

ISSN 0042-8469



3
2013

VOJNOTEHNIČKI GLASNIK

3 2013

VOJNOTEHNIČKI glasnik

NAUČNI ČASOPIS MINISTARSTVA ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

www.vtg.mod.gov.rs

UDC 623 + 355/359

ISSN 0042-8469
COBISS.SR-ID 4423938



www.vtg.mod.gov.rs

3

UDC 623 + 355/359

GODINA LXI JUL-SEPTEMBAR 2013.

ISSN 0042-8469
COBISS.SR-ID 4423938

MILITARY TECHNICAL

Courier

SCIENTIFIC PERIODICAL
OF THE MINISTRY OF DEFENCE
OF THE REPUBLIC OF SERBIA

www.vtg.mod.gov.rs

3

UDC 623 + 355/359

VOLUME LXI JULY-SEPTEMBER 2013.

MINISTARSTVO ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE
UNIVERZITET ODBRANE U BEOGRADU

Rektor
prof. dr Miodrag Jevtić, general-potpukovnik
MEDIJA CENTAR „ODBRANA“

Direktor
Slavoljub M. Marković, potpukovnik
Načelnik odseka za izdavačku delatnost
Dragana Marković

UREDNIK VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA
mr Nebojša Gaćeša, potpukovnik
e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs, tel.: 011/3349-497, 064/80-80-118

UREĐIVAČKI ODBOR

- brigadni general prof. dr Bojan Zrnić, načelnik Uprave za odbrambene tehnologije Sektora za materijalne resurse Ministarstva odbrane Republike Srbije, predsednik Uređivačkog odbora,
- general-major doc. dr Danko Jovanović, načelnik Uprave za logistiku (J-4) Generalštaba Vojske Srbije, zamenik predsednika uređivačkog odbora,
- dr Stevan M. Berber, The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand,
- pukovnik naučni saradnik dr Obrad Čabarkapa, načelnik odeljenja za naučnu i inventivnu delatnost Uprave za strategijsko planiranje Sektora za politiku odbrane Ministarstva odbrane Republike Srbije,
- prof. dr Vladimir Černov, Владимирский государственный университет, Владимир, Российская федерация (Vladimir State University, Vladimir, Russian federation),
- pukovnik vanr. prof. dr Goran Dikić, prorektor Univerziteta odbrane, Beograd,
- prof. dr Aleksandr Dorohov, Харьковский национальный экономический университет, Харьков, Украина (Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine),
- prof. dr Željko Đurović, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu,
- prof. dr Leonid Grečihin, Минский государственный высший авиационный колледж, Минск, Республика Беларусь (Minsk State Higher Aviation College, Minsk, Republic of Belarus),
- dr Jovan Isaković, Vojnotehnički institut, Beograd,
- prof. dr Slobodan Jaramaz, šef Katedre za sisteme naoružanja Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu,
- general-potpukovnik prof. dr Miodrag Jevtić, rektor Univerziteta odbrane, Beograd,
- doc. dr Vukica M. Jovanović, Trine University, Allen School of Engineering and Technology, Department of Engineering Technology, Angola, Indiana, USA,
- prof. dr Mirko Komatina, šef Katedre za termomehaniku Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu,
- naučni savetnik dr Ana Kostov, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor,
- general-major prof. dr Mitar Kovač, načelnik Uprave za strategijsko planiranje Sektora za politiku odbrane Ministarstva odbrane Republike Srbije,
- prof. dr Branko Kovačević, dekan Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu,
- dr Vasilije M. Manović, CanmetENERGY, Natural Resources Canada, Ottawa, Canada,
- prof. dr Momčilo Milinović, Katedra za sisteme naoružanja Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu,
- prof. dr Gradimir V. Milovanović, redovni član Srpske akademije nauka i umetnosti, Matematički – institut SANU, Beograd,
- prof. dr Mitar Novaković, rektor Univerziteta u Istočnom Sarajevu, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina,
- naučni savetnik dr Predrag Petrović, Izvršni direktor za naučno-istraživački rad i radiokomunikacije Instituta za telekomunikacije i elektroniku IRITEL AD, Beograd,
- prof. dr Slavko Pokorni, Visoka škola za informacione tehnologije, računarski dizajn i savremeno poslovanje, Beograd,
- pukovnik doc. dr Stevan Radojčić, načelnik Vojnogeografskog instituta, Beograd,
- pukovnik doc. dr Zoran Rajić, direktor Vojnotehničkog instituta, Beograd,
- naučni savetnik dr Aleksandar Rodić, rukovodilac Centra za robotiku Instituta „Mihajlo Pupin“, Beograd,
- prof. dr Stanko Stanić, rektor Univerziteta u Banjoj Luci, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina,
- prof. dr Ionel Staretu, Transilvania University of Brasov, Romania,
- naučni savetnik dr Srećko S. Stojić, RWTH Aachen University, Faculty for Georesourcen and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Deutschland,
- prof. dr Miroslav Trajanović, šef Katedre za proizvodno-informacione tehnologije i menadžment Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,
- general-major vanr. prof. dr Mladen Vuruna, načelnik Vojne akademije, Beograd,
- prof. dr Aleksa Zejak, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu,
- potpukovnik mr Nebojša Gaćeša, odgovorni urednik Vojnotehničkog glasnika, sekretar Uređivačkog odbora.

Adresa redakcije:
VOJNOTEHNIČKI GLASNIK,
Braće Jugovića 19, Beograd
<http://www.vtg.mod.gov.rs>
<http://aseestant.ceon.rs/index.php/vtg/issue/current>
<http://scindeks.nb.rs/journaldetails.aspx?issn=0042-8469>
e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs

Pretplata: e-mail: pretplata@odbrana.mod.gov.rs; tel.-fax: 011/3241-009; tekući račun: 840-312849-56

Rukopisi se ne vraćaju

Časopis izlazi tromesečno

Prvi štampani broj *Vojnotehničkog glasnika* objavljen je 1. 1. 1953. godine

Prvo elektronsko izdanje *Vojnotehničkog glasnika* na internetu objavljeno je 1. 1. 2011. godine

Vojnotehnički glasnik je licenciran kod EBSCO Publishing-a, najvećeg svetskog agregatora časopisa, periodike i ostalih izvora u punom tekstu. Kompletan tekst *Vojnotehničkog glasnika* dostupan je u bazama podataka EBSCO Publishing-a.

Štampa: Vojna štamparija – Beograd, Resavska 40b, e-mail: vojsta@sezampro.rs

MINISTRY OF DEFENCE OF THE REPUBLIC OF SERBIA
UNIVERSITY OF DEFENCE IN BELGRADE

Rector

Lt General Miodrag Jevtić, PhD, Professor

ODBRANA MEDIA CENTRE

Director

Lt Col *Slavoljub* M. Marković

Head of publishing department

Dragana Marković

EDITOR OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Lt Col *Nebojša* Gaćeša MSc

e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs, tel: +381 11 33 49 497, +381 64 80 80 118

EDITORIAL BOARD

- Brigadier General Bojan Znić, PhD, Professor, Head of the Department for Defence Technologies, Material Resources Sector, Ministry of Defence, (Head of the Editorial Board)
- Major General Danko Jovanović, PhD, Assistant Professor, Director of Logistics Directorate (J-4) at the General Staff of the Armed Forces of Serbia (Deputy Head of the Editorial Board)
- Stevan M. Berber, PhD, The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand
- Colonel Obrad Čabarkapa, PhD, Scientific Advisor, Head of the Section for Scientific and Inventive Activities, Strategic Planning Department, Defence Policy Sector, Ministry of Defence of the Republic of Serbia
- Professor Vladimir Chernov, DSc, Department of Management and Informatics in Technical and Economic Systems, Vladimir State University, Vladimir, Russia
- Colonel Goran Dikić, PhD, Associate Professor, Prorector of the University of Defence, Belgrade
- Professor Aleksandr V. Dorohov, PhD, Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine
- Professor Željko Đurović, PhD, Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade
- Professor Leonid I. Gretchihin, PhD, Minsk State Higher Aviation College, Minsk, Republic of Belarus
- Professor Jovan Isaković, PhD, Military Technical Institute, Belgrade
- Professor Slobodan Jaramaz, PhD, Head of the Weapon Systems Department at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade
- Lt General Miodrag Jevtić, PhD, Professor, Rector of the University of Defence, Belgrade
- Vukica M. Jovanović, PhD, Trine University, Allen School of Engineering and Technology, Department of Engineering Technology, Angola, Indiana, USA
- Professor Mirko Komatina, PhD, Head of the Department for Thermomechanics at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade
- Scientific Advisor Ana Kostov, PhD, Institute of Mining and Metallurgy, Bor, Serbia
- Major General Mitar Kovač, PhD, Professor, Head of the Defence Policy Sector, Ministry of Defence
- Professor Branko Kovačević, PhD, Dean of the Faculty of Electrical Engineering University of Belgrade
- Vasilije M. Manović, PhD, CanmetENERGY, Natural Resources Canada, Ottawa, Canada
- Professor Momčilo Milinović, PhD, Weapon Systems Department at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade
- Professor Gradimir V. Milovanović, PhD, Member of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Mathematical Institute of the SASA, Belgrade
- Professor Mitar Novaković, PhD, University of East Sarajevo, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina
- Scientific Advisor Predrag Petrović, PhD, Executive Director for R&D and Radio Communications, Institute of telecommunications and electronics IRITEL AD, Belgrade
- Professor Slavko Pokorni, PhD, Information Technology School, Belgrade
- Colonel Stevan Radojčić, PhD, Assistant Professor, Head of the Military Geographical Institute, Belgrade
- Colonel Zoran Rajić, PhD, Assistant Professor, Director of the Military Technical Institute, Belgrade
- Scientific Advisor Aleksandar Rodić, PhD, Head of the Robotics Laboratory at the Mihajlo Pupin Institute, Belgrade
- Professor Stanko Stanić, PhD, University of Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina
- Professor Ionel Staretu, PhD, Transilvania University of Brasov, Romania
- Scientific Advisor Srećko S. Stopić, PhD, RWTH Aachen University, Faculty for Georesources and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Germany
- Professor Miroslav Trajanović, PhD, Head of the Department for Production IT and Management at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš
- Major General Mladen Vuruna, PhD, Associate Professor, Head of the Military Academy, Belgrade
- Professor Aleksa Zejak, PhD, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad
- Lt Colonel Nebojša Gaćeša, MSc, Managing Editor of the Military Courier (Secretary of the Editorial Board)

Address:

MILITARY TECHNICAL COURIER

Braće Jugovića 19, 11000 Beograd, Serbia

<http://www.vtg.mod.gov.rs>

<http://aseestant.ceon.rs/index.php/vtg/issue/current>

<http://scindeks.nb.rs/journaldetails.aspx?issn=0042-8469>

e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs

Subscription: e-mail: pretplata@odbrana.mod.gov.rs; Tel.-fax: +381 11 32 41 009; account: 840-312849-56

Manuscripts are not returned

The journal is published quarterly

The first printed issue of the *Military Technical Courier* appeared on 1st January 1953.

The first electronic edition of the *Military Technical Courier* on the Internet appeared on 1st January 2011.

Military Technical Courier has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing, the world's most prolific aggregator of full text journals, magazines and other sources. The full text of *Military Technical Courier* can be found on EBSCO Publishing's databases.

