine i nekim brojem (numerička ili brojna vrednost). Merenje neke veličine predstavlja upoređenje, ili tačnije rečeno odnos. Merenje se obavlja mernim uređajima i merilima koji su gradisani po nekoj datoj jedinici mere. Realizacija projektovanja automatizovanog sistema nije moguća bez zajedničke strategije preduzeća za kvalitet, odnosno bez primene merenja i kontrole.

2. PROJEKTOVANJE AUTOMATIZOVANOG SISTEMA UPRAVLJANJA KVALITETOM

Upravljanje kvalitetom u uslovima minijaturnog sistema kvaliteta, ako je realno orijentisan na okruženje, uslovljeno je automatizacijom obrade informacije. Zato je projektovanje automatizovanog sistema upravljanja kvalitetom prioritetan zadatak.

¹ Mr Danilo Mikić, prof., Tehnička škola „Jovan Žujović“ G. Milanovac, mikicdanilo@ptt.yu

² Dr Asib Alihodžić, prof., Viša tehnička škola Doboj, RS, BiH, alihodzic@stf-doboj.net
Mr Mile Milekić, viši predavač, Viša tehnička škola Doboj, RS, BiH, milekicm@vts-doboj.net
Vlastimir Pejić, stručni saradnik, Viša tehnička škola Doboj, RS, BiH, pejic@vts-doboj.net

Projektovanje sadrži uređenje tehničke dokumentacije. Tehnička dokumentacija je oblik normativnog uređenja kojim se postiže racionalizacija upravljačke i opšte informacione aktivnosti. Ona se po pravilu javlja kao koristan oblik racionalizacije kreativnih aktivnosti. Ovo je karakteristično za projektni zadatak kao oblik tehničke dokumentacije.

Postoji ono što ima opšti karakter u oblasti nauke i struke o kvalitetu kao i u oblasti upravljanja što predstavlja odraz određenih naučnih i metodoloških dostignuća. Važno je istaći elemente koji treba da čine opšti sadržaj projektnog zadatka. Projektni zadatak je osnovni vid tehničke dokumentacije iz dva razloga:

- postavka zadataka bilo koje vrste predstavlja osnovni metodološki problem, odnosno prvi korak u rešavanju bilo kojeg problema;
- pravni karakter kojim se ukazuje na sadržaj i stepen detaljnosti obrade određenog problema.

Ovde će biti reči o tipskom sadržaju projektnog zadatka za problematiku automatizacije upravljanja kvalitetom na nivou preduzeća, gde osnovni sadržaj projektnog zadatka čini:

- opisivanje problema;
- formulisanje zadatka;
- opisivanje ciljeva;
- formulisanje ograničenja.

Projektni zadatak predstavlja završni čin predprojektne etape, a održava se u stavu razrade sistema za dato preduzeće. Ova etapa obuhvata utvrđivanje izvora finansiranja, sistematizaciju raspoloživih podataka za rad na zadatku, što je rezultat osnovnih predprojektnih istraživanja o postojećem sistemu upravljanja kvalitetom.

Najvažnija i osnovna pitanja koje treba da obuhvati projektni zadatak su:

- opšti i posebni zahtevi u vezi sa zadatkom koji se moraju realizovati ili poštovati;
- relevantna pitanja u vezi sa organizacionom, informacionom, programskom i tehničkom podrškom automatizovanog sistema.

Automatizovani sistem upravljanja kvalitetom treba da obuhvata i sve tehnološke i organizacione jedinice osnovne i pomoćne proizvodnje, sva odeljenja i službe preduzeća.

Projektovanje ovog sistema treba da se bazira na:

- naučno obrazloženom prilazu za formiranje sistema;
- unifikaciji pokazatelja kvaliteta rada na svim nivoima upravljanja preduzećem;
- unifikaciju dokumenata ulazne i izlazne informacije;
- tipizaciju metoda ocene kvaliteta rada, proizvodnih procesa, proizvoda-usluga i algoritmi rešavanja zadataka;
- maksimalnom korišćenju primernog opita pri razradi, uvođenju i eksploataciji automatizovanih sistema upravljanja kvalitetom.

Automatizovani sistem upravljanja kvalitetom razrađuje se i funkcioniše na osnovu jedinstvenih zahteva koji se postavljaju pred automatizovane sisteme upravljanja.

Organizaciona podrška automatizovanog sistema upravljanja kvalitetom određena je:

- utvrđenom strukturom upravljanja preduzećem;
- stvarnim funkcionalnim položajem svake organizacione jedinice;
- zahtevima normativno-tehničkih dokumenata.

Osnov formiranja informacione podrške automatizovanog sistema upravljanja kvalitetom čine sledeći principi:

- svakom nivou upravljanja odgovara strogo određena informacija o kvalitetu proizvodnje i njegovi kriterijumi upravljanja;
- neophodna tačnost početne informacije kojom se postiže takva tačnost sredstava i metoda njene predaje i obrade;
- proces obrade, prenosa i čuvanja informacija treba da bude maksimalno automatizovan;
- treba ostvariti apsolutnu unifikaciju tehničkih sredstava automatskog sistema upravljanja na nivou preduzeća.

Opšti zahtevi organizacije i korišćenja programske podrške automatizovanog sistema upravljanja kvalitetom su sledeći:

- maksimalno korišćenje sredstava opšte matematičke i programske podrške;
- obezbeđenje obrade informacije koja se dobija sa perifernih uređaja;
- korišćenje sistema automatizacije programiranja;

- zadovoljenje jedinstvenih opšteprogramskih zahteva za formiranje automatskog sistema upravljanja poštujući konkretne probleme upravljanje kvalitetom.

U automatizovanom sistemu upravljanja kvalitetom saglasno tokovima informacija predviđene su sledeće grupe uređaja:

- o obrade informacije;
- o pripreme i kontrole informacije;
- o veza i predaja informacije;
- o sakupljanja i oformljenja informacije;
- o druga specijalna oprema.

3. VEZA AUTOMATIZOVANOG SISTEMA UPRAVLJANJA KVALITETOM SA DRUGIM SISTEMIMA

Automatizovani sistem upravljanja kvalitetom treba posmatrati kao jedan od glavnih funkcionalnih podistema automatskog sistema upravljanja preduzećem i kao kariku opšteg informacionog sistema o tehničko-tehnološkim informacijama. Zato projektni zadatak treba da obezbedi vezu sa drugim sistemima, predviđajući:

- mogućnost ostvarivanja uzajamne razmene informacije sa drugim podsystemima automatskog sistema upravljanja preduzeća;
- korišćenje zajedničkog informacionog fonda i programske podrške;
- identičnost ili kompatibilnost dokumenata masivima koji se javljaju u ostalim spregnutim informacionim sistemima.

Kao obavezan sadržaj projektnog zadatka podrazumeva se sledeće:

- ocena nivoa obezbeđenja kvaliteta proizvoda u etapi proizvodnje;
- izračunavanje i analiza odstupanja parametara tehnološkog procesa od nazivnih veličina, gde podrazumevamo tehnološke postupke kao sastavni deo dokumentacije u sistemu kvaliteta.

Obavezan sadržaj projektnog zadatka bio bi efikasnost, koja se postiže uvođenjem adekvatnog dokumentacionog sistema:

- obrada i analiza informacije o pouzdanosti i veku proizvoda;
- planiranje zadatka o izvršenju i kontroli za izvršenje potrebnih mera u vezi sa kvalitetom i efektivnošću proizvodnje;
- operativna kontrola izvršenja preduzetih mera u vezi sa kvalitetom i efektivnošću proizvodnje;
- analiza izvršenja preduzetih mera u vezi sa kvalitetom i efektivnošću proizvodnje;
- izračunavanje pokazatelja kvaliteta rada izvršioca;
- izračunavanje pokazatelja kvaliteta rada rukovodećeg osoblja;
- analiza pokazatelja kvaliteta rada i izvršenja preporuka o stimulanju izvršioca;
- analiza pokazatelja kvaliteta rada i izvršenja preporuka o stimulanju rukovodećeg osoblja;
- ocena nivoa kvaliteta proizvoda isporučioa.

U projektnom zadatku treba da bude obuhvaćeno obrazloženje redosleda uvođenja zadataka automatizovanog sistema upravljanja kvalitetom. Faktori koji uslovljavaju redosled uvođenja zadataka su:

- važnost zadataka za preduzeće i mogući rokovi njihovog uvođenja, uzimajući u obzir međuzavisnost zadataka i dalji razvoj sistema;
- pripremljenost preduzeća i njegovih kadrova za automatizaciju upravljanja kvalitetom;
- finansiranje procesa projektovanja i realizacije (nabavka opreme i obuka kadrova);
- mogućnosti preduzeća za formiranje informacione baze sistema;
- korišćenje tipskih uspešnih rešenja zadataka.

U projektnom zadatku treba da bude obuhvaćen problem izbora tehničkih sredstava koja su namenjena za realizaciju procesa prikupljanja, registracije, predaje, obrade, čuvanja i davanja informacije za donošenje odgovarajućih upravljačkih odluka.

4. ZNAČAJ TIPSKOG I SISTEMATSKOG PROJEKTOG ZADATKA

Kao sastavni deo tipskog projektnog zadatka podrazumeva se i upućivanje na obaveznost proračuna ekonomske efektivnosti sistema u skladu sa metodologijom koju predloži naručilac. Takođe moraju postojati delovi koji definišu funkcije naručioa i projektnata sistema, kao i etape usaglašavanja i prihvatanja projekta. Znači tipska tehnologija sistematskog metoda projektnog zadatka podrazumeva:

- sistemsku refleksiju objekta istraživanja i njegovih elemenata, što ću reći pokazatelja kvaliteta;
- informaciono opisivanje objekta čiji se kvalitet proučava;
- formiranje strukturnih elemenata koji omogućuju sistemsku sintezu kvaliteta.

Sistematski metod projektnog zadatka pripada nivou opštenaučnih metoda teorijskog saznanja, gde još spadaju kibernetički metod, zatim model modeliranja, formalizacije, algoritmizacije, heuristički i drugi. Za sistematski metod karakteristična je određena strategija izučavanja složenih objekata. Ova strategija u smislu kvaliteta podrazumeva sledeće osnovne postavke:

- određivanje ciljeva razvoja kvaliteta;
- otkrivanje mogućih sredstava i puteva postizanja ciljeva;
- sistematizacija raznovrsnih mogućih sredstava i metoda razvoja kvaliteta;
- korišćenje pri izučavanju i projektovanju sistemskih principa organizacije, analize i upravljanja;
- korišćenje modeliranja pri prognoziranju, optimizaciji i uređenju različitih sistema i procesa njihovog funkcionisanja;
- upravljanje posredstvom uređenja odnosa između ciljeva i sredstava u njihovoj dinamici na osnovu korišćenja povratne veze ili samoorganizacije.

Pomoću sistemskog metoda projektnog zadatka postavljamo principijelni model refleksije proizvoda. S tim u vezi prvo se utvrđuju elementi koji čine sistem i relacije između ovih. Sistematski metod je fundamentalna metodologija u teoriji i praksi kvaliteta.

Izrada projektnog zadatka za stvaranje automatizovanog sistema upravljanja kvalitetom je od interesa pre svega za naručioca a zatim i obrađivača projekta. Pored toga što se projektnim zadatkom uređuje niz odnosa suštinskog karaktera, on znatno skraćuje vreme i rok izrade.

5. ZAKLJUČAK

U radu je data neophodnost sastavljanja projektnog zadatka za potrebe projektovanja automatizovanog sistema upravljanja kvalitetom na nivou preduzeća, kao i njegov obavezni sadržaj.

Projektni zadatak treba da sadrži tehnološke postupke kao sastavni deo dokumentacije u sistemu kvaliteta. Postupci zahtevaju posebnu pažnju pri izradi, načinu označavanja, distribuiranju, ažuriranju i čuvanju, što je osnov za obezbeđivanje nivoa kvaliteta. Posebno je značajno tok (distribuciju) dokumentacije kao i rokove za njeno ažuriranje.

Takođe efikasnost, koja se postiže uvođenjem adekvatnog dokumentacionog sistema, povećava se korišćenjem računara uz odgovarajući softver. Time se ubrzava tok dokumentacije, odgovarajućom dostupnošću pojedinim nivoima obezbeđuje zaštita i dosledno sprovodi sistem odgovornosti.

Za sprovođenje projektnog zadatka treba spomenuti cilj i rezultat izrade i sprovođenje postupaka u izradi dokumentacije i informacionog sistema, gde je ostvarivanje nivoa kvaliteta određen osnovnim dokumentima i politikom kvaliteta.

Projektni zadatak ove namene treba da sadrži osnovne postavke:

- opšta pitanja organizacije upravljanja kvalitetom po svim proizvodno-organizacionim jedinicama osnovne i pomoćne proizvodnje;
- zahteve koji se postavljaju pred raznim vrstama podrške automatizovanom sistemu kvaliteta (organizacione, informacione i programske);
- izučavanje sistema upravljanja kvalitetom kao sastavnog dela višeg nivoa upravljanja;
- pitanja izbora tehničkih sredstava;
- ekonomska efektivnost sistema;
- određivanje redosleda uvođenja sistema;
- funkcije i odnosi naručioca i projektanta sistema.