Printed by Vojna štamparija – Beograd, Resavska 40b, e-mail: vojsta@sezampro.rs

SADRŽAJ

ORIGINALNI NAUČNI ČLANCI

<i>Mihailo R. Mrdak</i> Svojstva i struktura wolframkarbid – kobalt prevlake deponovane APS – plazma sprej postupkom	7–25
<i>Miroslav D. Demić</i> Prilog istraživanju toplotnog opterećenja amortizera poluaktivnog sistema oslanjanja motornog vozila	26–50
<i>Maxim Victorovich Efimov, Anatolij Danilovich Ryabtsev, Olexandr Andreevich Selyutin, Olexandr Anatolievich Troyanskyy, Pavel Michaylovich Yavtushenko, Volodymyr Victorovich Pashynskyy</i> Proizvodnja ingota težine 415 tona za noseće valjke u proizvodnim uslovima kompanije PJSC „Energomashspetsstal“	51–62
<i>Ionel A. Staretu, Marius A. Ionescu</i> Analiza, projektovanje konstrukcija i upravljanje pirotehničkim robotom	63–71

PREGLEDNI ČLANCI

<i>Milan M. Šunjevarić, Goran Z. Đukanović, Nataša M. Gospić</i> Adaptivno upravljanje prihvatanjem poziva u WCDMA mreži	72–98
<i>Srećko R. Stopić</i> Sinteza nanočestica metala iz aerosola	99–112

STRUČNI ČLANCI

<i>Milorad S. Markagić</i> Forenzika elektronske pošte	113–121
<i>Randjel N. Kitanović, Vanja M. Šušteršić</i> Tretman otpadnih voda	122–140
<i>Zoran Đ. Majkić</i> Projektni proračun hidrauličkog servoupravljača upravljačkog mehanizma motornih vozila ...	141–158
<i>Dragana N. Petrović, Branko N. Đedović, Nikola Č. Petrović</i> Primena cost – benefit analize u vrednovanju i izboru javnih projekata (ekonomski aspekt) ..	159–172
<i>Nebojša P. Hristov, Gordana Jovičić</i> Određivanje životnog veka cevi oruđa – oružja	173–196
<i>Dragan S. Kostadinović</i> Transport ubojnih sredstava	197–216
<i>Branka R. Luković, Veljko P. Petrović, Veselin L. Mrdak</i> Balistički modul kao element sistema za upravljanje vatrom oruđa vatrene podrške	217–230
<i>Vladimir B. Suša, Jovan B. Bajčetić</i> Upotreba ETOM okvira za definisanje procesa u mreži za nadzor i upravljanje telekomunikacionih sistema Vojske Srbije	231–247
<i>Aleksandar Ž. Drenovac, Bratislav Ž. Drenovac, Dušan M. Drenovac</i> Uvođenje sistema menadžmenta kvalitetom ISO 9001 – proces, značaj i benefiti	248–267

ISKUSTVA IZ PRAKSE

<i>Milanka S. Batinić</i> Analiza izbora kriterijuma i osetljivosti rešenja kod izbora kandidata za radno mesto	268–279

PROJEKTI

<i>Rade M. Pavlović</i> Digitalizacija arhivske građe u vojnom arhivu	280–300
SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA	301–342
POZIV I UPUTSTVO AUTORIMA	343–352

CONTENTS

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS

<i>Mihailo R. Mrdak</i> Properties and structure of tungstencarbide – cobalt coatings deposited by the APS – plasma spray process	7–25
<i>Miroslav D. Demić</i> A contribution to the investigation of the heat load of shock absorbers of semi-active suspension of motor vehicles	26–50
<i>Maxim Victorovich Efimov, Anatoliy Danilovich Ryabtsev, Olexandr Andreevich Selvutin, Olexsandr Anatolievich Troyanskyy, Pavel Michaylovich Yavtushenko, Volodymyr Victorovich Pashvnski</i> Production of 415-ton ingots for backup rolls in the conditions of PJSC «Energomashspetsstal»	51–62
<i>Ionel A. Staretu, Marius A. Ionescu</i> Pyrotechnic robot – constructive design and command	63–71

REVIEW PAPERS

<i>Milan M. Šunjevarić, Goran Z. Đukanović, Nataša M. Gospić</i> Adaptive control of call acceptance in WCDMA network	72–98
<i>Srećko R. Stopić</i> Synthesis of nanosized metallic particles from an aerosol	99–112

PROFESSIONAL PAPERS

<i>Milorad S. Markačić</i> Electronic mail forensics	113–121
<i>Ranđel N. Kitanović, Vanja M. Šušteršič</i> Wastewater treatment	122–140
<i>Zoran Đ. Maikić</i> Project calculation of the steering mechanism hydraulic servo control in motor vehicles ...	141–158
<i>Dražana N. Petrović, Branko N. Đedović, Nikola Č. Petrović</i> Application of the cost-benefit analysis in the evaluation and selection of public projects (economic aspect)	159–172
<i>Gordana Jovičić, Nebojša P. Hristov</i> Weapons barrel life cycle determination	173–196
<i>Dražan S. Kostadinović</i> Ordnance transportation	197–216
<i>Branka R. Luković, Veliko P. Petrović, Veselin L. Mrdak</i> A ballistics module as a part of the fire control system	217–230
<i>Vladimir B. Suša, Jovan B. Baičetić</i> Application of the ETOM framework for defining processes in the telecommunication systems management network of the serbian army	231–247
<i>Aleksandar Ž. Drenovac, Bratislav Ž. Drenovac, Dušan M. Drenovac</i> Implementation of the ISO 9001 quality management system – process, impact and benefits ...	248–267

PROFESSIONAL PRACTICE

<i>Milanka S. Batinić</i> Analysis of selection criteria and the sensitivity of solutions in selecting candidates for a job position	268–279

PROJEKTI

<i>Rade M. Pavlović</i> Digitization of archive material in military archives	280–300

MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT	301–342
CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS	343–352

ORIGINALNI NAUČNI ČLANCI ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS

PROPERTIES AND STRUCTURE OF TUNGSTENCARBIDE – COBALT COATINGS DEPOSITED BY THE APS – PLASMA SPRAY PROCESS

Mihailo R. Mrdak, Research and Development Center
IMTEL Communications a. d., Belgrade

DOI: 10.5937/vojtehg61-2215

FIELD: Chemical Technology

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Summary:

The aim of this study was to optimize the parameters of the plasma spray and to deposit WC17Co layers with optimal structural - mechanical characteristics. The powder was deposited by the plasma spraying process at the atmospheric pressure (APS). When choosing the parameters, the flow of the He plasma gas was taken as the basic parameter. In relation to other gases, helium does not react with the powder, it produces a denser plasma with a lower heat content and it incorporates less ambient air into the plasma jet which reduces decarburization of the powder. The study shows three groups of samples obtained with three plasma gas flows of 12, 22 and 32 l/min He. The coating with the best properties was deposited on the shaft sleeve of the main rotor of the Gazelle H42 helicopter, in order to reduce the influence of vibrations and bearings on sleeve wear up to 500°C. The estimates of the WC17Co layers of the coating were made on the basis of their structural - mechanical properties. The surface morphology of the WC17Co powder particles was examined on the SEM. The mechanical properties of the deposited coatings were tested in accordance with the 'TURBOMECA' standard. The estimate of the mechanical properties of layers was done by examining microhardness with the method HV_{0.3} and bond strength with tensile testing. Metallographic assessment of the pore proportion in the layers of the WC17Co coating (image analysis) was performed with the technique of light microscopy in accordance with the 'Pratt & Whitney' standard. Studies have shown that the rate of the plasma gas flow significantly affects the mechanical properties and the structure of coatings.

Key words: properties, powder, plasma, flow rate, cobalt, coating.

ACKNOWLEDGEMENT: The author is thankful for the financial support from the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia (national projects OI 174004, TR 34016).

Introduction

The plasma spray process is applied in many industries with the aim to improve the characteristics of components or to extend their working life. This process has found a wide application in the aviation industry and it is one of the most applicable processes for thermal coatings. The process configuration can vary so that particle jets can have a wide range of temperature and velocity values. The resource of coatings can be influenced by the characteristics of the deposited material, its phase composition, proportion of pores and unmelted particles as well as by cohesion and adhesion strength. These properties are closely related to the conditions of the deposition and a significant improvement can be expected when optimizing the deposition parameters (Vencel, et al., 2006, pp.151-157), (Dorfman, 2002, pp.47-50), (Brossard, et al., 2010, pp.1599-1607). WC17Co coatings deposited with thermal spray processes always show change in the phase composition in relation to the composition of the starting powder. This is something that cannot be avoided. Changes of the phase composition in deposited carbide coatings were described by Saha, G.C., et al. (Saha, et al., 2010, pp. 592-595) who explained the cause of phase changes. The examinations of the phase of the nanocrystalline WC17Co coatings deposited by the HVOF thermal process and polycrystalline coatings deposited by the process of the plasma spraying have shown that, in both coatings, the starting phase WC decomposes, more or less, into the phase of W_2C and W. This decomposition is more pronounced in plasma due to higher temperatures. In the structure of the polycrystalline coating deposited by plasma, besides the phase WC, the phases W_2C , W, W_3C and mixed carbide η - Co_3W_3C (Saha, et al., 2010, pp.592-595) are always present. The type of the applied plasma gas, flow and the power of supply are important parameters affecting the quality of the deposited carbide coatings. In the case of the application of H_2 as a plasma gas, the WC-Co powder is more exposed to decomposition because of the combination of decarburization, oxidation and the reactions between WC and cobalt, which leads to the formation of hard and brittle phases such as W_2C , $Co_xW_yC_z$, and even WO_3 and W (de Villiers Lovelock, 1998, pp.357-373). The decarburization of one powder particle takes place as follows. As temperature increases, cobalt melts and WC also passes to the liquid state. Carbon is removed from the melted particle by some reaction with oxygen on the liquid/gas boundary or through the diffusion of oxygen into the melted particle, which leads to the formation of carbon monoxide (Stewart, et al., 2000, pp.1593-1604). Due to the incorporation of air into the plasma jet and

this influence on the carbon reduction from carbide, the powder deposition is done with an average power of supply of the plasma gun and with Helium as the plasma gas. Helium, as a noble gas, has great advantages as a plasma gas in comparison to other gases. Experimental investigations of plasma jet characteristics have shown that the isotherms near the anode exit have a smaller diameter for the Ar-He plasma than for the Ar-H₂. The isotherms are also shorter in the Ar-He plasma because of less specific enthalpy and because of higher viscosity when compared to Ar-H₂. Denser plasma, such as Ar-He, can substantially reduce the incorporation of ambient air into the plasma jet. Mixing of the plasma jet with the ambient air increases with the increasing intensity of the electric arc and with the plasma gas flow (Roumilhac, et al., 1988, pp.105-119), (Roumilhac, Fauchais, 1988, pp.121-126). Helium, because of these characteristics, allows deposition of carbide coatings with a reduced process of decarburization and with a lower content of pores. The properties of coatings are directly related to the deposition parameters. The WC17Co powder was developed for the aviation industry. The WC17Co-based coatings are resistant to: wear, abrasion, erosion, corrosion and cavitation up to 500°C (Material Product Data Sheet, 2011). Cubic monokarbid WC contains 6.13%C and has the microhardness of about 2700HV_{0.3}, while W₂C contains 3.16%C and has the microhardness of about 3000HV_{0.3} while being more brittle than WC. The W₂C brittle phase degrades the coating and reduces the coating resistance to abrasive wear (Valiev, Nature, 2002, pp.887-889). The highest wear resistance of carbide phases can be retained in coatings through the optimization of the spray process parameters (Li, et al., 1996, pp.785-794). Despite the fact that W₂C is metastable below 1250°C, it is often present in WC-Co, even after slow cooling. The metastable WC_{1-x} phase, however, can be found only at room temperature when the material is quickly quenched (de Villiers Lovelock, 1998, pp.357-373), (Mrdak, et al., 2004, pp.407-421). The decomposition of WC carbide is incomplete because of a short retention of powder particles in the plasma jet. Depending on the heat quantity exchanged between the plasma jet and the powder, decomposition of carbides occurs to a higher or lower extent. Therefore, the coating has the microhardness in a range of 800-1300 HV_{0.3}, since the composition of the coating deviates from the initial composition of the powder. In the coating, besides carbide WC, W₂C, there is a complex carbide W₃Co₃C whose microhardness is in a range of 600-1300 HV_{0.3}. Depending on the deposition parameters, W with the microhardness of about 400 HV_{0.3} and Co with the hardness below 200 HV_{0.3} may appear in the coating. In order to understand the metallurgical processes that take place when carbide WC is deposited, it is important to know the W-C binary system, shown

in Fig. 1 (ASM Handbook, 1992). Tungsten and carbon build W_2C and WC hexagonal carbides as well as β -WC cubic carbide. Tungsten carbide, with the WC hexagonal structure, has the melting temperature of $2785 \pm 10^\circ\text{C}$ and, in the cooling process, builds eutectic with tungsten at $2715 \pm 5^\circ\text{C}$. Stability of the carbide decreases with the decreasing temperature and at 1250°C it decomposes to pure tungsten and WC hexagonal monocarbide. This carbide has a very narrow area of stability and is not used for deposition. Consequently, WC cubic monocarbide which has a wide area of stability (Mrdak, et al., 2004, pp.407-421), (Mrdak, 2010, pp.43-52), (Mrdak, et al., 2003, pp.125-128). is used for deposition.

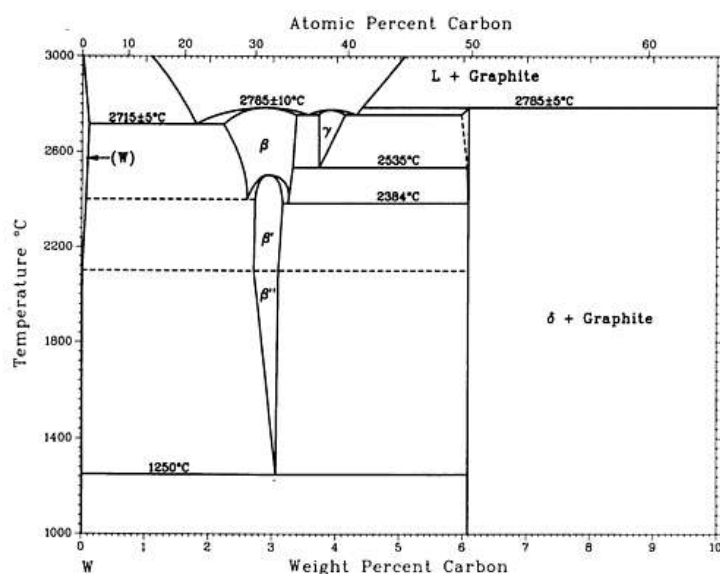


Figure 1 – W – C binary sistem
Slika 1 – Binarni sistem W – C

This paper shows the results of experimental research on the influence of the plasma gas flow (He) on the mechanical properties and on the microstructure of WC17Co layers. The main aim was to replace the old technology of shaft sleeve cementation with depositing WC17Co coatings using the plasma spray technology. The mechanical properties and the microstructure of coatings were analyzed in order to select a coating with the best properties. Coatings with the best mechanical and structural characteristics were tested and homologated on the shaft sleeve of the main rotor of the Gazelle H42 helicopter, in flight tests in the period of 50 hours in the VZ „Moma Stanojlović“ – Batajnica.