U preduzećima mogu da se primene najsavremeniji pristupi za kontrolu i upravljanje procesima, počev od primene savremenih mernih uređaja na bazi PC računara, pa preko primene ekspertnih sistema, do primene neuronskih mreža.

Metodološke osnove daju opšti pristup pri izradi postupaka, koji se uz potrebna prilagođavanja mogu primeniti u različitim proizvodnim sistemima.

6. LITERATURA

- [1] Popović B., Kamberović B., „Upravljanje kvalitetom proizvoda“, Naučna knjiga, Beograd, 1985.
- [2] Vulcanović V., „Upravljanje kvalitetom“, VŠOI, Novi Sad, 1991.
- [3] Adamović Ž., Alihodžić A., „Upravljanje proizvodnjom“, Naučna knjiga I, Sarajevo, 2002.
- [4] Standardi serije JUS ISO 9000, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd.
- [5] Standardi serije JUS ISO 14000, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd.
- [6] Đuković B., O projektnom zadatku „Automatizovani sistem upravljanja kvalitetom“, Prilog časopisu Kvalitet i standardizacija, konferencija JUSK-A, Broj 1-2, god. 22, Beograd, 1994.
- [7] Arsovski S., Vukčević T., Lazić M., Smiljanić S., Stanković S., Stefanović Ž., „Kvalitet i menadžment“, Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije, Beograd, 1993.
- [8] Jovanović P., „Upravljanje projektom“, Grafoslog, Beograd, 1999.

ISSUES OF THE QUALITY MANAGEMENT AUTOMATIZATION ON THE COMPANY

Abstract:

An integral part of the activity in the quality system is making documentation which enables efficiency in expected quality realization. Project-documentation in the quality system comes from the established politics of quality: quality operating procedure, proceedings of the quality system, instructions for quality and quality records.

General activity in the quality area that, because of our well-known weaknesses, depends more on ambient influences than on self-consciousness is representative for our time. Quality management in the minor quality system conditions is determined with automatization of the information treatment.

Quality strategy of a company depends on many factors which have influence on the strategy of the automatization of the quality system management and each company can have its own characteristics.

Key words: *quality system, automatization of the quality system management, company.*



БУДУЋИ ПРАВЦИ КОНТРОЛЕ ПРЕТХОДНО УПАКОВАНИХ ПРОИЗВОДА У СКЛАДУ СА НОВИМ ПРИСТУПОМ У ЕВРОПСКИМ ОКВИРИМА

Б.Јовић Раданов¹, дипл.маш.инж., Завод за мере и драгоцене метале, Београд, тел.20-24-449,
radanov@szmdm.sv.gov.yu,

Проф. др. Драган Д. Милановић, Катедра за индустријско инжењерство, Машински факултет у
Београду, Краљице Марије 16, тел.3370-385, ddmilanovic@mas.bg.ac.yu

Област претходно упакованих производа представља део Законске метрологије која се бави метролошким захтевима за производом са аспекта заштите потрошача али и заштите произвођача-пакера. ЕУ директиве, OIML² препоруке и WELMEC³ препоруке дефинишу захтеве који морају бити испуњени и који би требали бити обухваћени нашим националним законским прописима. У оквиру метролошког развоја ово је једна од новијих области чији би развој тек требао да уследи. Област је значајна за актуелна настојања у циљу извоза производа из наше земље на ЕУ тржиште. Различити приступи начину контроле, могућности валидације процеса паковања/пуњења, сертификација система квалитета су кључне речи којима се бави рад, а све у циљу изналажења начина потпуне контроле над претходно упакованим производом. Рад представља мали допринос сагледавању будућег развоја ове области.

1. УВОД

Произвођачи, увозници, трговци, послодавци и други учесници унутрашњег тржишта ЕУ морају познавати основне принципе о пласирању производа на тржиште, њиховом означавању и траженим карактеристикама. Ово је значајно пре свега, за произвођаче који желе са својим производима наступати на тржишту ЕУ, без обзира на то да ли су из државе чланице или нису. Принципи су јединствени на целом европском привредном простору.

Ако желимо да будемо део тог простора морамо усвојити те принципе и по њима развијати све области, пре свега када говоримо о метрологији или још ближе речено, законској метрологији. За то нам је потребно да у првом реду прилагодимо наше прописе међународним а и да све области метрологије развијамо у складу са праксом Европских националних метролошких института. Законска метрологија штити интересе корисника али и организације које пружају услуге, што је јако важно када говоримо о заштити људи и имовине, здравству, трговини, промету роба и услуга, о контроли квалитета у вези са обрачуном и сл.

Претходно упаковани производи су производи који су упаковани без присуства купца. Количина тих производа се не може променити без отварања, при чему настаје видно оштећење, или без промене паковања. Област претходно упакованих производа је нарочито значајна када говоримо о пласирању нашег производа на тржиште Европске Уније.

¹ Бранка Јовић Раданов, дипл.маш.инж., саветник-метролог за масу, Завод за мере и драгоцене метале, Мике Аласа 14, Београд, тел.20-24-449, radanov@szmdm.sv.gov.yu

² OIML - Међународна организација за Законску метрологију;

³ WELMEC- Европска кооперација у Законској метрологији;

2. ОСНОВЕ НОВОГ ПРИСТУПА ТОТАЛНОЈ КОНТРОЛИ ПРЕТХОДНО УПАКОВАНИХ ПРОИЗВОДА

У нашој земљи произвођач односно увозник претходно упакованих производа је одговоран да претходно упаковани производи испуњавају метролошке захтеве прописане подзаконским актима у складу са Европском праксом. Тако да је за услове под којима се ставља е-знак на претходно упаковане производе као и одржање е-знака одговоран пакер-произвођач односно увозник. У USA се примењује принцип средње вредности. Примена закона се пре свега односи на аспект саме продаје кроз надзор у смислу испитивања серија у просторијама пакера.

У USA је трговац одговоран за количину производа у претходно упакованим производима а он је уговорно обавезао пакера. У Европи су дакле произвођачи и увозници одговорни за количину производа у претходно упакованом производу. Трговци веома често захтевају од пакера да примени е-знак, али они нису одговорни за количину производа које продају.

Што се тиче будућности када говоримо о новом приступу легализацији у овој области како у нашој земљи тако и у целој ЕУ, три су различите подобласти које би требала бити у центру пажње:

1. Упоредивање различитих приступа легализацији у Европским земљама а у некој даљој перспективи проширено и у светске оквире;
2. Четири могућа модела и њихов ефекат на пакере, трговце, и потрошаче у Европи;
3. Четири могућа модела која би била испитана на одабраним учесницима и извршена анализа трошкова и осталих резултата.

Могућа су четири модела у области претходно упакованих производа која представљају различите начине оцењивања усаглашености. Користи се принцип средње вредности (количине). Надзор представља једну од активности и одговорност националног метролошког завода/ надлежног министарства. Када су домаћи произвођачи у питању надзор ће се по свим моделима обављати у просторијама произвођача /пакера на коме је одговорност.

За стране произвођаче/пакере и увознике, надзор ће се обављати на тржишту.

Модел 1: Самодекларисање

Поступак самодекларисања се односи на произвођача – пакера не укључујући надзор од стране нотификационог тела нити овлашћеног органа који врши надзор над тржиштем.

Модел 2: Валидација производа

Овај модел би свакако укључивао нотификационо тело на коме је одлука да ли пакер испуњава захтеве. Овде су присутне две могућности:

1. Произвођач проверава количину производа сваког претходно упакованог производа. Нотификационо тело одлучује о томе да ли ће издати сертификат о признавању процедура пакеру и издаје сертификат по коме серије упакованих производа задовољавају захтеве.
2. Произвођач проверава количину производа према процедурама. Нотификационо тело узоркује серије код пакера (два пута годишње), претпостављајући да су процедуре пакера коректне и издаје сертификат да све остале серије вероватно задовољавају захтеве.

Модел 3. Валидација процеса паковања/пуњења

Овај модел подразумева:

1. Валидација најважнијих карактеристика процеса пуњења/паковања и извођење провера-интерне контроле од стране произвођача у циљу одржања тих карактеристика у задовољавајућој мери и под надзором нотификационог тела
2. Сертификација система обезбеђења квалитета пакера као и повремене провере пакера од стране нотификационог тела.

Модел 4. Сертификација система квалитета

Овај модел доста личи на модел 3., али претпоставља да пакер има довољно "знања" и ресурса да "валидира" карактеристике процеса пуњења и способности да одржи те карактеристике. Нотификационо тело сертифициује **систем квалитета**, укључујући и ову валидацију. Најефективнији систем је обезбеђење квалитета - валидиране процедуре пуњења/паковања и тотални квалитет паковања као део тог система.

Овај модел је бенефиција великих произвођача који већ имају високо оцењен систем квалитета.

У табели 1. приказане су различити модели оцењивања усаглашености са захтевима за претходно упаковане производе и њихов утицај на учеснике у организационој шеми контроле претходно упакованих производа.

	САМОДЕКЛА РИСАЊЕ	ВАЛИДАЦИЈА ПРОИЗВОДА	ВАЛИДАЦИЈА ПРОЦЕСА ПУЊЕЊА	СЕРТИФИКАЦИЈА СИСТЕМА КВАЛИТЕТА
ПАКЕР	Избор сопственог ефективног контролног система: "overfilling" за мале пакере и за јефтине производе или обезбеђење квалитета	Контрола-трошак за нотификационо тело. Сноси трошкове пренетог ризика на трговце.	Трошкови контроле за нотификационо тело. Предузећа са јефтиним производима или мале фирме радије примењују "overfilling"	Трошкови контроле нотификационог тела. Предузећа са јефтиним производима или мале фирме радије примењују "overfilling".
ТРГОВАЦ	Сноси трошкове надзора	Сноси трошкове надзора.	Укупни трошкови су ниски. Нарочито ниски трошкови када је реч о производима из предузећа у којима је систем квалитета на завидном нивоу.	Укупни трошкови су ниски. Нарочито ниски трошкови када је реч о производима из предузећа у којима је систем квалитета на завидном нивоу.
НОТИФИКАЦИОНО ТЕЛО	Нема улогу у овом систему	Нема посебно ефективну улогу у овом систему: Присуство контроли или узорковању.	Има огромну улогу и велики део посла: Валидација процедура пуњења/паковања + оцењивање дела QA система (обезбеђења квалитета)	Има огромну улогу и велики део посла: оцењивање комплетног QA система (обезбеђења квалитета).
ОРГАНИЗАЦИЈА КОЈА ОБАВЉА НАДЗОР	Веома обиман посао. Ефикасан за "overfilling" пакере. Тешкоће за одговорне произвођаче/ пакере који су изван ЕУ.	Веома обиман посао. Ефикасан за "overfilling" пакере. Тешкоће за одговорне пакере који су изван ЕУ.	Ограничен посао . Контрола произвођача/ пакера је ефикасна.	Ограничен посао. Контрола произвођача/ пакера је ефикасна.

Табела 1. Матрица утицаја у организационој шеми контроле претходно упакованих производа

3. ЗАКЉУЧАК

Дакле, најефикаснији и најефективнији је модел 4. – **Сертификација система квалитета** – који подразумева тотални квалитет паковања. Произвођач може ставити претходно упаковани производ на тржиште када нотификационо тело:

- сертифициује могућности произвођача да одржава валидирани процес пуњења/паковања пружајући доказе и информације о анализи могућности и ефективности процеса,
- сертифициује систем обезбеђења квалитета произвођача.

Сертификовани систем обезбеђења квалитета (који укључује валидацију процеса пуњења/паковања) пружа одређено поверење које би сваки појединачни произвођач морао пружити у смислу усаглашавања захтева за претходно упакованим производима.

Према томе, не би било много потребе за надзором на тржишту претходно упакованих производа сваког појединачног произвођача по овом моделу. Једна од обавеза произвођача би била и извођење корективних акција. У надлежности нотификационог тела би била обавеза да се изврши њихова валидација. Такође, у надлежности нотификационог тела би било такође и повлачење сертификата или измена у случају потребе за тим.

4. ЛИТЕРАТУРА

1. OIML R79 Labelling of prepackages, OIML
2. OIML R87 Quantity of Product in Prepackages, OIML
3. Publication 6.6. Guide for the Recognition of Procedures, WELMEC
4. Metrological Requirements for prepackaged products, European Commission.
5. Business Impact Analysis on conformity assessment in prepackages, NMI



Dragiša Skoko, Cvetko Crnojević, Mileta Ristivojević¹

EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE OSETLJIVOSTI PNEUMATSKOG KOMPARATORA

Rezime: U radu se analizira pneumatska osetljivost diferencijalnog pneumatskog komparatora koji služi za kontrolu kvaliteta dimenzija i oblika mašinskih delova. Vrednost pneumatske osetljivosti određuje se eksperimentalnim putem merenjem promene pritiska između izlazne mlaznice i kontrolisanog komada. U toku eksperimenata variran je pritisak napajanja komprimovanog vazduha, geometrija izlazne mlaznice i prečnik mlaznice merne komore komparatora. Rezultati eksperimenata pokazuju da pneumatska osetljivost raste porastom pritiska napajanja i smanjenjem prečnika mlaznice merne grane, dok važan uticaj ima i geometrija izlazne mlaznice.

1. UVOD

Poslednjih nekoliko decenija kontrola kvaliteta obrade površina i izrade oblika mašinskih delova, i utvrđivanje da li su njihove kontrolisane dimenzije u zadatom tolerancijskom polju ili ne, najčešće se obavlja primenom pneumatskih metroloških sistema, a naročito u visokoserijskoj proizvodnji kao što je npr. automobilska. Ovim metrološkim sistemima postiže se tačnost merenja – kontrole do delova mikrometra. Princip rada pneumatskih metroloških sistema – pneumatskih komparatora je dobro poznat i zasnovan je na postojanju funkcionalne zavisnosti između pritiska p jednog ističućeg mlaza kompresibilnog strujanja vazduha, koji udara u čvrsti zid kontrolisanog komada, i udaljenja δ između mlaznice i kontrolisanog komada. Ostali brojni detalji koji objašnjavaju funkcionisanje diferencijalnih pneumatskih komparatora dati su u referencama [1] i [2], dok su neki dopunski fenomeni koji utiču na rad pneumatskih komparatora razmotreni u referenci [3].

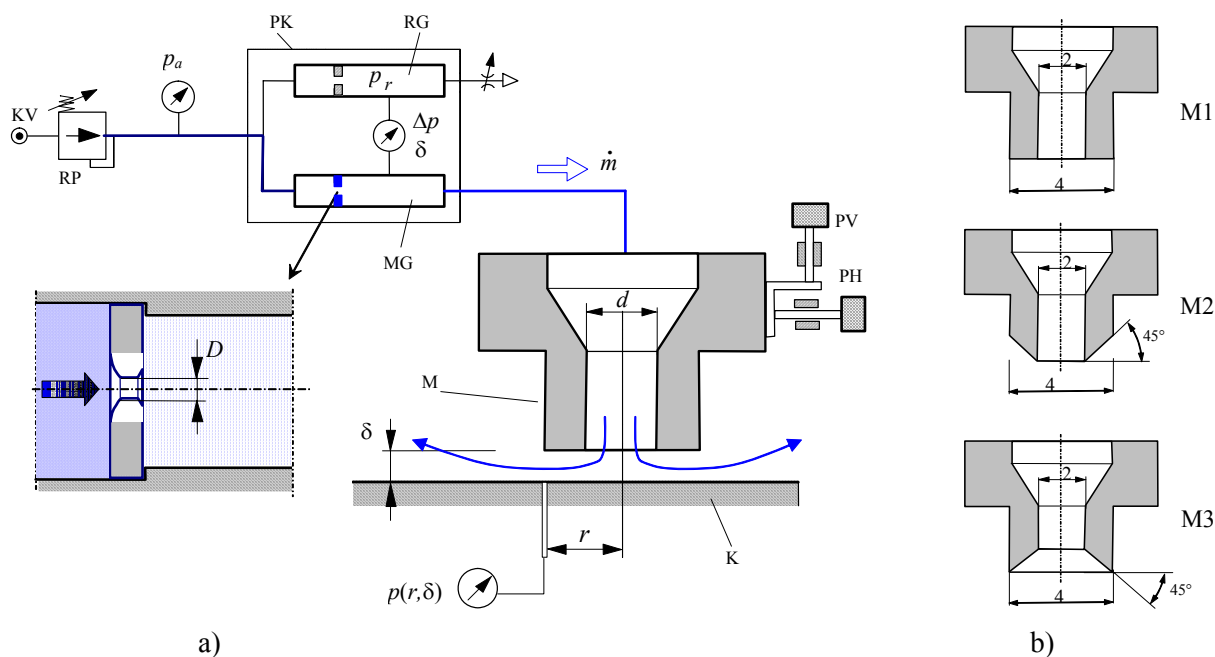
Pri kontroli mašinskih delova i sistema primenom pneumatskih komparatora ne dobija se stvarna vrednost neke merene dužine već njena relativna vrednost u odnosu na tzv. etalon. Ako se za etalon izabere nazivna mera nekog komada, što je najčešće slučaj, tada se pri kontroli drugih - kontrolisanih komada utvrđuje da li su oni u traženom-unapred zadatom tolerancijskom polju, tj. da li su oni dobri ili loši. Primene pneumatskih metroloških sistema za kontrolu mašinskih delova i sklopova su brojne, i to pri kontroli ravnih i zakrivljenih površina, spoljašnjih i unutrašnjih mera, jednostavnih i složenih geometrija, cilindričnosti, konusnosti i paralelnosti, što se može naći na sajtu jednog od vodećih svetskih proizvođača pneumatskih komparatora – francuske firme »ETAMIC« (ref. [4]).

Na kvalitet kontrole merenih veličina pneumatskim komparatorima utiču brojni strujni i geometrijski parametri (v. ref. [2], [5] i [6]), a jedan o najvažnijih jeste tzv. pneumatska osetljivost koja će posebno biti obradjena u ovom istraživanju, i do koje se dolazi na osnovu eksperimentalnih merenja.

2. PNEUMATSKA OSETLJIVOST

Na Sl.1 prikazan je mlaz komprimovanog vazduha, koji ističe kroz izlaznu mlaznicu M, i koji udara u čvrstu pregradu-kontrolisani komad K. Pritisak p koji se meri na radnoj površini-komadu K zavisi od udaljenja δ mlaznice od kontrolisanog komada, tj. važi neka funkcionalna zavisnost $p(\delta)$ čiji je grafik

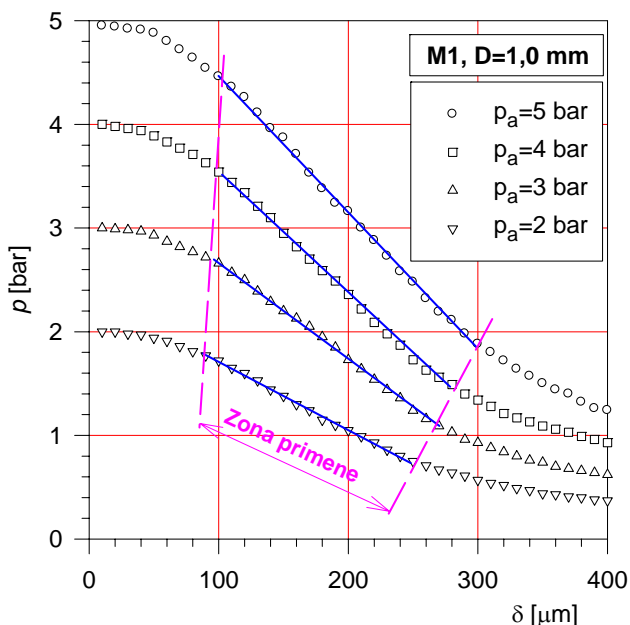
¹ Mašinski fakultet, Kraljice Marija 16, 11120 Beograd 35, Tel. 011 3302 304, E-mail: ccrnojevic@mas.bg.ac.yu



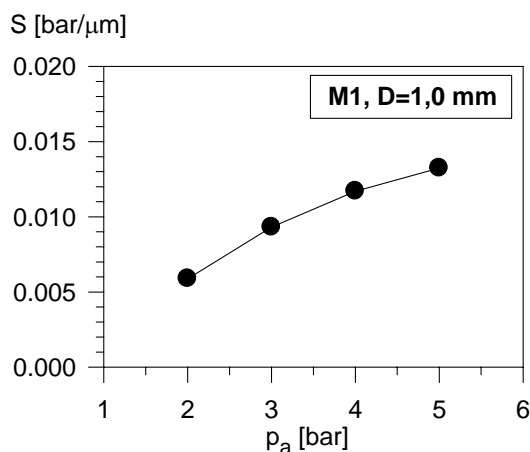
Slika 2. a) Eksperimentalna instalacija, i b) različite geometrije izlazne mlaznice.

4. ANALIZA REZULTATA I DISKUSIJA

Na slici 3 prikazana je promena pritiska na mernom komadu u funkciji rastojanja δ za pritiske napajanja pneumatskog komparatora $p_a = 2, 3, 4$ i 5 bar, respektivno, za geometriju izlazne mlaznice M1 i prečnik konvergentno-divergentne mlaznice merne grane $D=1$ mm. Merenjem su dobijene tipične krive za



Slika 3. Zavisnost pritiska na mernom komadu u funkciji različitih pritisaka napajanja, za mlaznicu M1 i prečniku $D=1$ mm.

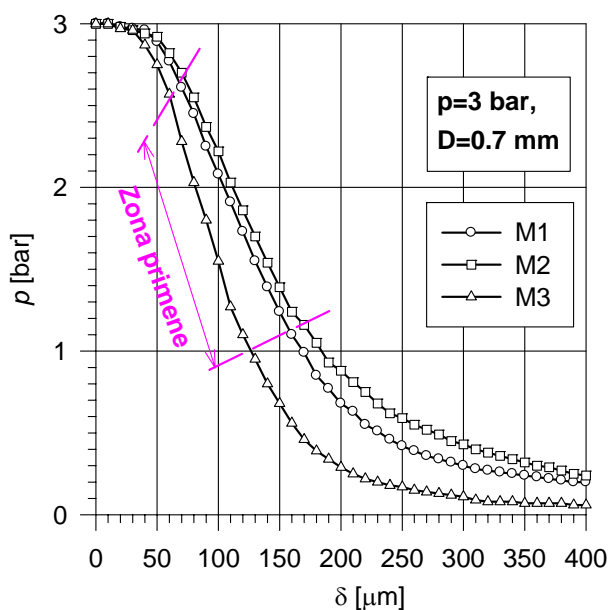


Slika 4. Pneumatska osetljivost komparatora za mlaznicu M1 i prečniku $D=1$ mm.

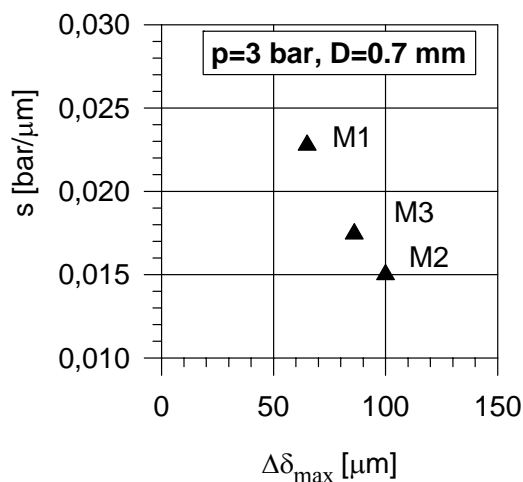
promenu pritiska u funkciji rastojanja δ . Uočavanjem linearnih delova krivih $p(\delta)$, i na osnovu njih određujući pneumatsku osetljivost izrazom (1), čija je promena prikazana na dijagramu sa Sl.4, dobija se oblast primene iz koje se zaključuje da je pri istim parametrima M1 i D , pneumatska osetljivost u direktnoj zavisnosti od pritiska napajanja i da je ona utoliko veća ukoliko je pritisak napajanja veći. Rezultati merenja

sa Sl. 3 takodje upućuju na zaključak da se pri istim parametrima M i D , na linearnim delovima krivih porastom pritiska napajanja komprimovanog vazduha povećava rastojanje $\Delta\delta$, što znači da se ovim efektom mogu kontrolisati i merni komadi koji imaju veće tolerancijsko polje neke nazivne mere.

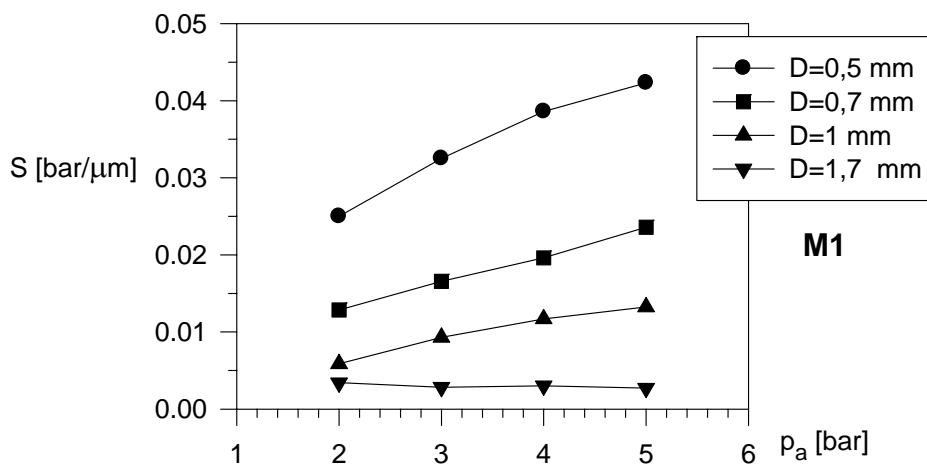
Na Sl. 5 prikazani su eksperimentalni rezultati merenja pritiska komprimovanog vazduha $p(\delta)$ pri jednom pritisku napajanja pneumatskog komparatora ($p_a = 3$ bar), za jedan prečnik ($D = 0.7$ mm) konvergentno-divergentne mlaznice i pri različitim geometrijama izlazne mlaznice. Sa ove slike se vidi da geometrija izlazne mlaznice utiče na oblast primene, što je bolje vidljivo na drugačije predstavljenim rezultatima datim na Sl. 6. Na ovoj slici sa $\Delta\delta_{\max}$ označeno je maksimalno udaljenje na pravom delu krive $p(\delta)$, koji odgovara maksimalnom tolerancijskom polju neke merene dužine. Očigledno je da pri svim ostalim strujnim i geometrijskim parametrima, geometrijom izlazne mlaznice može se menjati pneumatska osetljivost komparatora.