Testing Materials and Samples

The Metco 73F-NS-1 powder by the 'Sulzer Metco' company was used for the production of coatings. For powder, the technique of dry dispersion/sintering with a content of 83 wt.% WC and 17 wt.% Co was used. The powder used in the experiment had a granulation span from 11 μm to 53 μm (Material Product Data Sheet, 2011). Fig. 2 shows the scanning electron micrography (SEM) of the morphology of WC17Co powder particles. The powder particles are porous and spherical.

The bases on which coatings for assessing the structure and for testing microhardness were deposited were made of Č.4171 (X15Cr13 EN10027) steel in the thermally unprocessed state with the dimensions 70x20x1.5mm (Turbojet engine-standard practices manual TURBOMECA). Also, the bases for testing bond strength were made of Č.4171 (X15Cr13EN10027) steel in the thermally unprocessed state with the dimensions Ø25x50mm (Turbojet engine-standard practices manual TURBOMECA).

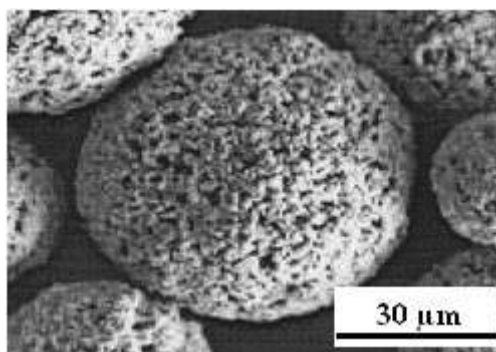


Figure 2 – (SEM) Scanning electron micrograph of WC17Co powder particles
Slika 2 – (SEM) Skeningelektronska mikrografija čestica praha WC17Co

Examination of microhardness, bond strength and microstructure

Mechanical characterizations of WC17Co coatings were made in accordance with the TURBOMECA standard (Turbojet engine-standard practices manual TURBOMECA). For microhardness testing and metallographic tests, 70 × 20 × 1.5mm samples were used, while for tensile strength tests, Ø25 x 50mm samples were used.

The measurements of microhardness were done by using the Vickers diamond pyramid indenter and 300 grams of load ($\text{HV}_{0.3}$). The mea-

surements were done along the lamellar structure, in the middle and at the ends of the samples. Five readings were performed at three places and the results were averaged.

The tensile strength tests were done at room temperature on the hydraulic equipment with a speed of 10 mm/min. Two samples were used in pairs, but the coating was deposited only on one of them. For each group of WC17Co coatings five samples were tested, and the results were averaged.

The metallographic evaluation of the pore proportion (image analysis) in the WC17Co coating layers was made using the light microscopy technique in accordance with the 'Pratt & Whitney' standard (Turbojet Engine, 2002). The morphology of the powder particles was done under the SEM (scanning electron microscope).

Powder deposition

The process of depositing layers on the metal matrix was done by the plasma spraying process at atmospheric pressure (APS). The coatings were deposited on the steel bases roughened with white corundum Al_2O_3 with the granulation sizes of 0.7-1.5 mm. The 'Plasmadyne' atmospheric plasma spray (APS) system was used for making coatings. The powder was deposited with the plasma gun 'SG -100' which consisted of a cathode type K 1083A-129, an anode type A 2083-175 and a gas injector type GI 1083-113. Argon was used as a gas in combination with Helium and the power of supply was 40 KW. The plasma gas flow of Helium was the main parameter for the powder deposition. Three different flows of Helium were used (12 l/min, 22 l/min and 32 l/min). The optimum flow of Helium enables minimum decarburization, oxidation and a reaction between WC and cobalt, which leads to the formation of hard and brittle phases. The detailed values of plasma spray parameters are shown in Table 1. The layers are deposited on the substrates of total thickness of 0.020 to 0.025mm, with the plasma gun speed of 500 mm/s. The WC17Co coating with the best structural and mechanical properties was deposited on the shaft sleeve of the main rotor of the Gazelle H42 Helicopter.

Table 1 – Plasma spray parameters

Tabela 1 – Plazma-sprej parametri

Deposition parameters	Values
Plasma current, I (A)	700
Plasma Voltage, V (V)	35
Primary plasma gas flow rate Ar (l/min)	47
Secondary plasma gas flow rate He (l/min)	12 / 22 / 32
Carrier gas flow rate (l/min)	8
Powder feed rate (g/min)	40
Stand-off distance (mm)	90

Results and discussion

The results of testing the microhardness and bond strength of WC17Co coating layers, depending of the plasma Helium gas flow, are shown in Figs. 3 and 4.

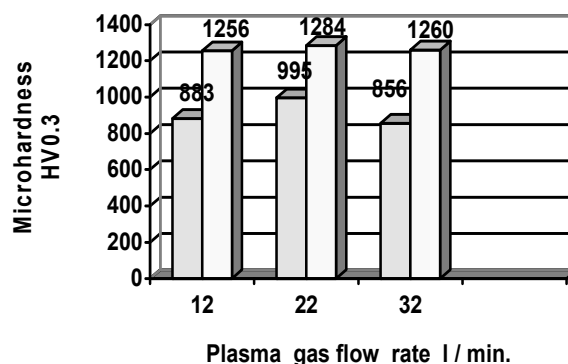


Figure 3 – Microhardness of WC17Co layers
Slika 3 – Mikrotvrdoća WC17Co slojeva

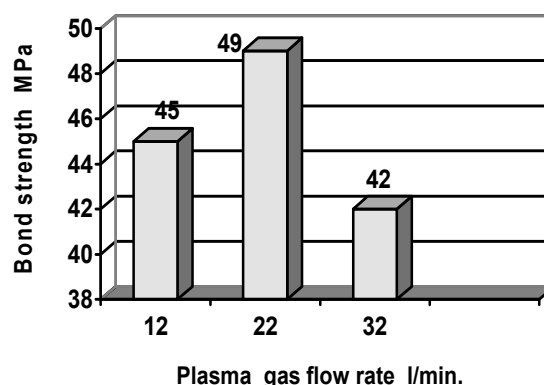


Figure 4 – Bond strength of WC17Co layers
Slika 4 – Čvrstoća spoja WC17Co slojeva

The values of the microhardness and bond strength of the deposited layers are directly related to the flow of Helium as a plasma gas. All deposited layers have the values of microhardness within the prescribed limits of 850 - 1300 HV_{0.3} (Material Product Data Sheet, 2011), (Turbojet engine-standard practices manual TURBOMECA).

The most uniformly distributed microhardness was found in the layers deposited with the plasma He gas flow of 22 l/min. These layers

had the smallest difference between the maximum and the minimum of the microhardness values ($289\text{HV}_{0.3}$). The biggest distribution of microhardness was found in the layers deposited with the highest plasma He gas flow of 32 l/min. These layers had the biggest difference between the maximum and the minimum of the microhardness values ($404\text{HV}_{0.3}$). A higher distribution of microhardness was also found in the layers with the smallest plasma He gas flow of 12 l/min. The difference between the maximum and the minimum of the microhardness values for these layers was ($373\text{HV}_{0.3}$). The layers of WC17Co coating deposited with the optimal plasma He gas flow of 22 l/min showed the best microstructure with the smallest proportion of lamellar pores. This was confirmed by the image analysis of the microstructure of coating layers under the light microscope.

The tensile strength of bonding is directly related to the plasma He gas flows. The values of bond tensile strength in the deposited layers, with the plasma He gas flows of 12 l/min and 22 l/min, are in the prescribed limits per standard (min. 45 MPa) (Turbojet engine-standard practices manual TURBOMECA).

These layers had good adhesion strength with the substrate and good lamellar cohesive strength. The highest value of bond strength of 49MPa was found in the layers deposited with the plasma He gas flow of 22 l/min, which had the lowest distribution of microhardness. These layers had the smallest proportion of pores. The lowest value of bond tensile strength of 42 MPa was found in the layers deposited with the highest plasma gas flow of He. These layers had the greatest distribution of microhardness and the greatest proportion of micro pores. The testing of bond tensile strength showed that, for all deposited coatings, the failure mechanism was on the interface between the substrate and the coating. This indicates good melting of powder particles and their bonding to the substrate for all three plasma gas flow of He. These values were confirmed by the image analysis of the coating microstructure under the light microscope.

Figs. 5, 6 and 7 show the microstructure of WC17Co coating layers deposited with the plasma gas flows He of 12 l/min, 22 l/min and 32 l/min. The figures under (a) show the substrate/ coating interface and (b) shows the middle of the layer. The quantitative analysis of the total content of pores in WC17Co layers shows that the measured values are directly related to the plasma gas flows of He. In the shown micrographs, different proportions of pores in the deposited layers are clearly recognizable. The smallest proportion of pores was in the layers of WC17Co coating deposited with the plasma gas flow He of 22 l/min. In these layers, the total proportion of pores was 1%. In the layers deposited with the plasma gas flow He of 12 l/min, the total proportion of pores was 1.3%. The

greatest proportion of pores was in the layers deposited with the plasma gas flow He of 32 l/min. In these layers, the pores are more prominent and coarser with the proportion of pores of 2.5%. In all layers, the total proportion of pores was within the prescribed limits of 0.5 - 3% (Material Product Data Sheet, 2011), (Turbojet engine-standard practices manual TURBOMECA).

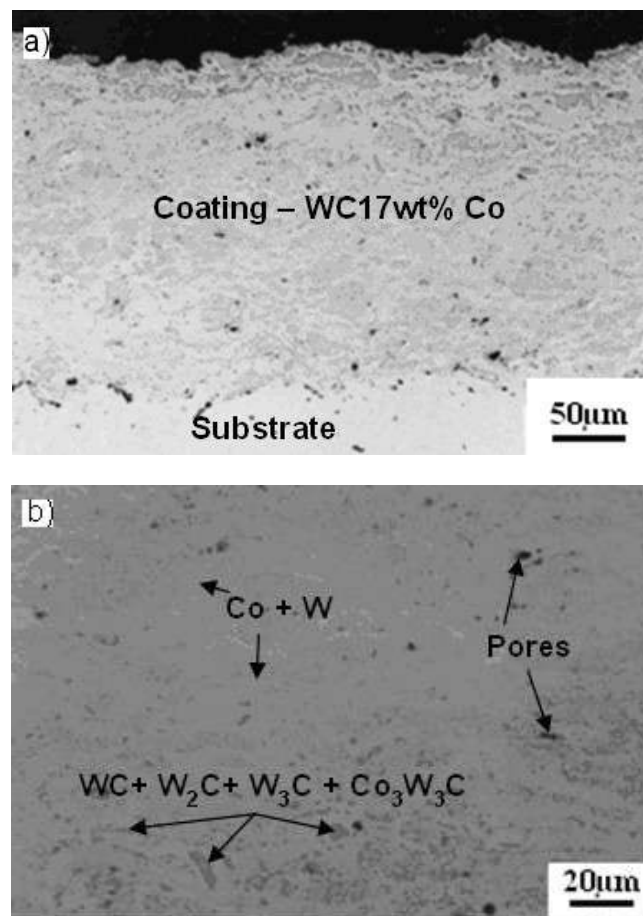


Figure 5 – Microstructure of the WC17Co coating with a plasma gas flow of 12 l / min. He (a) substrate / coating interface and (b) middle layer

Slika 5 – Mikrostruktura prevlake WC17Co sa protokom plazma gasa 12 l/minHe, (a) interfejs substrat/prevlaka i (b) sredina prevlake

The measured values of the total content of pores in the WC17Co layers are consistent with the measured microhardness values.

The qualitative analysis of all deposited WC17Co layers showed that there is a negligible proportion of residual particles of corundum Al_2O_3 left from roughening at the substrate/coating interface. The bond of coatings with the substrates is uniform without the separation of coating layers from the substrate. Along the interface, between the substrate and the coating, there are no micro cracks and macro cracks. Fig. 6 shows the micrographs of WC17Co coatings whose layers had the best mechanical properties and the smallest proportion of micro pores.