Slika 5. Zavisnost pritiska na mernom komadu u funkciji od geometrije izlazne mlaznice, pri parametrima $p_a = 3$ bar i $D = 0.7$ mm.



Slika 6. Pneumatska osetljivost komparatora za različite izlazne mlaznice i pri parametrima $p_a = 3$ bar i $D = 0.7$ mm.



Slika 7. Pneumatska osetljivost konfiguracije sa mlaznicom M1 i različitim prečnicima mlaznice u mernoj grani.

Na Sl. 7 za mlaznicu M1 prikazana je zavisnost pneumatske osetljivosti u funkciji pritiska napajanja i za različite prečnike konvergentno-divergentne mlaznice. Sa slike se vidi da se pri prečniku $D = 1.7$ mm pneumatska osetljivost relativno sporo menja, dok se smanjenjem prečnika D i povećanjem pritiska

napajanja pneumatska osetljivost povećava. Ovo je veoma važan rezultat jer se upravo ovim efektom u konkretnim izvodjenjima pneumatskih komparatora postiže ostvarivanje željene osetljivosti mernog sistema.

4. ZAKLJUČCI

Na osnovu eksperimentalnih rezultata prikazanih u ovom radu dolazi se do opštih zaključaka:

- Na pneumatsku osetljivost pneumatskog komparatora se prvenstveno utiče promenom prečnika konvergentno-divergentne mlaznice merne grane. Povećanje pneumatske osetljivosti, a što je najčešći praktični zahtev, postiže se smanjenjem prečnika mlaznice merne komore, i na taj način istovremeno se sužava maksimalno tolerancijsko polje kontrolisane mere koju komparator može da postigne.
- Za iste geometrijske parametre izlazne mlaznice i konvergentno-divergentne mlaznice merne grane pneumatska osetljivost se povećava porastom pritiska napajanja komprimovanog vazduha.
- Iako se različita geometrija izlazne mlaznice prvenstveno koristi radi eliminisanja vrtložne zone između mlaznice i kontrolisanog komada (ref. [2] i [5]), dati rezultati merenja pokazuju da se geometrijom izlazne mlaznice može uticati i na pneumatsku osetljivost komparatora i na promenu maksimalnog tolerancijskog polja kontrolisanog komada.

LITERATURA

- [1] Fortier, M.,: Application industrielles des écoulements gazeux à la vitesse critique, Revenu chaleur et Industrie, N°299, p.145.2. (1950)
- [2] Crnojevic C., Roy G., Bettahar A. and Florent P.: Influence of regulator diameter and injection nozzle geometry on flow structure in pneumatic dimensional control systems. Transactions of ASME, Journal of Fluids Engineering, Vol. 119., pp. 609-615 (1997).
- [3] Crnojević C., Skoko D.,: O nekim pojavama koje utiču na rad pneumatskog komparatora. XXXI JUPITER konferencija, Zlatibor 2005. Zbornik radova (na CD-u), str. 5.14-5.17.
- [4] <http://www.etamic.com>
- [5] Roy G., Vo-Ngoc D., Nguyen D. Florent P.: Behavior of Radial incompressible flow in pneumatic dimensional control systems. Transactions of ASME, Journal of Fluids Engineering, Vol. 125., pp. 843-850 (2003).
- [6] Roy, G., Crnojevic C., Bettahar A., Florent P. and Vo-Ngoc, D., "Influence of nozzle geometry in radial flow applications," International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Proc. Vol. 1, pp.363-368 (1994), Bali, Indonesia

Résumé: Dans cet article on fait une analyse concernant la sensibilité pneumatique d'un comparateur pneumatique utilisé dans contrôle dimensionnel des pièces produites en hautes séries. La sensibilité pneumatique a déterminée expérimentalement par mesures de pression entre une buse de soufflage et une pièce - plaque plan en fonction de pression d'alimentation et pour des différentes géométries de buse et diamètre du gicleur de la branche de mesure. Les résultats obtenus expérimentalement montrent que la sensibilité pneumatique augmente par augmentation de la pression d'alimentation et diminution du diamètre de gicleur, et que la géométrie de la buse a une rôle très importante.



QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF LOPIFO LABORATORY

M. Toth-Tascau¹, D. Dragulescu, C. Vigaru, M. Dreucean
Politehnica University, Timisoara, Romania

mirela@cmpicsu.upt.ro, ddrag@cmpicsu.upt.ro, cosminas@mec.upt.ro, dreucean@mec.upt.ro

ABSTRACT

The paper presents the quality management system of LOPIFO manufacturing laboratory as a small manufacturing entity which represents one of the CMPICSU Research Centre extensions in Politehnica University of Timisoara. The quality system of LOPIFO Laboratory complies with the requirements of quality system standard SR EN ISO 9001:2001. The LOPIFO manufacturing laboratory was created in order to manufacture medical devices, especially implants, prosthetic devices, internal and external maxillo-facial distractors.

Keywords: quality management system, medical devices, implant, external distractor, biocompatible material.

1. INTRODUCTION

The LOPIFO laboratory represents one of the CMPICSU Research Centre extensions in Politehnica University of Timisoara.

The Multiple Users Research Centre *Centre for Modeling the Prosthetic Appliances and Surgical Operations on Human Skeleton* has been created in order to integrate the scientific research results from different universities and hospitals from our country in fields like:

- biomechanical studies of bones and tissues;
- medical imaging investigations;
- research on prosthetic appliances and implants optimization depending on skeleton deficiencies;
- implants and prosthetic devices design and manufacturing;
- testing of medical devices.

Generally, an effective quality management system is recognised as a key regulatory consideration for allowing medical device manufacturer to market their products around the world. Depending on the type of medical device, there are different standards that provide a focus for the quality management system requirements for medical device manufacturer. Free trade of medical devices within the European Union is achieved through compliance with the requirements of the applicable EU Directives [1].

In order to demonstrate the conformity with the essential requirements and to enable conformity to be verified, it is desirable to have harmonized European standards to protect against the risks associated with the design, manufacturing and packaging of medical devices.

Romanian manufacturers have to respect both EU Directives regarding medical devices such as:

- Active Implantable Medical Devices Directive (AIMD);
- Medical Devices Directive (MDD);
- In Vitro Diagnostic Directive (IVD)

and harmonized European standards in accordance with the general guidelines established by competent bodies.

For example, the COUNCIL DIRECTIVE MDD 93/42/EEC of 14 June 1993 *concerning medical devices* and ISO 13485:2004 *Medical devices - Quality management systems - Requirements for regulatory purposes* have to be enforced by any medical device manufacturer. For the purpose of this Directive, Romanian documents have been adopted: HGR 911/11.08.2005, Law 176/24.01.2005, etc.

¹ Mirela Toth-Tascau, Politehnica University of Timisoara, tel. 0040-256-403637, e-mail: mirela@cmpicsu.upt.ro

All the medical devices must meet the essential requirements which apply to them, taking into account the intended purpose of the devices concerned. Many Romanian medical devices placed on the market and put into service have been affixed CS marking. From the beginning of this year, the medical devices manufactured in Romania can use the CE marking.

Thus, in order to place on the European market a medical device it is necessary to affix a CE Mark.

As it is known, the CE marking is not a quality certification. It is used by the European Competent Authorities as a way to quickly determine whether the product has met all of the requirements of the Medical Device Directive 93/42/EEC or other specific directives and standards.

2. QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF LOPIFO LABORATORY

Nowadays, many Romanian customers (hospitals, clinics, doctors, etc.) want their medical device suppliers to be SR EN ISO 9001:2001 certified. Customers perceive some level of security in knowing they are buying from a manufacturer that has an SR EN ISO 9001:2001 certified quality system. However, the European Union does not require device manufacturers to comply with SR EN ISO 9001:2001 in order to obtain a CE mark.

Thus, LOPIFO Laboratory has an implemented quality system, but not yet a certified one. LOPIFO Laboratory is involved in testing of its product in accredited laboratories. The quality system of LOPIFO Laboratory complies with the requirements of quality system standard SR EN ISO 9001:2001 [5]. Also, the management of LOPIFO Laboratory takes into account the requirements of ISO 13485:2004 as process standard [4].

The LOPIFO manufacturing laboratory was created in order to manufacture medical devices, especially implants, prosthetic devices, internal and external maxillo-facial distractors.

The LOPIFO laboratory represents a manufacturing unit involved both in manufacturing process and educational one. This laboratory is involved in educational process in order to offer to the students of Medical Engineering specialization a framework for practical activities.

The designing of medical devices manufactured in LOPIFO Laboratory is realized in CMPICUSU Research Centre Modeling Laboratories.

The LOPIFO manufacturing laboratory is authorized by the Romanian Health Ministry, and the medical devices manufactured are certified by the Romanian Accredited Certification Body OTDM and Romanian Health Ministry.

The Quality System (QS) regulations require that LOPIFO Laboratory establishes and maintains a quality system that is appropriate for the specific medical devices designed or manufactured.

The quality management system of LOPIFO Laboratory is conformably with requirements of SR EN ISO 9001:2001 standard. SR EN ISO 9001:2001 is the more comprehensive than SR EN ISO 9000:2000 because it covers design, production, servicing and corrective/preventive activities.

The written policies and objectives of LOPIFO Laboratory are set by management and are influenced both by inside and outside factors such as customer requirements, standards, and regulations. The main objectives are to produce safe and effective devices at a profit. Tasks to be performed to meet these objectives are described in procedures and other documents. The LOPIFO management permanently tries to determine the best methods in order to attain the quality objectives.

As a small manufacturer, LOPIFO Laboratory has a simpler quality system [3]:

- do not need a large amount of documentation in order to achieve a state of control;
- the quality manual is proportionally simpler;
- the written procedures are also less complex.

The main document of the quality system is the Quality Manual. This manual was developed to aid laboratory in completing, maintaining, or expanding its quality system.

The management of LOPIFO Laboratory permanently makes efforts in order to maintain the implemented system. Taking into account that the entity intends to extend the types of medical devices which will be manufactured and certified, the laboratory assures that with growth and process or product changes the quality system will be still adequate. This assurance is mainly obtained through change control, day-to-day observance of operations, and by periodic internal or external audits of the quality system.

3. MANUFACTURED MEDICAL DEVICES IN LOPIFO LABORATORY

By now, the LOPIFO Laboratory manufactures many types of implants, both for human orthopedic surgery, human maxillo-facial surgery and animals. Two of these medical devices considered to meet the

essential requirements are already certified and can be placed on the market. The old CS 04 marking of conformity is replaced by CE marking of conformity.

In the frame of the Multiple Users Research *Centre for Modeling Prosthetic Devices and Surgical Interventions on Human Skeleton* in POLITEHNICA University of Timișoara were designed and manufactured a set of implant plates made in Titanium alloys destined to repair the head skeleton fractures, as well as, to fix the long bones fractures.

The two certified medical devices are:

- Set of implants for maxillo-facial surgery *TI 1*;
- External distractor for maxilo-facial surgery *DE 000*.

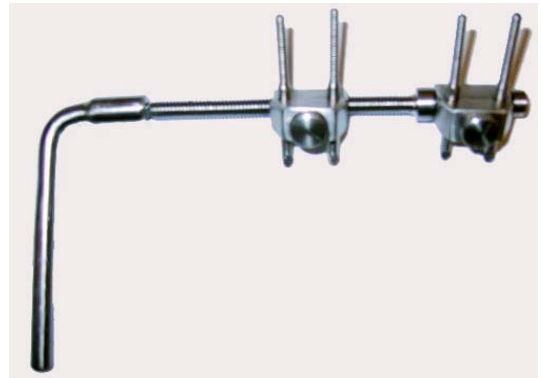


Fig.1. Certified set of maxilo-facial implants and external distractor

Both the set of implants and the distractor have been manufactured by Titanium. Titanium can be considered the leading structural metallic biomaterial. Titanium and certain of its alloys have become the materials of choice for many clinical applications, including long-term implantable devices. Titanium, as the other biomaterials used for the long-term implantable devices have to accomplish some characteristics, in order to perform the desired function:

- must have the appropriate mechanical properties, taking into account the stress levels and frequencies that will be encountered. Young's modulus is approximately half that of stainless steel, therefore there is less risk of stress protection of bone.
- must be sufficiently corrosion resistant, taking into account the duration of implantation and the consequences of any corrosion should it take place. Titanium is one of the most corrosion-resistant metals. When a titanium surface is exposed to the environment (including physiological environment), an oxide layer on the surface to prevent corrosion is formed. It is well known that Titanium has good self passivation property.
- should have adequate biological safety. The quality of Titanium as a biocompatible material is based on the combination of corrosion resistance and biological safety, both of these characteristics contributing to the excellent biocompatibility of Titanium.

Starting from the study of a large variety of implants used for bone structure reconstruction of cranio-maxillo-facial skeleton, as well as the recommended materials for them execution, a study of geometry, material properties and them biocompatibility has been realized. Based on this study, a set of implants has been designed in order to be executed, tested and implemented in a surgery process.

The designed set of implants comprises a mini plate system and corresponding screws. The system has a very comprehensive range of plates and screws for almost all procedures. The designed set of implants has been developed for the management of cranio-maxillo-facial skeleton fractures using 1.5 to 3.5 mm thick plates of various shapes and screws of 2.7 mm in diameter.

In addition to the well-known standard plates, a range of anatomically pre-shaped plates is available to facilitate adaptation. The designed system comprises straight and angular reconstruction plates of various shapes and lengths. According to their length and destination, plates have a different number of holes.

The bends which have been used for plates execution were made by Titanium biocompatible alloy VT1 with 0,8 mm in thickness and 30 mm of width, delivered by FIKO Titanium Ltd – Ukraine. The implant boundaries were manufactured by using electro-erosion technique and the holes in implant plate by milling and lathing.

The same material, but as wire with different diameter, has been used for screw execution. The mini-screws can be supplied with slit heads and an inner square, depending on individual requirements. The square head screws fit securely to the screwdriver blade. The screws have different lengths according to implanted bones dimensions.

Screws and plates are coded to ensure safe and rapid access. Screws and plates are placed in modular designed implant cassettes.

The external distractor is also made by Titanium. Using Titanium the physical and mechanical properties are very good. Because Titanium has a low density, the weight of distractor is low and because of the mechanical properties of Titanium the purpose of this device is reach. As modelling stage, the Solid Edge software was used to determinate the theoretical weight (which is low – a good thing because the patient has to wear it for minimum few mounts). This values were confirmed, after the distractor was realised, using a precise analogical balance. All the results confirmed that the external distractor can be used in medicine in the purpose that it was build for with out any consequences.

The manufactured implants and distractor were tested in the CIDUCOS Testing Laboratory of Politehnica University of Timisoara [2]. The CIDUCOS Testing Laboratory is accredited by RENAR Accreditation body, according to SR EN ISO/CEI 17025:2005 standard. The theoretical results obtained by numerical analysis during the modelling stage, were similar to the experimental results obtain in testing laboratory CIDUCOS.

According to Council Directive 93/42/EEC, medical devices must meet the essential requirements which apply to them, taking into account the basic functions of the device. All the medical devices have to be tested in order to ensure that they may be placed on the market and put into service. Thus, in addition, before the certification, both medical devices have been tested in OTDM laboratories and clinical investigations have been made.

4. TESTING OF MANUFACTURED MEDICAL DEVICES

A lot of studies concerning the mechanical behaviour of surgical implants were developed in the frame of the CIDUCOS Testing Laboratory in order to offer to the potential users the optimal solution in the case of accidental or congenital damages of the human skeleton bones.

The material structure having the granulation index $G = 11$ conformably to SR ISO 643: 1993, presented uniform grains without non-metallic inclusions.

The material was submitted to the corrosion tests, conformably to ISO 16429-2003, in Ringer lactate solution ($\text{Na}^+ = 147 \text{ mmol/l}$, $\text{K}^+ = 4 \text{ mmol/l}$, $\text{Ca}^{2+} = 2.28 \text{ mmol/l}$, $\text{Cl}^- = 111 \text{ mmol/l}$, lactate = 44.6 mmol/l) and in artificial saliva ($\text{KCl} = 1,5 \text{ g/l}$, $\text{NaHCO}_3 = 1.5 \text{ g/l}$, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 0.5 \text{ g/l}$, $\text{KSCN} = 0.5 \text{ g/l}$ lactic acid = 0.9 g/l). The polarization curves, conformably to ASTM G3 and G5, were obtained by using the equipment VoltaLab. The results were satisfactory, indicating the same structure as the non-corroded samples.

5. CONCLUSIONS

The LOPIFO Laboratory intends to permanently develop and improve its activities, its quality management system in order to contribute to the safety of medical devices and to improve of public health.

In the future LOPIFO laboratory will extend to more and more medical devices and materials, in the perspective of integration of the certified laboratories in a network of wellness hot spots on the European market.

Also, LOPIFO manufacturing laboratory intends to certify its own quality management system conformably to SR EN ISO 9001:2001.

6. REFERENCES

- [1] A. Lowery, J. Strojny, J. Pule, *Medical Device Quality Systems Manual: A Small Entity Compliance Guide*, HHS Publication FDA 97-4179, 1996
- [2] M.Toth-Taşcău, D.Drăgulescu, M. Dreucean, C. Vigarau, *Quality management of CIDUCOS testing laboratory*, Proceedings Symposium o operacionim istrazivanjima SYM-OP-IS 2006, Banja Koviljaca, ISBN 86-82183-07-2, p. 105-108
- [3] *** LOPIFO Laboratory Quality System Documents
- [4] *** MDD 93/42/EEC concerning medical devices
- [5] *** SR EN ISO 9001:2001 Management Quality Systems. Requirements

M. Veljić¹, D. Živković², G. Takov³

OPERATIVNA GOTOVOST BERAČA KUKURUZA KAO MERILO KVALITETA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

Rezime: U radu se analizira korektivno održavanje berača kukuruza, odnosno njihova operativna gotovost kao merilo kvaliteta uspešnosti njihovog preventivnog održavanja. Istraživanje je obavljeno na jednom poljoprivrednom dobru merenjem i analizom podataka za vreme eksploatacije i tokom održavanja u servisnoj radionici, a rezultati su prezentovani u radu. Na osnovu rezultata istraživanja predlažu se mere koje treba da doprinesu boljem preventivnom održavanju, odnosno smanjenju aktivnosti korektivnog održavanja.

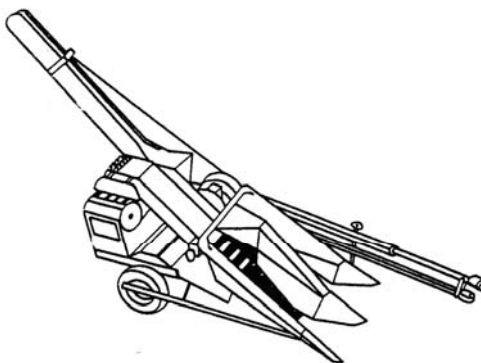
Cljučne reči: održavanje, gotovost, berači kukuruza.

1. UVOD

Da bi ubiranje kukuruza bilo uspešno izvedeno, treba mu pristupiti u optimalnom agrotehničkom roku. Kukuruz postepeno sazreva i ne osipa se, ali to ne znači da sa ubiranjem može da se kasni. Usled jesenjih kiša može doći do njegovog truljenja, a prinosi se, usled plesni, smanjuju. Kiše čine i zemljište raskvašenim, pa je pristup mehanizacije otežan. Zakašnjenje u berbi kukuruza onemogućava uspešnu jesenju pripremu zemljišta za ozime useve. Optimalno vreme ubiranja kukuruza zavisi od procenta vlage u zrnju. Vlaga bi trebalo da bude tolika da omogući njegovo čuvanje u koševima. Spoljna vlaga, kiša, rosa utiču na vlaženje stabljika, komušine pa čak i klipa sa zrnima što najčešće dovodi do zagušenja radnih elemenata berača, odnosno nemogućnosti ubiranja sa adekvatnim mašinama u agrotehničkom roku. Ubiranje van agrotehničkog roka dovodi do povećanih gubitaka u zrnju sto uslovljava da mašine za ubiranje treba da poseduju visoku operativnu gotovost.

2. BERAČI KUKURUZA

Kod berača kukuruza na hederu provlači se stabljika pomoću uvlačećih valjaka, a otkidanje klipa obavlja se na otkidačkim pločama. Klip se pomoću lančastog transporterera sa prstimu dovodi do komušaćkog stola gde se obavlja operacija odvajanje komušine od klipa. Okomušani klipovi se elevatorskim transporterom sa gumenim lopaticama transportuju do bunkera za klipove ili do prikolice koja je vučena iza berača. Prikaz dvorednog berača komušaća kukuruza proizvodnje fabrike Zmaj, Z 224, dat je na slici 1.



Slika 1. Dvoredni berač kukuruza Z 224

¹ Veljić Milan, Mašinski fakultet u Beogradu, e-mail: mveljic@mas.bg.ac.yu

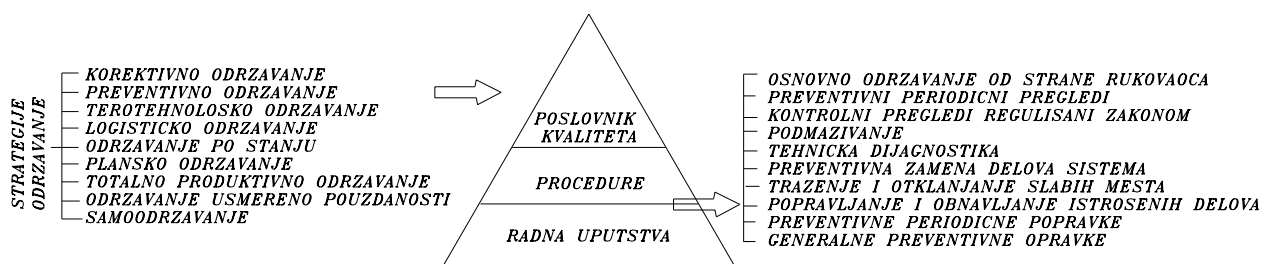
² Živković Dragan, VTS Zrenjanin, e-mail: zivkkev@drenik.net

³ Takov Genadij, University of Mining & Geology, Sofia

Ovaj berač poseduje sečku (tarup) sa horizontalnim rotorom sa 32 noža čiji je zadatak da usitne polomljene stabljike kukuruza nakon provlačenja kroz otkidačke valjke. U zavisnosti od vrste i stanja kukuruza, kao i stanja zemljišta radni učinak dvorednog berača je od 0,6 do 0,95 ha/h pri radnoj brzini od 2 do 4,5 km/h. Komušaćki sto je nezavisan od beračke sekcije, uvek zauzima horizontalan položaj, i sastoji se iz 4 para gumenih i metalnih valjaka sa gumenim rotorom koji pritiska stabljike uz valjke. Ovaj dvoredni berač se proizvodi i u varijanti sa bunkerom 3,4 m³ koji se primenjuje pri ubiranju kukuruza na manjim površinama.

3. SISTEM KVALITETA

Sistem kvaliteta predstavlja organizacionu strukturu koja obuhvata odgovornost, postupke, procese i resurse za upravljanje kvalitetom, odnosno definiše principe na kojima se odvija rad većine funkcija u preduzeću. Kvalitet mora da bude ugrađen u proizvod. To se može postići samo uvođenjem i doslednom primenom sistema kvaliteta koji treba da obuhvati ceo proizvodni procese od projektovanja pa sve do servisiranja proizvoda. Uvođenje sistema kvaliteta u preventivno održavanje, treba da dovede do smanjenja neispravnosti, odnosno sprečavanja mogućnosti da do neispravnosti uopšte i dođe. Da bi se ovo postiglo treba da postoje odgovarajuće precizne procedure koje tačno propisuju: KO je odgovoran za obavljanje posla, ŠTA se mora obaviti, KADA se mora obaviti, GDE se obavlja, KAKO se obavlja. SA ČIME se obavlja i NA ČEMU se obavlja. Sistem kvaliteta u preventivnom održavanju dat je na slici 2.