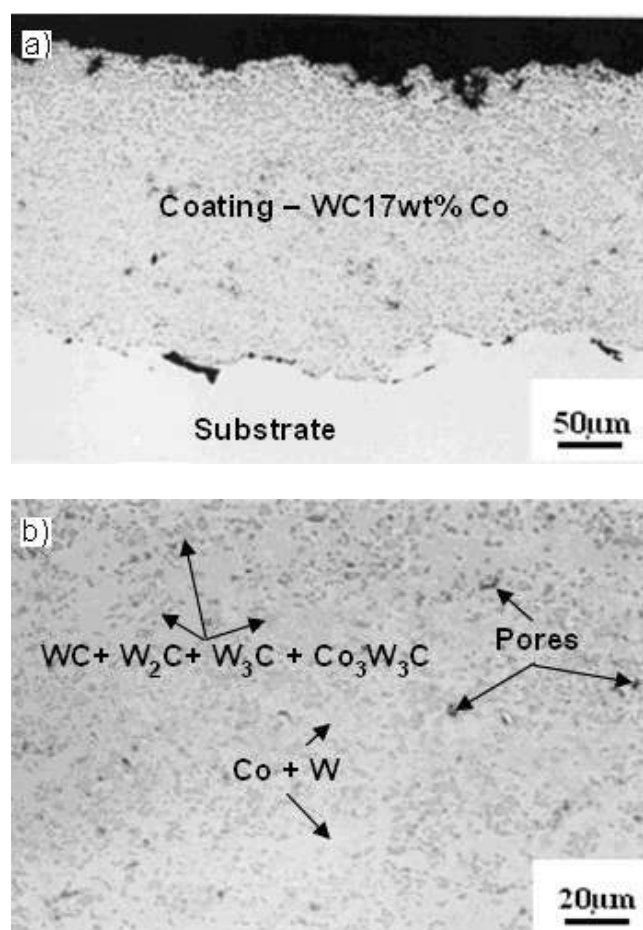


Figure 6 – Microstructure of the WC17Co coating with a plasma gas flow of 22 l / min.He
(a) substrate / coating interface and (b) middle layer

Slika 6 – Mikrostruktura prevlake WC17Co sa protokom plazma gasa 22 l/min He,
(a) interfejs substrat/prevlaka i (b) sredina prevlake

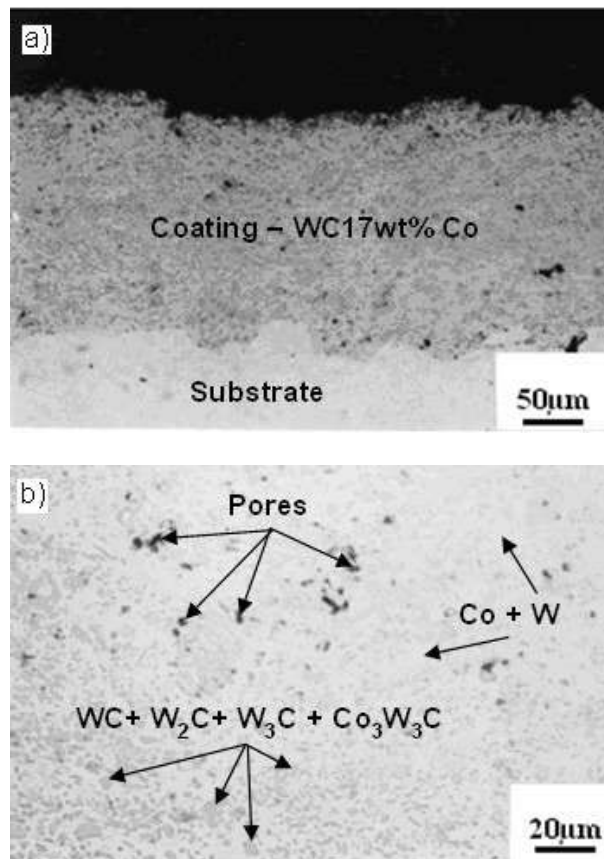


Figure 7 – Microstructure of the WC17Co coating with a plasma gas flow of 32 l / min.He
(a) substrate / coating interface and (b) middle layer

Slika 7 – Mikrostruktura prevlake WC17Co sa protokom plazma gasa 32 l/minHe, (a) interfejs substrat/prevlaka i (b) sredina prevlake

These layers are deposited with the plasma gas flow He of 22 l/min. The microstructure of all coatings is lamellar. The micrographs show that the melted powder particles are uniformly distributed. The coating layers were deposited continuously without present micro cracks and macro cracks through the layers. In the layers, there are no unmelted powder particles, precipitates, and inter-lamellar pores. In the deposited layers of all coatings, uniformly distributed carbide phases are clearly seen in the tough cobalt base. The light fields of metal phases and the dark-gray fields of carbide phases are clearly seen in all micrographs. Light fields contain the initial metallic phase Co and the metallic phase W which is derived from a partial degradation of the initial cubic monocarbide WC

(Saha, et al., 2010, pp.592-595), (de Villiers Lovelock, 1998, pp.357-373). In gray fields, there is the initial phase of cubic monocarbide WC and the carbide phases resulting from the decomposition of cubic carbide WC into the carbides of type W_2C and W_3C , and the mixed carbide η - Co_3W_3C (Saha, et al., 2010, pp.592-595), (de Villiers Lovelock, 1998, pp.357-373).

Conclusion

The atmospheric plasma spray (APS) process was used for depositing WC17Co coatings with the plasma gas flow He of 12 l/min, 22 l/min and 32 l/min. The mechanical properties of deposited layers were analysed as well as the microstructure under the light microscope. The morphology of powder particles was investigated under the scanning electron microscope (SEM). The performed analyses led to the following conclusions.

The morphology of WC17Co powder particles is of a spherical shape and is typical for powder particles produced with the technique of dry dispersion/sintering. The values of microhardness and bond strength of the deposited layers were directly related to the flows of Helium as a plasma gas. All deposited layers had the values of microhardness in the prescribed limits of 850 - 1300 $HV_{0.3}$. The most uniform distribution of microhardness was found in the layers deposited with the plasma gas flow He of 22 l/min. These layers had the smallest difference between the maximum and the minimum microhardness values (289 $HV_{0.3}$).

The values of bond tensile strength of the layers deposited with the plasma gas flows He of 12 l/min and 22 l/min were within the prescribed limits in accordance with the standard (min.45 MPa). These layers had good adhesion of strength with the substrate and good lamellar cohesive strength. The highest value of the bond strength of 49MPa was found in the layers deposited with the plasma gas flow of He, which had the lowest distribution of microhardness. These layers had the smallest proportion of pores. The lowest value of bond tensile strength of 42 MPa was seen in the layers deposited with highest plasma gas flow of He. These layers had the greatest distribution of microhardness and the greatest proportion of micro pores.

The quantitative analysis of the total content of pores in the WC17Co layers showed that the measured values are directly related to the plasma gas flows of He. The smallest proportion of pores was seen in the WC17Co coating layers deposited with the plasma gas flow He of 22 l/min. In these layers, the total proportion of pores was 1%. In the layers deposited with the plasma gas flow He of 12 l/min, the total proportion of pores was 1.3%. The

greatest proportion of pores was in the layers deposited with the plasma gas flow He of 32 l/min. In these layers, the pores are more prominent and coarser with the proportion of pores of 2.5%. In all layers, the total proportion of pores was within the prescribed limits of 0.5 - 3% .

The microstructure of all coatings is lamellar. The coating layers were deposited continuously without present micro cracks and macro cracks through the layers. In the layers there are no unmelted powder particles, precipitates, and inter-lamellar pores. In all deposited coating layers, the uniformly distributed carbide phases are clearly seen in the tough cobalt base. The light fields contain the initial metallic phase Co and the metallic phase W which is derived from a partial degradation of the initial cubic monocarbide WC. In gray fields, there is the initial phase of cubic monocarbide WC and the carbide phases resulting from the decomposition of cubic carbide WC into the carbides of type W_2C and W_3C , and the mixed carbide η - Co_3W_3C .

The obtained results showed that the plasma gas flow of He significantly affects the mechanical properties of layers and the proportion of pores in the coatings. The tests confirmed that the best layers are those deposited with the plasma gas flow He of 22 l/min. The coating with the best mechanical and structural characteristics was tested and homologated on the shaft sleeve of the main rotor of the Gazelle H42 helicopters during flight tests in the period of 50 hours in the VZ "Moma Stanojlović" - Batajnica.

Literature

ASM Handbook, 1992, Volume 3, Alloy Phase Diagrams, ASM International, Printed in the United States of America, Metals Park.

Brossard, S., Munroe, P.R., Tran, A.T.T., Hyland, M.M., 2010, Study of the effects of surface chemistry on splat formation for plasma sprayed NiCr onto stainless steel substrates, *Surface and Coatings Technology*, 204, 9-10, pp.1599-1607.

de Villiers Lovelock, H.L., 1998, Powder/processing/structure relationships in WC-Co thermal spray coatings: a review of the published literature, *Journal of Thermal Spray Technology*, 7(3), pp.357–373.

Dorfman, M.R., 2002, Thermal spray basics, *Advanced Materials & Processes*, 160(7), pp.47-50.

Li, C.-J., Ohmori, A. and Harada, Y., 1996, Effect of WC-Co powder structure on the structure of thermally sprayed WC-Co coatings, *J. Mater. Sci.*, 31, pp.785-794.

Material Product Data Sheet, 2011, Metco 73F-NS-1 Tungsten Carbide-17% Cobalt Powder, DSMTS – 0030.2, Sulzer Metco.

Mrdak, M., Kakaš, D., Pović, Đ., 2004, Karakterizacija plazma-sprej prevlaka Cr_3C_2 25NiCr i WC17Co otpornih na habanje i koroziju, *Istraživanje i Razvoj Mašinskih Elemenata i Sistema*, IRMES '04, Kragujevac, pp.407-421.

Mrdak, M., 2010, Karakterizacija WCCo/NiCrBSi prevlake otporne na habanje, Vojnotehnički glasnik 2/10, pp.43 - 52.

Mrdak, M., Kakaš, D., Pović, Đ., 2003, Ispitivanje strukturnih i mehaničkih osobina prevlaka sa povišenom otpornošću na habanje, 8th Internacionalna konferencija o tribologiji, Beograd, Srbija, pp.125 -128.

Roumilhac, Ph., Coudert, J.F., Leger, J.M., Fauchais, P., 1988, Characterization of a D.C.Spraying Plasma Torch using Optical and Thermal Diagnostics, Proceedings of the 1st Plasma-Technik Symposium, Switzerland, Lucerne, 1, pp.105-119.

Roumilhac, Ph., Fauchais, P., 1988, Optical and Thermal Diagnostics Regarding the Working Conditions of a Plasma Spray Mini Torch, Proceedings of the 1st Plasma-Technik Symposium, Switzerland, Lucerne, 1, pp.121-126.

Saha, G.C., Mateen, A., Khan, T.I., 2010, Tribological Studies of Conventional Microcrystalline and Engineered Near-Nanocrystalline WC-17Co HVOF Coatings, NSTI – Nanotech 2010, ISBN 978-1-4398-3401-5 (1), pp.592-595.

Stewart, D.A., Shipway, P.H., and McCartney, D.G., 2000, Microstructural evolution in thermally sprayed WC-Co coatings: comparison between nanocomposite and conventional starting powders, *Acta Materialia*, 48(7), pp. 1593– 1604.

Turbojet engine-standard practices manual TURBOMECA.

Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA.

Valiev, R., 2002, *Nature*, 419, pp.887-889.

Venci, A., Mrdak, M., Cvijović, I., 2006, Microstructures and tribological properties of ferrous coatings deposited by APS (Atmospheric Plasma Spraying) on Al-alloy substrate, *FME Transactions*, 34(3), pp.151-157.

SVOJSTVA I STRUKTURA WOLFRAMKARBID-KOBALT PREVLAKE DEPONOVA NE PLAZMA-SPREJ POSTUPKOM

OBLAST: hemijske tehnologije

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

Cilj istraživanja bio je da se optimizacijom plazma-sprej parametara deponuju WC17Co slojevi optimalnih strukturno-mehaničkih karakteristika. Prah je deponovan plazma-sprej postupkom na atmosferskom pritisku (APS). Pri izboru parametara kao osnovni parametar uzet je protok plazma gasa He. Helijum u odnosu na druge gasove ne reaguje sa prahom, proizvodi gušću plazmu sa manjim toplotnim sadržajem i manje inkorporira okolni vazduh u mlaz plazme, što smanjuje dekarburizaciju praha. U istraživanju su korišćene tri grupe uzoraka dobijene sa tri protoka plazma gasa od 12, 22 i 32 l/min He. Prevlaka sa najboljim karakteristikama deponovana je na rukavcu vratila glavnog rotora helikoptera "gazela H42" da bi se

smanjio uticaj ležaja i vibracija na habanje rukavca do 500°C. Procene WC17Co slojeva prevlake urađene su na osnovu njihovih strukturno-mehaničkih karakteristika. Morfologija površine čestica praha WC17Co ispitana je na SEM-u. Mehaničke karakteristike deponovanih prevlaka ispitane su u skladu sa standardom TURBOMECA. Procena mehaničkih karakteristika slojeva urađena je ispitivanjem mikrotvrdoće metodom HV_{0.3} i čvrstoće spoja ispitivanjem na zatezanje. Metalografska procena udela pora u slojevima WC17Co prevlaka (image analiza) urađena je tehnikom svetlosne mikroskopije u skladu sa standardom Pratt & Whitney. Istraživanja su pokazala da protok plazma gasa bitno utiče na mehaničke osobine i strukture prevlaka.