Slika 2. Prikaz potrebnih procedura definisanje Sistema kvaliteta u preventivnom održavanju

4. PREVENTIVNO ODRŽAVANJE BERAČA KUKURUZA

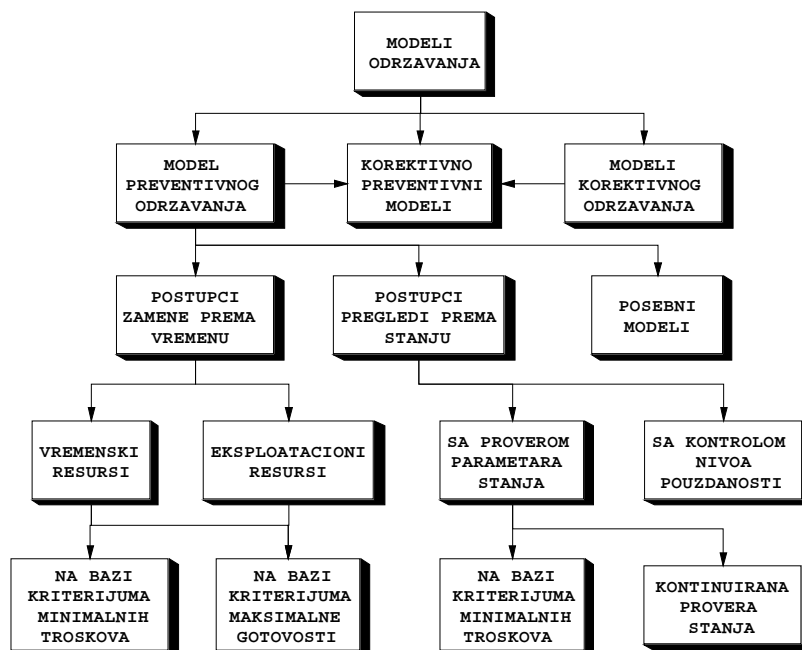
Evropska organizacija za upravljanje kvalitetom (European Organization for Quality Control-EOQC) definiše održavanje kao kombinaciju svih tehničkih i odgovarajućih administrativnih aktivnosti, slika 3, neophodnih za očuvanje nekog sredstva rada, radnog sistema ili dovođenje istog u stanje u kojem sredstvo rada ili sistem može obavljati predviđenu funkciju.

Održavanje se može definisati kao potreba preduzimanja tehničkih i drugih aktivnosti čiji je osnovni cilj da se obezbedi ispravnost opreme u procesu proizvodnje, uz minimalne troškove održavanja prouzrokovane zastojima zbog otklanjanja otkaza ili pak zbog troškova vezanih za održavanje, a kojima zastoji nisu direktni uzročnik.

Održavanje ima zadatak da otklanja otkaze i sprečava njihovu pojavu, odnosno da obezbedi pouzdano funkcionisanje proizvodnog sistema u toku njegovog rada i eliminiše sve zastoje do kojih može da dođe u procesu eksploatacije.

Osnovni ciljevi organizovanog procesa održavanja su:

- minimiziranje troškova zbog zastoja u radu usled neplaniranih kvarova,
- obezbeđivanje potrebnog nivoa pouzdanosti proizvodne opreme,
- postizanje boljeg kvaliteta proizvoda,
- povećanje produktivnosti rada.



Slika 3. Prikaz modela održavanja

5. KRITERIJUMI ZA OCENU KVALITETA ODRŽAVANJA

Jedno od najzanimljivijih pitanja koja se nameće je ocena efekata kvaliteta održavanja tehničkih sistema u vremenu, odnosno merenje kvaliteta održavanja.

Merenje predstavlja poređenje poznate veličine sa nepoznatom veličinom koja se ispituje odnosno meri. Merenje kvaliteta održavanja nije uvek lak posao. Ipak da bi se bilo u mogućnosti da se izmeri kvalitet održavanja moraju se unapred definisati određeni kriterijumi na bazi kojih će se moći da oceni kvalitet održavanja. Najvažniji kriterijumi, za ocenu kvaliteta su sledeći:

- pouzdanost tehničkog sistema,
- intezitet pojave kvara,
- gotovost,
- raspoloživost opreme,
- dokumentovanost i sl.

6. EFEKTIVNOST

Ako se efektivnost opreme posmatra kroz gotovost, pouzdanost i funkcionalnu podobnost, slika.4, predstavi u matematičkom obliku dobija se:



Slika 4: Efektivnost sistema u funkciji: operativne gotovosti, pouzdanosti i funkcionalne podobnosti

$$E_s(t) = G(t) P_p(t) FP$$

gde je:

$E_s(t)$ -efektivnost opreme,

$G(t)$ -gotovost opreme. *Gotovost* predstavlja verovatnoću da će oprema (sistem) uspešno stupiti u dejstvo i ostvariti projektovane izlazne veličine, projektovane funkcijom kriterijuma, u datom vremenu i datim uslovima rada,

$P_p(t)$ -pouzdanost opreme. *Pouzdanost* predstavlja verovatnoću da će oprema (sistem) uspešno vršiti funkciju kriterijuma u projektovanom vremenu trajanja i datim uslovima okoline,

FP -funkcionalna podobnost opreme. *Funkcionalna podobnost* predstavlja sposobnost opreme (tehničkog sistema) za uspešno prilagođavanje uslovima okoline u projektovanom vremenu trajanja rada,

7. OPERATIVNA GOTOVOST OPREME

Operativna gotovost je verovatnoća da sistem, kada se koristi pod specifičnim uslovima, zadovoljavajuće funkcioniše u bilo kom trenutku 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 u skladištu, što je vrlo čest slučaj kod poljoprivredne opreme. Operativna gotovost u matematičkom obliku može se prikazati kao:

$$G_o(t) = (t_k + t_s) / (t_k + t_s + t_f),$$

gde je:

t_k (h)- vreme korišćenja,

t_f (h)- vreme koje sistem provede u otkazu,

t_s (h)- vreme koje 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.

8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Istraživanje operativne govosti 5 berača kukuruza Zmaj Z224 vršeno je na poljoprivrednom dobru PP Titel tokom eksploatacije i to sa 2.600.ha primarne bilnje i istočarske proizvodnje Prikupljanje adekvatnih podataka o trajanju vremena otklanjana otkaza vršeno je u mašinskoj traktorskoj stanici. Praćeno vreme otklanjanja otkaza, vrste otkaza, način otklanjanja otkaza kao i broj otkaza na godišnjem nivou po beraču dato je u Tabeli 1.

Tabela 1. Pregled najčešćih uzoraka otkaza kod berača kukuruza

Naziv dela	Broj otkaza godišnje	Vreme otklanjanja otkaza(h)	Vrsta otkaza	Način otklanjanja otkaza
kardansko vratilo	0,3	0,6	pucanje zgloba	ново, zavarivanje
privodni lanci	0,5	0,5	prekid	ново, popravka
lanac elevatora	0,4	0,5	prekid	ново, popravka
komušaćki valjci	0,4	4	istrošenost	ново
noževi tarupa	1	1	istupljenost	oštrjenje, novo
osovina bitera	0,3	2	iskrivljenost	ново
klizni ležaj	0,3	0,5	istrošenost	ново
hidraulična instalacija	0,5	0,4	curenje creva	ново
lančanici privodnih lanaca	0,3	1	istrošenost	ново
pneumatici	0,2	0,7	istrošenost	ново
gumeni prsti komušaljke	0,2	1	istrošenost	ново
kaiševi traupa	0,3	0,2	prekid	ново
lopatice bitera	0,2	0,4	istrošenost	ново
električna instalacija	2	0,5	prekid, sijalice	popravka, novo

⁴ Vujanović N., Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački centar, 1990, Beograd, 1990

Iz rezultata prikazanih u tabeli vidi se da broj otkaza elemenata kod berača kukuruza nije zanemarljiv. Ako se tome doda činjenica da realno vreme otklanjanja otkaza traje po nekoliko sati (a obično je van eksploatacije jedan dan, berč kukuruza se mora transportovati do radionice, popraviti i vratiti na njivu) daleko veće od vremena same popravke, i da je rad berača kukuruza uslovljen vremenskim (atmosferskim) uslovima, kao i kalendarskim vremenom (radi u toku godine manje od mesec dana), tada intezitet (broj) otkaza prikazanih u tabeli jeste veoma indikativan za službu održavanja. Pored kvaliteta održavanja, rezultati istraživanja inteziteta otkaza prikazanih u tabeli su i veoma dobra smernica za preduzimanje odgovarajućih aktivnosti preventivnog održavanja, a u cilju smanjivanja inteziteta otkaza elemenata berača kukuruza. Zbog otkaza ovih elemenata, u toku jedne sezone dolazi u proseku i do desetak otkaza, što se boljim preventivnim održavanjem može smanjiti.

Analizom podataka prikazanih u Tabeli 1. vidi se da su prosečni zastoji berača kukuruza zbog otkaza odnosno trajanje interventnog održavanja prosečno 5,96≈6 časova godišnje. Kako je vreme žetve od 30 dana (radni dan je 10 h) to je aktivan rad berača kukuruza umanjen za 2%, što predstavlja značajan procenat, i koji se boljim i organizovanim održavanjem može znatno smanjiti, a samim tim smanjiti i troškovi proizvodnog procesa.

Operativna gotovost berača može se odrediti primenom obrasca:

$$G_0(t) = (t_k + t_s) / (t_k + t_s + t_F)$$

$$G_0(t) = (294 + 3300) / (294 + 3300 + 6)$$

$$G_0(t) = 0,9983$$

gde je:

$$t_k = 294 \text{ h - vreme korišćenja (30 dana x 10h)}$$

$$t_F = 6 \text{ h - vreme koje sistem provede u otkazu}$$

$$t_s = 3300 \text{ h - vreme koje se sistem ne koristi}$$

Teorijske pretpostavke date u radu i normirano vreme radnika koji otklanja otkaz, nisu u velikoj meri odraz stvarnog vremenskog zastoja mašine. Dovoženje mašine do servisne radionice, trebovanje delova, čekanje na radnika koji će da obavi operaciju popravke ili zamene iziskuju znatno veći gubitak vremena nego što je to proračunom dobijeno. Zavisno od doba dana kada je došlo do otkaza, organizovanosti službe održavanja, radnog vremena, pojedine vrste otklanjanja otkaza mogu da traju i dva kaendarska dana. Takođe postavlja se pitanje snabdevenosti radionice ili servisa rezervnim delovima u konkretnom primeru. Polazeći da su stvarni zastoji oko 5 h po jednom otkazu dobija se da berač, za naznačene otkaze, neće raditi 25h (nisu uzeti otkazi na elektro instalaciji), što iznosi 8,3%. U tome slučaju je operativna gotovost je $G_0 = 0,993$.

Akao se uzme u razmatranje i operativna gotovost pogonske mašine, traktora, ($G_{OTR} = 0,986$) tada se dobija da je operativna gotovost sistema G_{OS} traktor berač:

$$G_{OS} = G_0 \cdot G_{TR} = 0,993 \cdot 0,986 = 0,979$$

9. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da je broj otkaza jedan od najuticajnijih faktora za ocenu kvaliteta mašine i kvaliteta održavanja. Kvalitet mašine odnosi se na proizvođača, a kvalitet održavanja daje pokazatelje i ocene dosadašnjeg rada službe održavanja kao i propuste na celokupan sistem održavanja. Uočeni nedostaci berača, odnosno otkazi morali bi da budu analizirani i da se kroz konkretne akcije smanje i vremenski gubici, kao i da se smanje ukupni troškovi eksploatacije. Težiste treba staviti na sve aspekte održavanja beraca za kukuruz..

10. LITERATURA

[1] Živković, D.Veljić, M. Rančić, M. Preventive Maintenance of Centrifugal Pump on Devices for Spray Irrigation, 5TH Interational Conference Resarch and Development in Mechanical Industry- RaDMI 2005, V.Banja, 2005,pp

- [2] Živković, D. Veljić, M: Operating Readiness As a Criterion for Evaluating the Success of Implementing the System of LQuality, 4th International Conference Research and Development in Mechanical Industry-RaDMI 2004, Zlatibor, 2004, pp.439-444.
- [3] Veljić M., Tehnološki procesi mehanizovane poljoprivrede, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd 1997, st.242.
- [4] Molnar, R. Molnar, M. Organizacija preduzeća, Viša tehnička škola, Zrenjanin, 2003.
- [5] Pozhidaeva, V. 2004, A Method for Evaluation of the Quality of Operation of Mining Machines Based on Results from Technical Diagnostics, Scientific-Expert Conference with International Participation HIPNEF-2004, Mechanical Engineering Faculty University of Nis, Vrnjacka Banja, Serbia and Montenegro, 593-598.
- [6] Pozhidaeva, V. 2003. Analysis of the Applicability of Vibration Methods for Control of Mine Mechanization, 3rd International Conference Research and Development in Mechanical Industry-RaDMI 2003, H.Novi, Serbia and Montenegro, 1910-1914.

OPERATING READINESS OF CORN PICKERS AS A MEASURE OF QUALITY OF PREVENTIVE MAINTENANCE

***Abstract:** This paper analyzes corrective maintenance of corn pickers and their operating rediness as a measure of quality of preventive maintenance. The research was performed on a farm by measuring and analyzing data during exploitation, and through maintenance of equipment in a service workshop, and the results are presented in the paper. Based on the results of research, we propose measure to be taken which contribute to better preventive maintenance and, reduction of corrective maintenance activities as well*

***Key words:** maintanance, rediness, corn pickers*

33. JUPITER KONFERENCIJA
sa međunarodnim učešćem

33rd JUPITER CONFERENCE
with foreign participants

ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS



POKROVITELJI

Zlatibor, maj 2007.

POKROVITELJI

Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine



regionalna privredna komora
regional chamber of commerce
south/western serbia užice

**Regionalna Privredna Komora,
Užice**



CORUN, Užice



<http://www.digit.co.yu>

DIGIT, Beograd



FMP, Beograd



Ikarbus, Beograd

[← NAZAD](#)

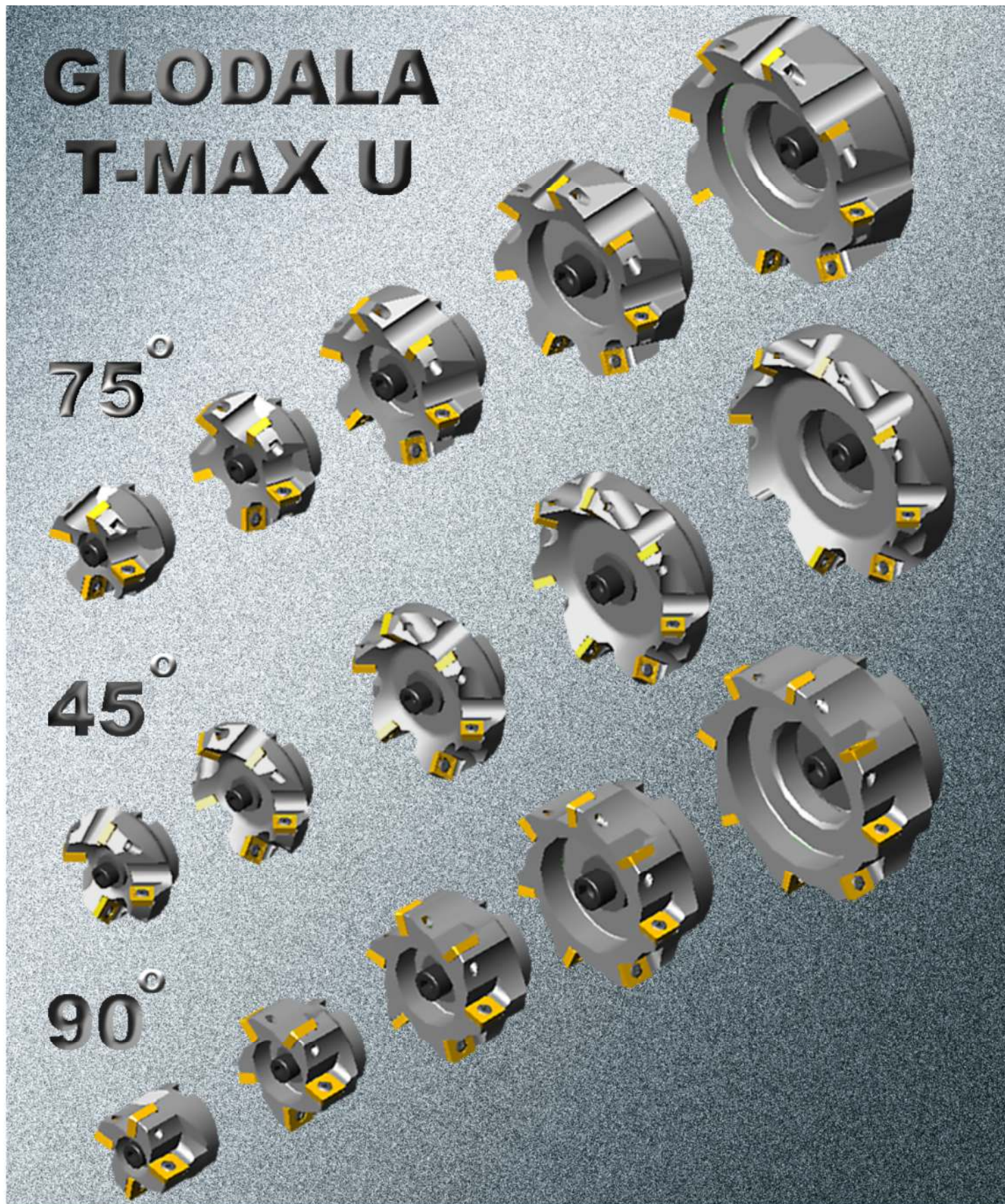


regionalna privredna komora
regional chamber of commerce
south/western serbia **uzice**



CORUN - akcionarsko društvo za proizvodnju alata po tehnologiji SANDVIK Coromant, Švedska

GLODALA T-MAX U



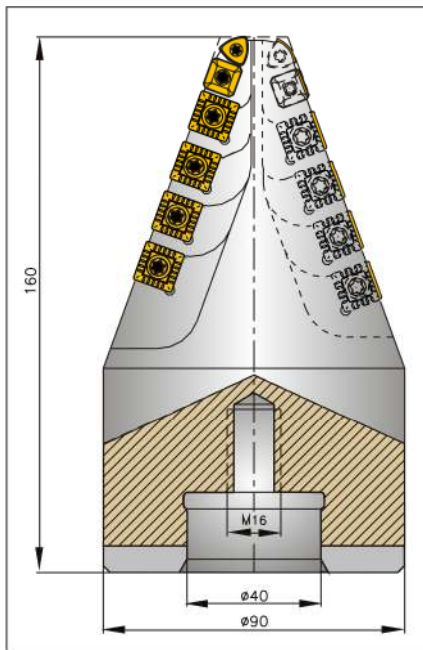
SRBIJA, Užice, M. Obrenovića 2
E-mail: corun@ptt.yu
www.corun.co.yu

Tel. +381 centrala 31 563 344 Fax 563 461
Marketing 31 563 400
Prodaja 31 563 391 Fax 563 391
Tel/Fax Beograd prodaja 11 33 92 058 Fax 33 92 069

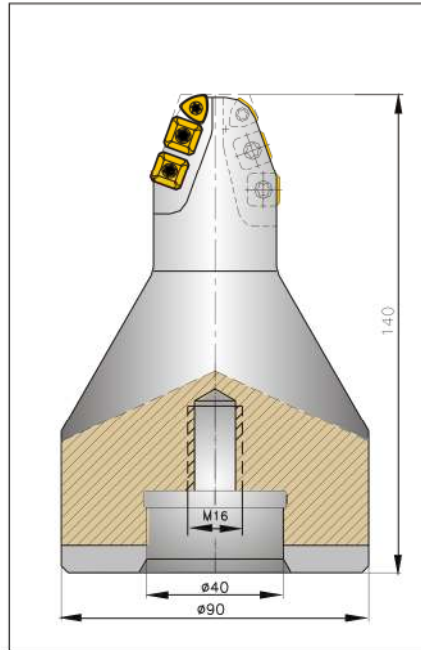


Vretenasto modulno glodalo m30 za izradu zupčaste letve
 Spindle modul mill m30 for cogged lath production

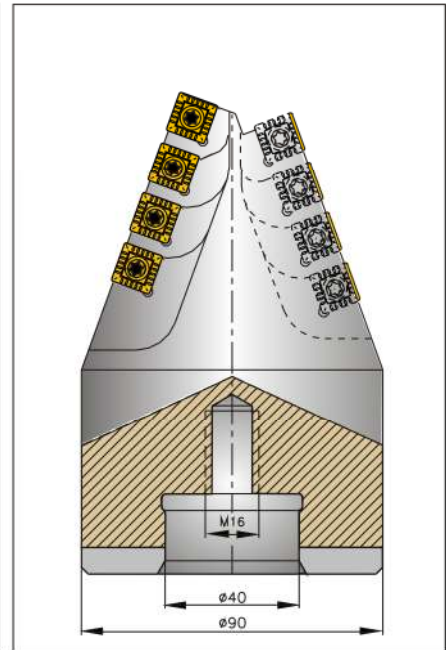
ZA ZAVRŠNU OBRADU
 FOR FINISHING



ZA ZAVRŠNU PODNOŽJA
 FOR FINISHING OF BASE



ZA ZAVRŠNU BOKOVA
 FOR FINISHING OF BASE



PRIHVAT PREMA ZAHTEVU KUPCA
 RECEIVING ACCORDING TO CUSTOMER REQUIREMENT

Šifra Code Код инструмента	Rezervni delovi / Spare parts Компектующие				
	Ključ/Key/ Ключ - Torx	Vijak/Screw/ Винт - Torx	broj	Pločica Insert Пластина	broj
CD-MOD30-000.J- Ø40	416.1-865-(T20)	M5-4h - 5513 020-07	8	SPKX 120408-T	8
	416.1-862-(T09)	M3-4h - 5513 020-04	2	SPKX 0903AP	2
	416.1-860-(T07)	M2.5-4h - 5513 020-03	2	CD - R12.5	2
CD-MOD30-000.D- Ø40	416.1-860-(T07)	M3-4h - 5513 020-04	4	SPKX 0903AP	4
	416.1-862-(T09)	M2.5-4h - 5513 020-03	2	CD - R12.5	2
CD-MOD30-000.B- Ø40	416.1-862-(T20)	M5-4h - 5513 020-07	8	SPKX 120408-T	8

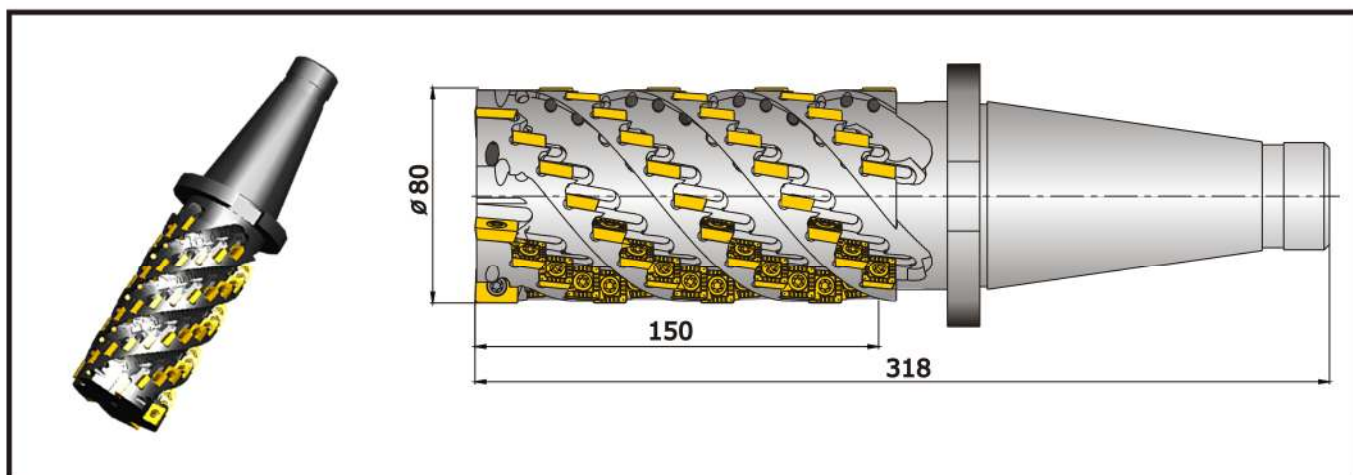
T-MAX U	Kataloška oznaka Ordering code Обозначение	Dimenzije Dimensions			SORTE grades марки сплавов							
		IC	L	S	435	4015	4025	4035	P1P	P30	K13A	
	SPKX 120408-T	12.7	11.1	4.76	☆				☆	☆	☆	
	SPKX 0903AP	9.52	7.4	3.18	☆				☆	☆	☆	
	CD - R10	10.0	0.8	7.06	2.78	2.8	☆			☆	☆	☆





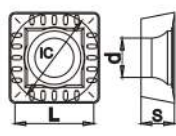
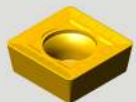
SRBIJA I CRNA GORA, Užice, M. Obrenovića 2
 E-mail: corun@ptt.yu
 www.corun.co.yu
 Tel. +381 centrala 31 563 344 Fax 563 461
 Marketing 31 563 400
 Prodaja 31 563 391 Fax 563 391
 Tel/Fax Beograd prodaja 11 33 92 058 Fax 33 92 069

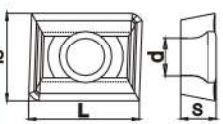
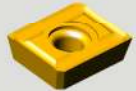
EN ISO 9001 and EN ISO 14001

GLODALO SA DUGAČKOM REZNOM IVICOM - KUKURUZAR LONG EDGE MILLING CUTTER - KUKURUZAR

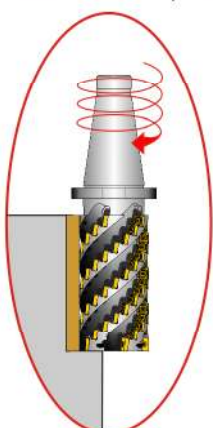


Šifra Code	Rezervni delovi / Spare parts				
	Ključ/Key/ Torx 	Vijak/Screw/ Torx 	broj	Pločica Insert	broj
CD-KU80.150-150	416.1-865-(T20)	M5-4h - 5513 020-07	75	SPKX 120408-T	70
				XPMT 1504AP-R	5