Uvod

Plazma-sprej postupak je zastupljen u mnogim industrijama radi poboljšanja karakteristika komponenti ili produženja njihovog radnog veka. Ovaj postupak našao je široku primenu u vazduhoplovnoj industriji i jedan je od najprimenjenijih postupaka za termičko nanošenje prevlaka. Na resurs prevlaka utiču karakteristike deponovanog materijala, njegov faznih sastav, udeo pora i nestopljenih čestica, koheziona i adheziona čvrstoća. Deponovane prevlake WC17Co termosprej postupcima uvek pokazuju promenu u faznom sastavu u odnosu na sastav polaznog praha, što se ne može izbeći. Promenu faznog sastava u deponovanim karbidnim prevlakama opisao je Saha, G.C. i dr. autori (Saha, et al., 2010, pp. 592-595) koji su objasnili uzrok faznih promena. Ispitivanjem faza nanokristalne prevlake WC17Co deponovane termičkim postupkom HVOF i polikristalne prevlake deponovane plazma-sprej postupkom, ustanovljeno je da u obe prevlake dolazi do, manje ili više, razgradnje polazne faze WC u fazu W₂C i W. Ovo razlaganje je izraženije kod plazme zbog viših temperatura. U strukturi polikristalne prevlake deponovane plazmom, pored faze WC uvek su prisutne i faze W₂C, W, W₃C i mešoviti karbid η – Co₃W₃C (Saha, et al., 2010, pp. 592-595). Zbog inkorporiranja vazduha u mlaz plazme i njegovog uticaja na redukciju ugljenika iz karbida, depozicija praha radi se srednjom snagom napajanja plazma-pistolja i sa helijumom kao plazma gasom. Helijum kao plemeniti gas ima velike prednosti kao plazma gas u odnosu na druge gasove. Eksperimentalna istraživanja karakteristika mlazeva plazmi pokazala su da izoterme blizu izlaza iz anode imaju manji prečnik za plazmu Ar-He u odnosu na Ar-H₂. Dužina izoterme je takođe manja kod plazme Ar-He zbog manje specifične entalpije i većeg viskoziteta u odnosu na Ar-H₂. Gušća plazma, kao što je Ar-He, može znatno da smanji inkorporiranje okolnog vazduha u mlaz plazme. Mešanje mlaza plazme sa okolnim vazduhom povećava se sa povećanjem jačine strujnog luka i protokom plazma gasa (Roumilhac, et al., 1988, pp. 105-119), (Roumilhac, Fauchais, 1988, pp. 121-126). Helijum zbog ovih osobina omogućuje deponovanje karbidnih prevlaka sa umanjenim procesom dekarburizacije i sa manjim sadržajem pora. Osobine prevlaka su u direktnoj vezi sa parametrima depozicije.

Prah WC17Co razvijen je za potrebe vazduhoplovne industrije. Prevlake na bazi WC17Co su otporne na habanje, abraziju, eroziju, koroziju i kavitaciju do 500 °C (Material Product Data Sheet, 2011). U ovom radu predstavljeni su rezultati eksperimentalnih istraživanja uticaja protoka plazma gasa (He) na mehanička svojstva i mikrostrukturu slojeva WC17Co. Glavni cilj je bio da se stara tehnologija cementacije rukavaca vratila zameni deponovanjem WC17Co prevlake plazma-sprej tehnologijom. Analizirane su mehaničke karakteristike i mikrostrukture prevlaka da bi se odabrala prevlaka najboljih karakteristika. Prevlaka sa najboljim mehaničkim i strukturnim karakteristikama je testirana i homologovana na rukavcu vratila glavnog rotora helikoptera "gazela H42" letnim ispitivanjem u trajanju od 50 časova u VZ „Moma Stanojlović“ u Batajnici.

Materijali za ispitivanje i uzorci

Za izradu prevlaka upotrebljen je prah firme „Sulzer Metco“ sa oznakom Metco 73F-NS-1. Za izradu praha korišćena je tehnika suvo raspršavanje/sinterovanje sa sadržajem od 83 tež.%WC i 17 tež.%Co. Prah koji se koristio u eksperimentu imao je raspon granulacije od 11 µm do 53 µm (Material Product Data Sheet, 2011). Čestice praha su porozne i sfernog oblika.

Osnove na koje su deponovane prevlake za procenu strukture i za ispitivanje mikrotvrdoće izrađene su od čelika Č.4171 (X15Cr13 EN10027) u termički neobrađenom stanju dimenzija 70x20x1,5mm. Osnove za ispitivanje čvrstoće spoja takođe su izrađene od čelika Č.4171(X15Cr13EN10027) u termički neobrađenom stanju dimenzija Ø25x50 mm (Turbojet engine-standard practices manuel TURBOMECA).

Mehaničke karakterizacije prevlaka WC17Co urađene su prema standardu TURBOMECA (Turbojet engine-standard practices manuel TURBOMECA). Za merenje mikrotvrdoće i metalografska ispitivanja korišćeni su uzorci dimanzija 70 × 20 × 1,5 mm, dok su za ispitivanje zatezne čvrstoće korišćeni uzorci Ø25 x 50 mm.

Merenja mikrotvrdoća izvršena su korišćenjem Vickers dijamant piramide indenter i 300 grama opterećenje (HV0.3). Merenje je urađeno u pravcu duž lamela, u sredini i na krajevima uzorka. Na tri mesta sprovedeno je pet očitavanja, a rezultati su bili usrednjeni.

Testovi zatezne čvrstoće rađeni su na sobnoj temperaturi na hidrauličnoj opremi sa brzinom od 10 mm/min. Korišćena su dva uzoraka u paru, od kojih je prevlaka deponovana samo na jednom od njih. Za svaku grupu WC17Co prevlaka ispitano je po pet uzoraka, a dobijeni rezultati su usrednjeni.

Metalografska procena udela pora (image analiza) u slojevima WC17Co prevlaka urađena je tehnikom svetlosne mikroskopije u skladu sa standardom Pratt & Whitney (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). Morfologija čestica praha urađena je na SEM-u (skening elektronskom mikroskopu).

Depozicija praha

Proces deponovanja slojeva na metalne osnove urađen je plazma-sprej postupkom na atmosferskom pritisku (APS) firme Plasmatyne. Depozicija praha urađena je plazma pištoljem SG-100 koji se sastojao od katode tipa K 1083A -129, anode tipa A 2083-175 i gas-injektora tipa GI 1083-113. Kao gas korišćen je argon u kombinaciji sa helijumom i snaga napajanja od 40 KW. Protok plazma gasa helijuma bio je osnovni parameter za deponovanje praha. U eksperimentu su korišćena tri različita protoka helijuma od 12 l/min, 22 l/min i 32 l/min. Slojevi su deponovani na supstratima ukupne debljine od 0,020 do 0,025 mm sa plazma pištoljem brzine 500 mm/s.

Rezultati i diskusija

Vrednosti mikrotvrdoće i čvrstoće spoja deponovanih slojeva su u direktnoj vezi sa protocima helijuma kao plazma gasa. Svi deponovani slojevi imaju vrednosti mikrotvrdoće u propisanim granicama od 850 do 1300 HV_{0.3} (Material Product Data Sheet, 2011), (Turbojet engine-standard practices manuel TURBOMECA). Najpravnomerniju raspodelu mikrotvrdoće imali su slojevi deponovani sa protokom plazma gasa od 22 l/min.He. Ti slojevi su imali najmanju razliku mikrotvrdoće između maksimalnih i minimalnih vrednosti (289 HV_{0.3}). Najveću raspodelu mikrotvrdoće pokazali su slojevi deponovani sa najvećim protokom plazma gasa od 32 l/min He. Ti slojevi imali su najveću razliku mikrotvrdoće između maksimalnih i minimalnih vrednosti (404 HV_{0.3}). Višu raspodelu mikrotvrdoće imali su i slojevi sa najmanjim protokom plazma gasa od 12 l/min He. Razlika između maksimalnih i minimalnih vrednosti mikrotvrdoće za te slojeve bila je 373 HV_{0.3}.

Zatezna čvrstoća spoja je u direktnoj vezi sa protocima plazma gasa He. Vrednosti zatezne čvrstoće spoja deponovanih slojeva sa protocima plazma gasa od 12 l/min i 22 l/min He, u propisanim su granicama po standardu (min. 45 MPa) (Turbojet engine-standard practices manuel TURBOMECA). Ti slojevi imali su dobru adheziju čvrstoću sa supstratom i dobru međulamelarnu koheziju čvrstoću. Najveću vrednost čvrstoće spoja od 49MPa pokazali su slojevi deponovani sa protokom plazma gasa od 22 l/min He, koji su imali najmanju raspodelu mikrotvrdoće. Ti su slojevi imali najmanji udeo pora. Najmanju vrednost zatezne čvrstoće spoja od 42MPa imali su slojevi deponovani sa najvećim protokom plazma gasa He. Ti su slojevi imali najveću raspodelu mikrotvrdoće i najveći udeo mikropora. Ispitivanja zatezne čvrstoće spoja pokazalo je da je za sve deponovane prevlake mehanizam razaranja bio na interfejsu između substrata i prevlake.

Kvantitativna analiza ukupnog sadržaja pora u WC17Co slojevima pokazala je da su izmerene vrednosti u direktnoj vezi sa protocima plazma gasa He. Na prikazanim mikrofotografijama jasno se uočavaju različiti udeli pora u deponovanim slojevima. Najmanji udeo pora bio je u slojevima WC17Co prevlake deponovane sa protokom plazma gasa od 22

l/min He. U tim slojevima je ukupan udeo pora bio 1%. U slojevima deponovanim sa protokom plazma gasa od 12 l/min He, ukupan udeo pora je bio 1,3%. Najveći udeo pora je bio u slojevima deponovanim sa protokom plazma gasa od 32 l/min He. U tim slojevima pore su izraženije i grublje sa udelom od 2,5%. U svim slojevima ukupan udeo pora bio je u propisanim granicama od 0,5 do 3% (Material Product Data Sheet, 2011), (Turbojet engine-standard practices manuel TURBOMECA).

Mikrostruktura svih prevlaka je lamelarna. Na mikrofotografijama se vidi da su istopljene čestice praha pravilno razlivena. Slojevi prevlake deponovani su kontinualno bez prisutnih mikro i makropukotina kroz slojeve. U slojevima nisu prisutne neistopljene čestice praha, precipitati i interlamelarne pore. U deponovanim slojevima svih prevlaka jasno se uočavaju ravnomerno distribuirane karbidne faze u žilavoj osnovi ko-balta. Na svim mikrofotografijama jasno se uočavaju svetla polja metalnih faza i tamnosiva polja karbidnih faza. U svetlim poljima prisutna je polazna metalna faza Co i metalna faza W koja potiče od delimične razgradnje polaznog kubnog monocarbidea WC (Saha, et al., 2010, pp.592-595). U sivim poljima prisutna je polazna faza kubnog monocarbidea WC i karbidne faze koje su nastale razlaganjem kubnog karbida WC u karbide tipa W_2C , W_3C i mešoviti karbid η - Co_3W_3C (Saha, et al., 2010, pp.592-595), (de Villiers Lovelock, 1998, pp.357-373).

Zaključak

Plazma-sprej postupkom (APS) deponovane su prevlake WC17Co sa protocima plazma gasa od 12 l/min, 22 l/min i 32 l/min He. U radu su analizirane mehaničke karakteristike deponovanih slojeva i mikrostrukturne karakteristike na svetlosnom mikroskopu. Morfologija čestica praha ispitana je na (SEM) skeniranjem elektronskom mikroskopu. Na osnovu izvršenih analiza došlo se do određenih zaključaka.

Morfologija čestica praha WC17Co je sfernog oblika i tipična je za čestice praha koje se proizvode tehnikom suvo raspršavanje/sinterovanje.

Vrednosti mikrotvrdoće i čvrstoće spoja deponovanih slojeva bili su u direktnoj vezi sa protocima helijuma kao plazma gasa. Svi deponovani slojevi imali su vrednosti mikrotvrdoće u propisanim granicama od 850 do 1300 $HV_{0.3}$. Najravnomerniju raspodelu mikrotvrdoće imali su slojevi deponovani sa protokom plazma gasa od 22 l/min He. Ti su slojevi imali najmanju razliku mikrotvrdoće između maksimalnih i minimalnih vrednosti (289 $HV_{0.3}$).

Vrednosti zatezne čvrstoće spoja slojeva deponovanih sa protocima plazma gasa od 12 l/min i 22 l/min He bile su u propisanim granicama po standardu (min. 45 MPa). Ti su slojevi imali dobru adheziju čvrstoću sa supstratom i dobru međulamelarnu koheziju čvrstoću. Najveću vrednost čvrstoće spoja od 49 MPa pokazali su slojevi deponovani sa protokom plazma gasa He, koji su imali najmanju raspodelu mikrotvrdoće. Ti su slojevi imali najmanji udeo pora. Najmanju vrednost zatezne čvrstoće spoja od 42 MPa imali su slojevi deponovani sa

najvećim protokom plazma gasa He. Ti su slojevi imali najveću raspodelu mikrotvrdoće i najveći udeo mikropora.

Kvantitativna analiza ukupnog sadržaja pora u WC17Co slojevima pokazala je da su izmerene vrednosti u direktnoj vezi sa protocima plazma gasa He. Najmanji udeo pora bio je u slojevima WC17Co prevlake deponovane sa protokom plazma gasa od 22 l/min He. U tim slojevima je ukupan udeo pora bio 1%. U slojevima deponovanim sa protokom plazma gasa od 12 l/min He, ukupan udeo pora bio je 1,3%. Najveći udeo pora bio je u slojevima deponovanim sa protokom plazma gasa od 32 l/min He. U tim slojevima pore su izraženije i grublje sa udelom od 2,5%. U svim slojevima ukupan udeo pora bio je u propisanim granicama od 0,5 do 3%.

Mikrostruktura svih prevlaka je lamelarna. Slojevi prevlake su deponovani kontinualno bez prisutnih mikro i makropukotina kroz slojeve. U slojevima nisu prisutne neistopljene čestice praha, precipitati i interlamelarne pore. U deponovanim slojevima svih prevlaka jasno se uočavaju ravnomerno raspoređene karbidne faze u žilavoj osnovi kobalta. U svetlim poljima prisutna je polazna metalna faza Co i metalna faza W koja potiče od delimične razgradnje polaznog kubnog monokarbida WC. U sivim poljima prisutna je polazna faza kubnog monokarbida WC i karbidne faze koje su nastale razlaganjem kubnog karbida WC u karbide tipa W_2C , W_3C i mešoviti karbid η – Co_3W_3C .

Dobijeni rezultati su pokazali da protok plazma gasa He bitno utiče na mehaničke karakteristike slojeva i udeo pora u prevlakama. Ispitivanja su potvrdila da su najbolji slojevi deponovani sa protokom plazma gasa od 22 l/min He. Prevlaka sa najboljim mehaničkim i strukturnim karakteristikama je testirana i homologovana na rukavcu vratila glavnog rotora helikoptera „gazela H42“ letnim ispitivanjem u trajanju od 50 časova u VZ „Moma Stanojlović“ u Batajnici.

Ključne reči: prevlake, kobalt, depoziti, gas, protok gasa, plazma, prah, osobine.

Datum prijema članka/Paper received on: 06. 07. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 23. 02. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 25. 02. 2013.

PRILOG ISTRAŽIVANJU TOPLOTNOG OPTEREĆENJA AMORTIZERA POLUAKTIVNOG SISTEMA OSLANJANJA MOTORNOG VOZILA

Miroslav D. Demić
Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

DOI: 10.5937/vojtehg61-3572

OBLAST: motorna vozila
VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

U razvoju motornih vozila značajnu ulogu ima dinamička simulacija, koja je zasnovana na modeliranju. Uloga modeliranja je veoma značajna u prvim fazama projektovanja, tokom definisanja opredeljujućih parametara vozila. Amortizer, kao izvršni organ poluaktivnog sistema za oslanjanje vozila, trpi toplotna opterećenja koja mogu da dovedu do njegovog oštećenja i degradacije karakteristika. Zbog toga je u ovom radu analizirano pretvaranje mehaničkog rada u toplotnu energiju, uz korišćenje metode dinamičke simulacije.

Ključne reči: vozilo, poluaktivni sistem elastičnog oslanjanja, amortizer, toplotno opterećenje amortizera.

Uvod

Amortizeri su sastavni element poluaktivnog sistema za oslanjanje vozila (u daljem tekstu PASEO), koji neposredno utiču na aktivnu bezbednost vozila. Pored osnovne uloge, uloga amortizera je da apsorbuje mehaničke oscilacije prenesene sa podloge i da obezbedi bezbednost putnika u toku vožnje.

Kao što je poznato, u amortizeru se kinetička energija sistema pretvara u mehanički rad, odnosno toplotnu energiju (Genta, 2003), (Miliken and Miliken, 1995), (Mohd, et al, 2008), (Mitschke, 1997), (Reisenburg, 1970), (Simić, 1998). U praksi se, u fazi projektovanja vozila, parametri amortizera biraju iz uslova prigušivanja oscilacija sistema vozila, ali se zbog izbegavanja negativnog uticaja na njihovu funkciju vodi računa i o termičkim opterećenjima amortizera (Mitschke, 1997). Cilj je da se što je moguće više mehanič-

* ZAHVALNICA: Autor se zahvaljuje Ministarstvu za obrazovanje, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije za finansijsku podršku (Naziv projekta: Istraživanje bezbednosti vozila kao dela kibernetičkog sistema: vozač – vozilo – okruženje; Oznaka projekta: TR35041).

kog rada primljenog sa podloge pretvori u toplotnu energiju koja se predaje okolini i time amortizer hladi. Pogrešan izbor amortizera sa stanovišta termičkog opterećenja može izazvati ubranu degradaciju njegovih karakteristika tokom eksploatacije. Prevelika količina toplote koja bi se eventualno zadržavala „unutar“ amortizera izazvala bi ubrzano propadanje zaptivnih elemenata i gubitak funkcije prigušnog elementa.

Ispitivanja su pokazala da se mehanički rad jednim delom pretvara u toplotnu energiju koja se prenosi na radni fluid i telo amortizera, a preostali deo količine toplote predaje se okolini i time amortizer hladi. To se matematički može prikazati formulom (Atkins, 2010), (Bojić, 2011), (Ilić i dr, 1996), (Marić, 2002), (Mohd, et al, 2008), (Moran, et al, 2010), (Šelmić, 1986):

$$A = Q_t + Q_f + Q_o \quad (1)$$

gde su:

- A – mehanički rad (jednak količini toplote),
- Q_t – količina toplote koja se predaje telu amortizera,
- Q_f – količina toplote koja se predaje radnom fluidu i
- Q_o – količina toplote koja se predaje okolini.

Rad sile u amortizeru interesantan je zbog analize njegove transformacije u toplotnu energiju. Ovaj rad sile u amortizeru je merljiv i eksperimentalno, ali je teško merljiva količina toplote koja se oslobađa iz amortizera (Fermi, 2011). Ta pojava je kompleksna i teško merljiva, jer je poznato da se deo energije troši za zagrevanje elemenata amortizera, kao što su klip, cilindri, radni fluid, itd. Pored toga, i priroda prenosa toplote iz amortizera na okolinu je veoma složena. Prenos toplote vrši se konvekcijom koja je dominantna, ali i kondukcijom i zračenjem (Mitschke, 1997). Sa aspekta maksimalnog hlađenja, pravilan izbor amortizera zahteva sveobuhvatnu analizu transformacije mehaničke energije u toplotnu. Način transformacije mehaničke energije u toplotnu najvećim je delom određen samom konstrukcijom amortizera. Na kondukcionu prelaz toplote i zračenje toplotne energije iz amortizera se ne može direktno uticati. Potrebno je povećati uticaj na konvekcionu prelaz toplote sa amortizera na okolnu sredinu, kao dominantne pojave. To se najbolje postiže konstruktivnim rešenjem karoserije (blatobrana) motornog vozila. Zahtev je da se iskoristi opstrujavanje vazduha oko amortizera uz najmanje usložavanje konstrukcije.

Napominjemo da cilj ovog rada nije bio da se analizira hlađenje amortizera, već samo termičko opterećenje kojem je on izložen. Zbog toga je ocenjeno celishodnim da se izvrši analiza toplote koja se dobija pretvaranjem mehaničkog rada u toplotnu energiju u jedinici vremena. Mehanički rad u amortizerima poluaktivnog PASEO izračunavan je uz pomoć mehaničkog modela vozila, o čemu će biti reči u narednom tekstu.

Model vozila sa poluaktivnim sistemom za oslanjanje

Motorna vozila imaju složene dinamičke karakteristike, koje se manifestuju pojavom prostornih kretanja, promenom karakteristika u toku eksploatacije, velikim brojem poremećajnih uticaja, pojavom zazora, trenja, histerize i sl. (Belingardi and Demić, 2009, pp.45-53), (Demić, 1997a), (Demić, 2004), (Demić, 1999, pp.183-211), (Demić, 1994, pp.351-377), (Demić, 1996, pp.22-46), (Demić, et al, 2006, pp.145-158), (Demić and Belingardi, 2010, pp.6-17), (Demić and Diligenski, 2012, pp.185-190), (Demić, 1997b, pp.135-146), (Genta, 2003), (Gillespie, 1992), (Miliken and Miliken, 1995), (Rajamani, 2005). Pomenute dinamičke pojave, a posebno vibracije, dovode do zamora korisnika i vozača, smanjuju vek trajanja vozila i njegovih sistema i sl. Osnovni cilj sistema za oslanjanje jeste da smanji pomenute negativne efekte, poboljša ponašanje vozila na putu i omogući eksploataciju vozila u širem spektru eksploatacionih uslova.

Klasični sistemi to ne mogu da zadovolje, pa se javila potreba za uvođenjem novih sistema za oslanjanje, sa regulisanim karakteristikama (ukratko nazvanim poluaktivni ili aktivni sistemi). Njihove podele i klasifikacije poznate su iz (Gillespie, 1992), (Popović, 2001), pa o tome ovde neće biti više reči.

Ukazuje se na činjenicu da klasični «pasivni» sistemi mogu ponuditi samo kompromis između oprečnih zahteva za oscilatornom udobnošću i ponašanjem vozila na putu (Belingardi and Demić, 2009, pp.45-53), (Demić, 1997a), (Demić, 2004), (Demić, 1999, pp.183-211), (Demić, 1994, pp.351-377), (Demić, 1996, pp.22-46), (Demić et al, 2006, pp.145-158), (Demić and Belingardi, 2010, pp.6-17), (Demić and Diligenski, 2012, pp.185-190), (Demić, 1997b, pp.135-146), (Genta, 2003), (Gillespie, 1992), (Miliken and Miliken, 1995), (Rajamani, 2005), jer su im parametri krutosti i prigušenja fiksni. Imajući u vidu težnju za manjom potrošnjom goriva, posebno kod vozila srednje klase, a što se, pored ostalog, postiže i manjom sopstvenom masom vozila, očigledno je da se aspekt «opterećeno/neopterećeno» stanje manifestuje degradacijom parametara oscilatorne udobnosti i ponašanja vozila na putu.

Otuda se može zaključiti da samo sistemi oslanjanja sa regulisanim karakteristikama mogu da na zadovoljavajući način kompenzuju poremećajne uticaje, a, istorijski posmatrano, prvi takav sistem je korišćen kod vasioniskih letelica («Sputnik», između 1950. i 1960. godine, (Silani, 2004), dok kod motornih vozila njihova primena počinje 70-ih godina (Silani, 2004) i to najpre u «poluaktivnom» izvođenju.

U praksi postoje dve vrste sistema sa regulisanim karakteristikama, i to (Demić et al, 2006, pp.145-158), (Doule et al, 1990), (Florin et al,

2004), (Hac et al, 1999, pp.1-7), (Hrovat et al, 1982, pp.1-9), (Margolis, 1983, pp.317-330), (Nell et al, 1998, pp.25-40), (Popović, 2001), (Silani, 2004), (Slaski et al, 2004, pp.597-604), (Rajamani, 2005), (Tomović, 1974), (Yoshimura et al, 2003, pp.22-40):

1. «poluaktivni», kod kojih se vrši regulacija krutosti ili prigušenja; imaju povoljne karakteristike, a cena im je prihvatljiva i za vozila niže kategorije i
2. «aktivni», koji imaju generator sile (aktuator) koji može biti kombinovan i sa klasičnim elastoprigušnim elementima; cena im je veoma visoka, pa primenu nalaze kod vozila veoma visoke klase ili kod specijalnih vozila.

Kako postoje različita konstruktivna izvođenja pomenutih sistema, u ovom radu će biti reči o poluaktivnom sistemu oslanjanja vozila sa regulacijom prigušenja u amortizerima i njihovom termičkom opterećenju.

Imajući u vidu da u literaturi postoji više algoritama za regulisanje prigušenja u amortizerima, ocenjeno je celishodnim da se neki od njih ovde prikažu u najkraćim crtama.

U (Florin, 2004) kontrolisana sila u amortizerima definiše se izrazima:

$$F_a = k(t)(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) \quad (2)$$

pri čemu je njena veličina:

$$F_a = \begin{cases} 0 & \forall -k_s \dot{z}_2 (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) \\ k_{\max} (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) & \forall -k_s \dot{z}_2 (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) < -k_{\max} (\dot{z}_2 - \dot{z}_1)^2 \\ k_s \dot{z}_2 & \text{za ostale slučajeve} \end{cases} \quad (3)$$

gde su:

- $k(t)$ – kontrolisana vrednost koeficijenta prigušenja,
- $k_{\max}$ – maksimalna vrednost koeficijena prigušenja,
- k_s – koeficijent u povratnoj sprezi (skyhook),
- $\dot{z}_1, \dot{z}_2$ – brzine neoslonjene i oslonjene mase (za slučaj četvrtinskog modela vozila), respektivno.

U (Silani, 2004) kontrolni signal prigušenja u amortizeru definiše se:

$$u = \begin{cases} k_d \forall \dot{z}_2 (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) > 0 \\ k_{\min} \forall \dot{z}_2 (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

pri čemu je:

$$k_d = \begin{cases} k_{\max} & \forall \quad k_s \frac{\dot{z}_2}{\dot{z}_2 - \dot{z}_1} > k_{\max} \\ k_s \frac{\dot{z}_2}{\dot{z}_2 - \dot{z}_1} & \forall \quad k_p \leq k_s \frac{\dot{z}_2}{\dot{z}_2 - \dot{z}_1} \leq k_{\max} \\ k_p & \forall \quad k_s \frac{\dot{z}_2}{\dot{z}_2 - \dot{z}_1} \leq k_{\max} \end{cases} \quad (5)$$

gde je k_p – nepromenljiva vrednost koeficijenta prigušenja, dok su ostale oznake identične onima iz (3).