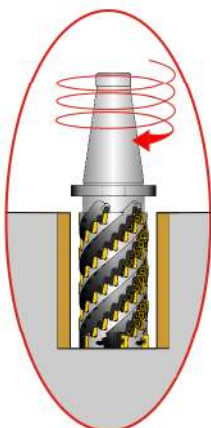
		Kataloška oznaka Ordering code	SORTE <i>grades</i>						Dimenzije Dimensions			
			PIP	435	235	KM	K13A	IC	L	S	d	
		SPKX 120408-T	☆	☆	☆	☆	☆	☆	12.7	11.1	4.76	5.4

		Kataloška oznaka Ordering code	SORTE <i>grades</i>						Dimenzije Dimensions			
			PIP	435	235	KM	K13A	IC	L	S	d	
		XPMT 1504AP-R	☆	☆	☆	☆	☆	☆	12.7	15.8	4.76	5.4

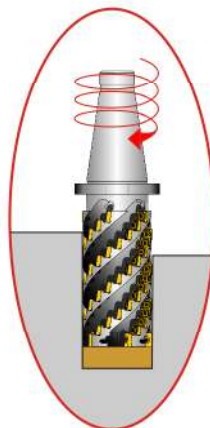
OPERACIJE: Operations:



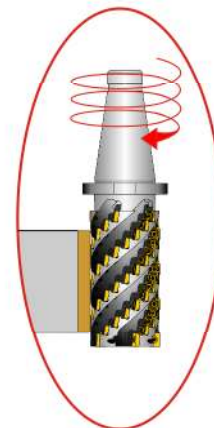
Duboko čeno
glodanje
Deep shoulder
milling



Kružno bušenje
Circular boring



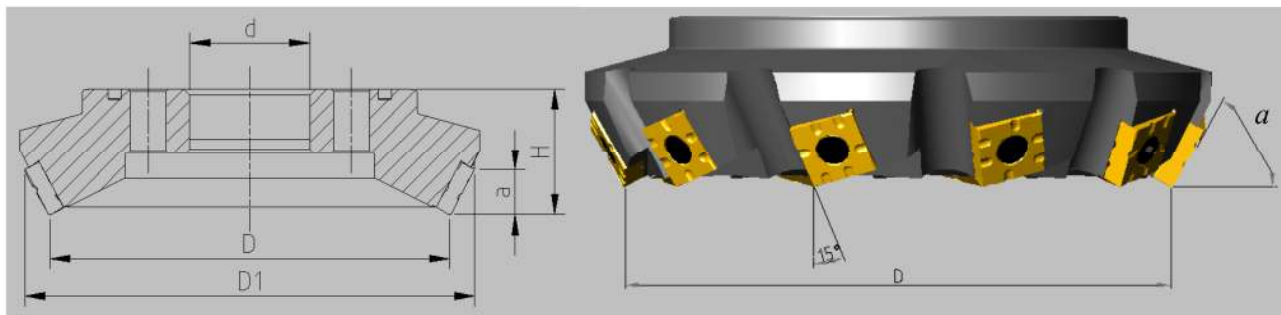
Glodanje žljeba
Slot milling



Ovičavanje
Edging contouring

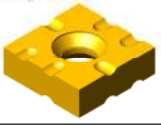
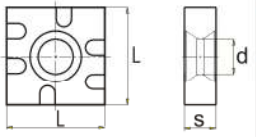
GLODALO ZA TEŠKU OBRADU RG.CD260-C200(RG.CD260-C300)

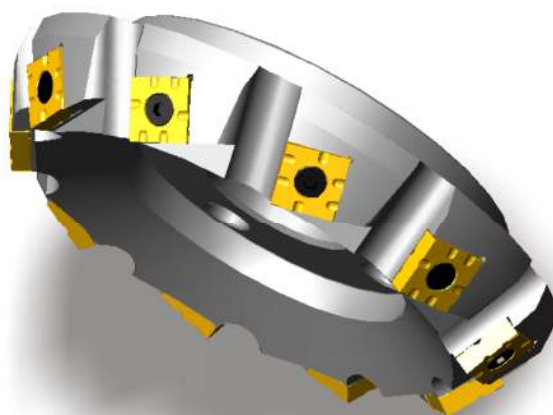
Heavy duty milling RG.CD260-C200(RG.CD260-C300)



ŠIFRA CODE	D mm	D1 mm	a (°)	d mm	H mm	a mm	Broj pločica (kom) Quantity	PLOČICE INSERTS	REZERVNI DELOVI SPARE PART	
									VIJAK SCREW	KLJUČ KEY
RG.CD260-C160R08SN25T	160	185	60	40	63	16	8	SNGX2508ZZ		
RG.CD260-C200R10SN25T	200	225	60	60	63	16	10	SNGX2508ZZ		
RG.CD260-C250R12SN25T	250	275	60	60	63	16	12	SNGX2508ZZ		
RG.CD260-C300R14SN25T	300	325	60	60	80	16	14	SNGX2508ZZ		

Pločica za tesku obradu glodanjem

Kataloska oznaka Ordering code	 	CORUN grades								SORTE		Dimenzije Dimensions			
		P				M				K		L	s	d	
		PM30	P6	PMA	435	P6	PMA			KM	K13A				
SNGX 2508ZZ	☆	☆	☆	☆	☆	☆			☆	☆			25.0	8,0	9.0





DIGIT je preduzeće koje može da odgovori potrebama vaše kompanije u domenu:

> Isporuke, instalacije i održavanja HP servera, storage, radnih stanica i štampača najnovije tehnologije pod pogodnim komercijalnim uslovima. Projektovanje i isporuka ORACLE cluster rešenja za non-stop poslovanje.

> Isporuke i uvođenja poslovno informacionog sistema FIS, koji obezbeđuje efikasno upravljanje i integraciju robnih, finansijskih i kadrovskih tokova preduzeća. FIS je savremeni softverski proizvod baziran na ERP i ISO standardima, razvijen na aktuelnoj Oracle i internet tehnologiji.

> Isporuke i instalacije ORACLE baze i alata, kao i Obuku informatičkog kadra za njihovu efikasnu upotrebu u DIGIT školskom centru koji je Approved Education Provider.



www.digit.co.yu

DIGIT
11040 Beograd, Milenka Vesnića 3
Tel: +381 11 360-5500
Fax: 360-5599
<http://www.digit.co.yu>



2007 Preferred Partner





FINANCIAL AND INDUSTRIAL SYSTEMS

Informacione tehnologije u službi uspešnijeg poslovanja

FIS je poslovnoproizvodni informacioni sistem koji obezbeđuje planiranje, izvršenje, praćenje i integraciju svih robnih, materijalnih, finansijskih i kadrovskih tokova preduzeća.

FIS omogućava pokrivenost svih poslovnih i proizvodnih procesa od ulaza do izlaza. Povećava fleksibilnost preduzeća na tržištu, praćenjem različitih oblika organizovanja i teritorijalne rasprostranjenosti. Omogućava efikasno upravljanje svim resursima preduzeća i u vrlo kratkom vremenu smanjuje troškove poslovanja.

FIS je savremeni softverski proizvod baziran na ERP i ISO standardima. Razvijen je na aktuelnoj Oracle i internet tehnologiji. Dokazan je u desetogodišnjem radu u najuspešnijim domaćim preduzećima iz različitih delatnosti poslovanja, čija su najbolja iskustva ugrađena u sistem.

digit

www.digit.co.yu

DIGIT - Milenka Vesnića 3, 11000 Beograd
Tel: 011 360-5500, E-mail: digit@digit.co.yu

ORACLE CERTIFIED ADVANTAGE
PARTNER

PODSISTEMI FIS-A

- Šifriranje i klasifikovanje činioca poslovanja
- Planiranje i analiza poslovanja
- Upravljanje nabavkom
- Spoljnotrgovinsko poslovanje
- Upravljanje zalihama
- Upravljanje prodajom
- Razvoj - sastavnice, tehnološki postupci
- Upravljanje proizvodnjom
- Kontrola kvaliteta
- Održavanje mašina i opreme
- Transport
- Upravljanje kadrovima
- Obračun zarada
- Knjigovodstvo - glavna knjiga, analitička knjigovodstva, osnovna sredstva
- Finansije - upravljanje obavezama i potraživanjima, evidencija PDV-a
- Blagajna i putni nalozi
- Praćenje investicija
- Autorski ugovori
- Administracija informacionog sistema

konsolidacija • integracija • upravljanje • modularnost • ušteda u prostoru • ušteda na aktivnim elementima mreže • ušteda na količini kablova



Izgradite bolju i pojednostavite postojeću IT infrastrukturu upotrebom **HP BladeSystem-a** uz podršku **DIGIT-a**

Da li Vam je potrebna fleksibilna i efikasna Informatička Infrastruktura koja može brzo da se prilagođava potrebama vašeg poslovanja?

Rešenje je **HP BladeSystem**.

Idealni su za preduzeća sa dinamičnim rastom poslovanja.

Namenjeni su preduzećima koja imaju potrebu za većim brojem servera i korisnicima aplikacija koje rade na Linux ili Windows OS. HP BladeSystem potpuno podržava tehnologije Cluster-a i Storage-a.

HP BladeSystem integriše servere sa aktivnim elementima mreža, storage-ima i sistemima napajanja, uz mogućnost potpunog i superiornog managementa svim resursima (Insight Manager, RDP, VMware, iLO Advanced)

digit

www.digit.co.yu

DIGIT - Milenka Vesnića 3, 11000 Beograd
Tel: 011 360-5500, E-mail: digit@digit.co.yu

2007
Preferred Partner





**Fabrika metalnih proizvoda, Beograd, Lazarevački drum 6,
tel: 011/3551-299, fax: 011/550-273, e-mail: fmp@verat.net**



IKARBUS



JS" A.D. FABRIKA AUTOBUSA I SPECIJALNIH VOZILA - "IKARBUS" J.S.C. FACTORY OF BUSES AND SPECIAL VEHICLES - "IKARBUS" A.D. FABRIKA AUTOBUSA I SPECIJALNIH VOZILA

3 x E

Efektivnost - Ekonomičnost - Ekologija

IKARBUS AD - Fabrika autobusa i specijalnih vozila najveći je jugoslovenski proizvođač svih tipova autobusa. Od 1923. godine, kada je osnovan IKARUS kao prva fabrika aviona na Balkanu, proizvedeno je preko 1000 aviona i oko 20.000 autobusa.

Danas IKARBUS ima oko 1000 zaposlenih i proizvodi kompletnu gamu gradskih, prigradskih, međugradskih i turističkih autobusa. Vozila su modernog dizajna, sa tehničko-tehnološkim rešenjima po svetskim standardima. Svi modeli autobusa imaju motore EURO-2 i EURO-3 vodećih evropskih proizvođača sa smanjenom emisijom štetnih materija i buke, koji zadovoljavaju sve važeće međunarodne ekološke propise.

Nastup na svetskom tržištu je imperativ današnjeg poslovanja IKARBUSA, jer kapaciteti fabrike (1000 autobusa godišnje) premašuju potrebe domaćeg tržišta. Pored velikog broja domaćih dobavljača, IKARBUS ima i dugogodišnju saradnju sa renomiranim evropskim kompanijama, među kojima posebno sa MAN-om, "Rabom" i "Mercedesom".



1923-2003

IKARBUS

80
IKARBUS

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

658.5:004.384(082)(0.034.2)
004.896(082)(0.034.2)
621.7/.9-52(082)(0.034.2)
007.52:658.5(082)(0.034.2)
005.6(082)(0.034.2)

ZBORNİK radova = Proceedings
[Elektronski izvor] / 26. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala [i] 20. simpozijum CAD/CAM [i] 29. simpozijum NU - ROBOTI - FTS [i] 35. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala [i] 13. simpozijum Menadžment kvalitetom [sve ovo u okviru] 33. Jupiter konferencija sa međunarodnim učešćem = [33rd Jupiter Conference with Foreign Participants, Zlatibor, maj] 2007. ; organizator Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet = [University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering]. - Beograd : Mašinski fakultet, 2007 (Beograd : Planeta print). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) : tekst, slika ; 12 cm

Radovi na srp., engl. i rus. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 200. - Str. V-VI : Predgovor / Ljubodrag Tanović = Preface / Ljubodrag Tanovic. Nasl. sa naslovnog ekrana. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz većinu radova. - Registar. - Summaries.

ISBN 978-86-7083-592-4

1. Уп. ств. насл. 2. Јупитер конференција (33; 2007; Златибор)
3. Симпозијум СИМ у стратегији технолошког развоја индустрије прераде метала (26 ; 2007 ; Златибор) 4. Симпозијум CAD/CAM (20 ; 2007 ; Златибор) 5. Симпозијум NU - ROBOTI - FTS (29 ; 2007 ; Златибор) 6. Симпозијум Управљање производњом у индустрији прераде метала (35 ; 2007 ; Златибор) 7. Симпозијум Квалитет (13 ; 2007 ; Златибор) 8. Машински факултет (Београд)
а) СИМ системи - Зборници б) CAD/CAM системи - Зборници с) Машине алатке - Нумеричко управљање - Зборници д) Роботи - Зборници е) Флексибилни технолошки системи - Зборници ф) Металоперађивачка индустрија - Управљање - Зборници г) Управљање квалитетом - Зборници
COBISS.SR-ID 140168716