Algoritam opisan u (Silani, 2004) definiše koeficijent prigušenja u obliku:

$$\begin{aligned} k_{\max} & \forall \quad \dot{z}_{2izm} \cdot \dot{z}_{2\max} < \dot{z}_{2izm} \cdot \dot{z}_{2\min} \\ k_{\min} & \forall \quad \dot{z}_{2izm} \cdot \dot{z}_{2\min} < \dot{z}_{2izm} \cdot \dot{z}_{2\max} \end{aligned} \quad (6)$$

gde su:

- $\dot{z}_{2izm}, \dot{z}_{2\min}, \dot{z}_{2\max}$ – izmereno ubrzanje i ubrzanja oslonjene mase za minimalno i maksimalno prigušenje u amortizeru, respektivno.

Napominje se da se umesto $\dot{z}_{2\max}, \dot{z}_{2\min}$ u izrazu (6) često koristi odgovarajuća sila u amortizeru.

Regulacija prigušenja u amortizeru (Silani, 2004) definisana je algoritmom:

$$k(t) = k_p - \beta k_m \quad (7)$$

pri čemu važi relacija :

$$0 \leq k(t) \leq k_{\max} \quad (8)$$

Pored toga, u (Silani, 2004) daje se i mogućnost linearne aproksimacije izraza (8).

Neki autori (Nell et al, 1998, pp.25-40), (Silani, 2004) preporučuju korišćenje sistema sa preklopniciima ("uključeno"- "isključeno"), čija je karakteristika jednostavnost konstrukcije i niska cena. Imajući u vidu ekonomsku situaciju u našoj zemlji, kao i tehnološki nivo proizvođača komponenti i vozila, ocenjeno je celishodnim da se u ovom radu ova koncepcija regulacije sile u amortizeru detaljnije analizira.

Optimalno projektovanje sistema poluaktivnog oslanjanja biće demonstrirano na primeru nelinearnog prostornog modela vozila.

Oscilatorni model vozila

Imajući u vidu cilj istraživanja, ocenjeno je celishodnim da se posmatraju sledeća sekundarna (oscilatorna) kretanja masa vozila (slika 1) .

– Oslonjena masa:

- z – vertikalne oscilacije oslonjene mase (poskakivanje),
- φ – valjanje i
- θ – galopiranje

– Vertikalne vibracije neoslonjenih masa (točkova):

- z_{pl} – prednji levi,
- z_{pd} – prednji desni,
- z_{zl} – zadnji levi i
- z_{zd} – zadnji desni.

Diferencijalne jednačine oscilatornih kretanja prikazanog modela vozila napisane su uz primenu programskog paketa NEWEUL. Priprema ulaznih podataka izvršena je u skladu sa zahtevima pomenutog programa, a za definisanje dinamike modela vozila sa sedam stepeni slobode kretanja korišćeno je 24 koordinatnih sistema (uključujući i inercijalni-globalni koordinatni sistem O_1, I_2, I_3), u odnosu na koje su definisani inercijalni parametri, sile i sl. Imajući u vidu da je postupak pripreme ulaznih podataka detaljno opisan u (NEWEUL, 2000), (Sciehlen, 1986, pp.271-288), ovde o tome neće biti više reči.

Treba napomenuti da su generalisane koordinate oslonjene mase (z , φ i θ) generalisane koordinate poskakivanja masa točkova (z_{pl} , z_{pd} , z_{zl} i z_{zd}) definisane od njihovog ravnotežnog položaja, pa sile teže posmatranih masa ne figurišu u diferencijalnim jednačinama kretanja (Demić, 1997a), (Demić, 2004), (Demić, 1999, pp.183-211), (Demić, 1994, pp.351-377), (Demić, 1996, pp.22-46), (Demić et al, 2006, pp.145-158), (Demić and Belingardi, 2010, pp.6-17), (Demić and Diligenski, 2012, pp.185-190), (Demić, 1997b, pp.135-146), (Genta, 2003), (Gillespie, 1992), (Miliken and Miliken, 1995), (Rajamani, 2005). Koristeći programski paket NEWEUL i sliku 1, napisane su nelinearne diferencijalne jednačine kretanja posmatranog modela vozila, (NEWEUL, 2000), (Sciehlen, 1986, pp.271-288):

$$M\ddot{q} + K = QE \quad (9)$$

gde su:

- M – matrica inercijalnih parametara (SSKxSSK – SSK broj stepeni slobode kretanja),
- K – matrica Koriolisovih i centrifugalnih sila (1xSSK),
- QE – matrica generalisanih sila,
- $q, \dot{q}$ – matrice generalisanih koordinata i njihovih ubrzanja, respektivno (1xSSK).

Inercijalne parametre posmatranog modela vozila definišu veličine:

- G_s , m_s , m_p , m_z , gravitaciona sila i oslonjena masa, neoslonjene mase sistema prednjih i zadnjih točkova, respektivno,
- I_x moment inercije oslonjene mase za «x» osu,
- I_y moment inercije oslonjene mase za «y» osu, a
- I_z moment inercije oslonjene mase za «z» osu.

U slučaju posmatranog prostornog modela vozila, diferencijalne jednačine koje opisuju oscilatorna kretanja su oblika:

$$\begin{aligned}
 \ddot{z} &= (QE[1] - k[1]) / m_s \\
 \ddot{\varphi} &= (QE[2] - k[2]) / (I_x \cos^2 \theta + 2I_z \sin^2 \theta) \\
 \ddot{\theta} &= (QE[3] - k[3]) / I_y \\
 \ddot{z}_{pl} &= (QE[4] - k[4]) / m_p \\
 \ddot{z}_{pd} &= (QE[5] - k[5]) / m_p \\
 \ddot{z}_{zl} &= (QE[6] - k[6]) / m_z \\
 \ddot{z}_{zd} &= (QE[7] - k[7]) / m_z
 \end{aligned} \tag{10}$$

Matrice K, i QE date su izrazima:

$$\begin{aligned}
 K[1] &= 0 \\
 K[2] &= 2(I_z - I_x) \dot{\varphi} \dot{\theta} \sin(\theta) \cos(\theta) \\
 K[3] &= (I_x - I_z) \dot{\varphi}^2 \sin(\theta) \cos(\theta) \\
 K[4] &= 0 \\
 K[5] &= 0 \\
 K[6] &= 0 \\
 K[7] &= 0
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}
QE[1] &= -(F_{upl} + F_{upd} + F_{uzl} + F_{uzd}) \cos(\varphi) \cos(\theta) \\
QE[2] &= (F_{upl} - F_{upd}) s_1 \cos(\varphi) \cos(\theta) + (F_{uzl} - \\
&F_{uzd}) s_2 \cos(\varphi) \cos(\theta) \\
QE[3] &= (F_{upl} + F_{upd}) a \cos(\theta) + (F_{uzd} - \\
&F_{uzl}) s_1 \sin(\varphi) \sin(\theta) - (F_{upl} + F_{upd}) b \cos(\theta) \\
&\quad + (F_{uzd} - F_{uzl}) s_2 \sin(\varphi) \sin(\theta) \\
QE[4] &= -F_{ppl} + F_{upl} \cos(\varphi) \cos(\theta) \\
QE[5] &= -F_{ppd} + F_{upd} \cos(\varphi) \cos(\theta) \\
QE[6] &= -F_{uzl} + F_{uzl} \cos(\varphi) \cos(\theta) \\
QE[7] &= -F_{pzd} + F_{uzd} \cos(\varphi) \cos(\theta)
\end{aligned} \tag{12}$$

Pomeranja karakterističnih tačaka koja su značajna za izračunavanje zbirnih sila u oprugama i amortizerima (F_{upl} , F_{upd} , F_{uzl} i F_{uzd}) automatski su izračunate istim programom. Ona su data izrazima:

$$\begin{aligned}
\Delta_{pl}, \Delta_{pd} &= a \sin(\theta) \pm s_1 \sin(\varphi) \cos(\theta) + z \cos(\varphi) \cos(\theta) \\
\Delta_{zl}, \Delta_{zd} &= -b \sin(\theta) \pm s_1 \sin(\varphi) \cos(\theta) + z \cos(\varphi) \cos(\theta)
\end{aligned} \tag{13}$$

Sada možemo izračunati i relativna pomeranja klipova u amortizerima:

$$\begin{aligned}
\Delta_{pl}^* &= \Delta_{pl} - z_{pl} \\
\Delta_{pd}^* &= \Delta_{pd} - z_{pd} \\
\Delta_{zl}^* &= \Delta_{zl} - z_{zl} \\
\Delta_{zd}^* &= \Delta_{zd} - z_{zd}
\end{aligned} \tag{14}$$

Brzine pomeranja ($\dot{\Delta}_{pl}^*$, $\dot{\Delta}_{pd}^*$, $\dot{\Delta}_{zl}^*$, $\dot{\Delta}_{zd}^*$) mogu se izračunati diferenciranjem izraza (14) po vremenu, što ovde neće biti učinjeno.

Radi praćenja daljeg teksta posmatraćemo sliku 2, na kojoj je prikazana predložena šema upravljanja poluaktivnim sistemom oslanjanja za posmatrani model vozila. U konkretnom slučaju razrađen je koncept upravljanja sistemom oslanjanja koja se ostvaruje preko dve grupe povratnih sprega. Zadatak spoljašnjih povratnih sprega jeste da minimizira-

ju uticaj mikroneravnina puta, a unutrašnjih da upravljaju silama u amortizerima. Preciznije rečeno, spoljašnje povratne sprege vrše kontrolu oscilatorne udobnosti vozila, a unutrašnje omogućavaju povoljnu raspodelu opterećenja i njegovo nivelisanje, tokom manevara vozilom (aspekt ponašanja vozila na putu). Sa slike je očigledno da je ovaj koncept poluaktivnog oslanjanja baziran na registrovanju vertikalnih ubrzanja poskakivanja, ubrzanja valjanja i galopiranja oslonjene mase (koja su integracijom omogućila izračunavanje odgovarajućih brzina), kao i hodova klipova cilindara i njihovih odgovarajućih brzina.

Kako su sile u elastoprigušnim elementima (zbir sile u opruzi i amortizeru) F_{upl} , F_{upd} , F_{uzl} i F_{uzd} zavisne od poskakivanja, valjanja i galopiranja oslonjene mase, neophodno je razdvojiti komponente koje izazivaju poskakivanje – z od onih koje izazivaju valjanje– φ i galopiranje– θ (videti blok «Raspredanje» definisan na slici 2). Na osnovu generalisanih sila $F_z=QE[1]$, $F_\varphi=QE[2]$ i $F_\theta=QE[3]$ (izraz 12), uz pomete generalisane koordinate možemo napisati relacije koje dovode u vezu rezultujuće signale f_z , f_φ i f_θ sa delovima signala upravljanja silama u amortizerima f_{pl} , f_{pd} , f_{zl} , f_{zd} u obliku:

$$\begin{bmatrix} f_z \\ f_\varphi \\ f_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -c\varphi c\theta & -c\varphi c\theta & -c\varphi c\theta & -c\varphi c\theta \\ s_1 c\varphi c\theta & -s_1 c\varphi c\theta & s_2 c\varphi c\theta & -s_2 c\varphi c\theta \\ ac\theta - s_1 s\varphi s\theta & ac\theta + s_1 s\varphi s\theta & -bc\theta - s_2 s\varphi s\theta & -bc\theta + s_2 s\varphi s\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{pl} \\ f_{pd} \\ f_{zl} \\ f_{zd} \end{bmatrix} \quad (15)$$

gde su radi lakšeg pisanja uvedene skraćenice $s(.)=\sin(.)$ i $c(.)=\cos(.)$, a dimenzije matrice su 4×3 .

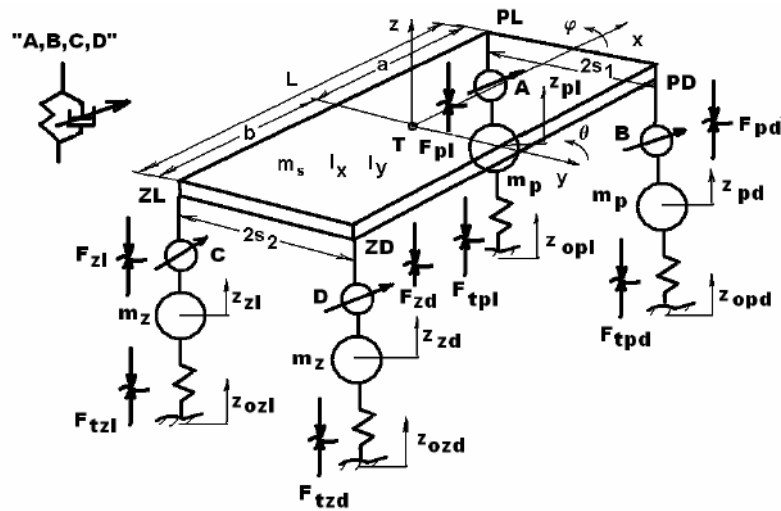
Pri tome treba naglasiti da u izrazu (15) figurišu samo sile u amortizerima, jer se njihovi parametri kontrolišu, dok su parametri opruga fiksne veličine.

Izraz (15) možemo napisati i sažetije, u matričnom obliku:

$$F = AF_F \quad (16)$$

odakle sledi:

$$F_F = A^{-1}F \quad (17)$$



Slika 1 – Oscilatorni model vozila
Figure 1 – The oscillatory model of the vehicle

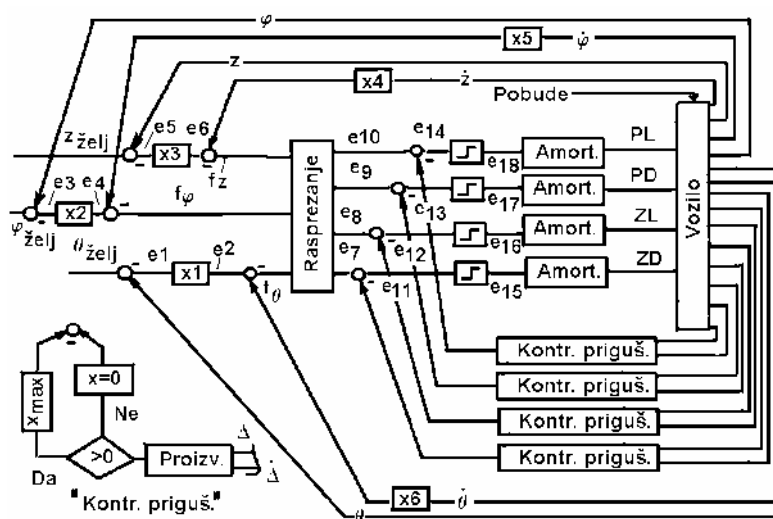
Iz linearne algebre poznat je postupak izračunavanja pseudoinverzne matrice A^{-1}

$$A^{-1} = A^T (AA^T)^{-1} \quad (18)$$

gde je A^T transponovana matrica matrice A. Imajući u vidu složenost matrice A (izraz 14), pseudoinverzna matrica izračunata je uz korišćenje programa Mathematica (<http://www.wolfram.com>, nd), tako da je dobijena relacija:

$$\begin{bmatrix} f_{pl} \\ f_{pd} \\ f_{zl} \\ f_{zd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{b}{Lc\varphi c\theta} & \frac{(s_1^2 + s_2^2)s\varphi s\theta + s_1 Lc\theta}{2L(s_1^2 + s_2^2)c\varphi c^2\theta} & \frac{1}{2Lc\theta} \\ -\frac{b}{Lc\varphi c\theta} & \frac{(s_1^2 + s_2^2)s\varphi s\theta - s_1 Lc\theta}{2L(s_1^2 + s_2^2)c\varphi c^2\theta} & \frac{1}{2Lc\theta} \\ \frac{a}{Lc\varphi c\theta} & -\frac{(s_1^2 + s_2^2)s\varphi s\theta - s_2 Lc\theta}{2L(s_1^2 + s_2^2)c\varphi c^2\theta} & -\frac{1}{2Lc\theta} \\ \frac{a}{Lc\varphi c\theta} & -\frac{(s_1^2 + s_2^2)s\varphi s\theta + s_2 Lc\theta}{2L(s_1^2 + s_2^2)c\varphi c^2\theta} & -\frac{1}{2Lc\theta} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_z \\ f_\varphi \\ f_\theta \end{bmatrix} \quad (19)$$

gde f_{zd} , f_{zl} , f_{pd} i f_{pl} (e7, e8, e9 i e10) predstavljaju delove upravljačkih signala sila u amortizerima.



Slika 2 – Blok-dijagram posmatranog poluaktivnog sistema oslanjanja
Figure 2 – Block sheme of the semi-active suspension system

Na osnovu usvojenog koncepta upravljanja sila u amortizerima i slike 2. mogu se napisati sledeće relacije:

$$\begin{aligned}
 e1 &= \theta_{\dot{z}elj} - \theta & e7 &= f_{zd} \\
 e2 &= e1x[1] & e8 &= f_{zl} \\
 e3 &= \varphi_{\dot{z}elj} - \varphi & e9 &= f_{pd} \\
 e4 &= e3x[2] & e10 &= f_{pl} \\
 e5 &= z_{\dot{z}elj} - z & e11 &= e7 - x[7] \\
 e6 &= e3x[2] & e12 &= e8 - x[8] \\
 f_{\varphi} &= e2 - x[6]\dot{\varphi} & e13 &= e9 - x[9] \\
 f_{\theta} &= e4 - x[5]\dot{\theta} & e14 &= e10 - x[10] \\
 f_z &= e5 - x[4]\dot{z} & e15 &= step(e11) \\
 & & e16 &= step(e12) \\
 & & e17 &= step(e13) \\
 & & e18 &= step(e14)
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

Ukazuje se na činjenicu da veličine e7–e18 predstavljaju upravljačke veličine za sile na zadnjem desnom, zadnjem levom, prednjem desnom i prednjem levom amortizeru ($f_{azd}, f_{azl}, f_{apd}, f_{apl}$), respektivno (videti sliku 2). U ovom radu su, imajući u vidu usvojeni koncept upravljanja prigušenjem i izraz (2), sile u amortizerima definisane relacijama:

$$\begin{aligned} F_{azd} &= e15 \cdot A_{az} \cdot (\dot{z}_{zd} - \dot{z}_{tzd}) \\ F_{azl} &= e16 \cdot A_{az} \cdot (\dot{z}_{zl} - \dot{z}_{tzl}) \\ F_{apd} &= e17 \cdot A_{ap} \cdot (\dot{z}_{pd} - \dot{z}_{tpd}) \\ F_{apl} &= e18 \cdot A_{ap} \cdot (\dot{z}_{pl} - \dot{z}_{tpl}) \end{aligned} \quad (21)$$

gde smo sa A_{ap} i A_{az} označili maksimalne površine otvora kroz koje struji ulje u prednjim i zadnjim amortizerima.

Imajući u vidu napomene u vezi s korišćenjem preklopnika “uključeno” – “isključeno”, usvojena je zavisnost upravljanja koeficijentom prigušenja u amortizerima oblika:

$$k = \begin{cases} k_{\max} & \forall \dot{z}_s (\dot{z}_s - \dot{z}_{t,s}) > 0 \\ 0 & \forall \dot{z}_s (\dot{z}_s - \dot{z}_{t,s}) \leq 0 \end{cases} \quad (22)$$

$s = pl, pd, zl, zd$

Na osnovu slike 2. očigledno je da veličine e15–e18 imaju vrednosti 0 ili 1, a u zavisnosti od odgovarajućeg proizvoda u izrazu (22).

Nelinearne sile u oprugama koje nisu objekt upravljanja definišu izrazi (Belingardi and Demić, 2009, pp.45-53), (Demić, 1997a), (Demić, 2004), (Demić, 1999, pp.183-211), (Demić, 1994, pp.351-377), (Demić, 1996, pp.22-46), (Demić et al, 2006, pp.145-158), (Demić and Belingardi, 2010, pp.6-17), (Demić and Diligenski, 2012, pp.185-190), (Demić, 1997b, pp.135-146), (Genta, 2003), (Gillespie, 1992), (Miliken and Miliken, 1995), (Rajamani, 2005):

$$\begin{aligned} F_{ozd} &= x[11] \cdot (\Delta_{zd} - z_{zd}) + x[12] \cdot (\Delta_{zd} - z_{zd})^3 \\ F_{ozl} &= x[11] \cdot (\Delta_{zl} - z_{zl}) + x[12] \cdot (\Delta_{zl} - z_{zl})^3 \\ F_{opd} &= x[13] \cdot (\Delta_{pd} - z_{pd}) + x[14] \cdot (\Delta_{pd} - z_{pd})^3 \\ F_{opl} &= x[13] \cdot (\Delta_{pl} - z_{pl}) + x[14] \cdot (\Delta_{pl} - z_{pl})^3 \end{aligned} \quad (23)$$

Radijalne sile u pneumaticima možemo izraziti na osnovu njihovih radijalnih deformacija (Demić, 1997a):

$$F_{t,s} = c_{p1,s} \Delta_s + c_{p2,s} \Delta_s^2 - c_{p2,s} \Delta_s^3 \quad (24)$$

$$s = pl, pd, zl, zd.$$

gde su deformacije pneumatika date izrazima:

$$\Delta_s = z_s - z_{o,s} \quad (25)$$

$$s = pl, pd, zl, zd.$$

Dinamičke procese sistema opisuju spregnute jednačine (8–25). Imajući u vidu njihov karakter, kao i slučajan ili udarni karakter pobude mikro- profila puta, evidentno je da ih moramo rešavati numerički, metodom Runge-Kuta. Numerička integracija izvršena je sa vremenskim korakom od 0,01, s u 4096 tačaka, što je dovelo do pouzdanosti rezultata o oblasti, približno 0,025–50 Hz (Bendat and Piersol, 2000), (Bendat and Piersol, 1980), (Bendat, 1998), a to je zadovoljavajuće sa aspekta oscilatorne udobnosti i ponašanja vozila na putu (Simić, 1988).

Na osnovu slike 1. može se videti da posmatrani model vozila osciluje pod uticajem pobuda mikroneravnina puta na prednjim i zadnjim točkovima.

U literaturi postoji veliki broj podataka o neravninama mikroprofila puta (Barbarić, 1996, pp.699-710), (Demić, 1997a), ali su oni, pretežno, zasnovani na definisanju spektara snage. Ti spektri ne omogućavaju vršenje inverzne Furijeve transformacije, a koja je neophodna pri definisanju vremenskih funkcija pobuđivanja (Demić, 1997a). Zbog toga je u ovom radu prihvaćen postupak definisanja poliharmonijske vremenske funkcije pobude iz (Demić, 1997a), a koji će ukratko biti opisan. Polazni podaci o mikroneravninama puta preuzeti su iz (Demić, 1997a), a prikazani na slici 3.

Pretpostavićemo da funkciju pobude od mikroneravnina puta na levom prednjem točku vozila opisuje relacija:

$$z_{opl}(t) = \sum_1^{NH} A(f) \sin[2\pi ft + \varepsilon(f)] \quad (26)$$

gde su:

- z_{opl} – funkcija pobude od mikroneravnina na prednjem levom točku,
- $A(f)$ – amplitude mikroneravnina puta,
- f – učestanost,
- $\varphi(f)$ – fazni ugao,
- t – vreme,
- NH – željeni broj harmonika.

U ovom radu usvojena je funkcija pobude od 100 harmonika, koja omogućava pobuđivanje u oblasti učestanosti 0,015–35, Hz.

Na osnovu slike 3, možemo napisati:

$$A(f)_{pl} = (A_0 + B_0 f_p) / v \quad (27)$$

gde su:

- A_0 , B_0 – koeficijenti zavisni od vrste putnog pokrivača,
- l – talasna dužina.
- f_p – talasna dužina neravnine ($f_p = 1/l$),
- v – brzina vozila.

U nedostatku podataka za fazne uglove pretpostavićemo ih u obliku (Demić, 1997a):

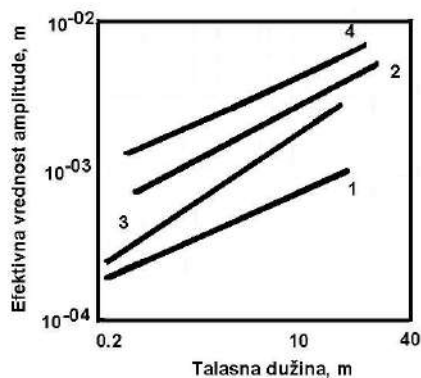
$$\varepsilon(f)_{pl} = 2\pi(RND - 0.5) \quad (28)$$

gde su RND ravnomerno raspoređeni slučajni brojevi u intervalu $\{0, 1\}$.

Funkcija pobude levog zadnjeg točka može se izračunati na osnovu izraza:

$$z_{ozl} = z_{ozl}(t - L / v) \quad (29)$$

gde je $L = a + b$ – osno rastojanje vozila.



Slika 3 – Granične vrednosti puteva (1– savremeni put, 2 – loš betonski put, 3 – reparirani asfaltni put, 4 – gradska ulica u dobrom stanju)

Figure 3 – Limit values of road roughness (1– for modern roads, 2 – for a road with a bad concrete cover, 3 – for a repaired asphalt road and 4 – for a city street in good condition)

Imajući u vidu slučajan karakter izraza (26), kao i (27–29), radi uprošćenja usvojeno je da se i pobuda na desnoj strani vozila može opisati izrazima (26–29).

Parametri analiziranog vozila prikazani su u tabeli 1 (Zastava informacije, 1977–2010).

Tabela 1 – Osnovni podaci o parametrima vozila
Table 1 – Basic data on vehicle parameters

Oslonjena masa, m_s , kg	1500 **
Masa prednjeg točka, m_p , kg	59
Masa zadnjeg točka, m_z , kg	59
Moment inercije, I_x , kgm^2	750 **
Moment inercije, I_y , kgm^2	2160 **
Moment inercije, I_z , kgm^2	2160 **
Oсно растоjanje, L , m	3,1
Položaj težišta, a/b , -	1,4/1,7
*Krutost pneumatika uz linearni član, c_{p1} , N/m	190000
*Krutost pneumatika uz kvadratni član, c_{p2} , N/m ²	1900000
*Krutost pneumatika uz linearni član, c_{p3} , N/m ³	19000000
Željena visina vozila, $z_{\text{želj}}$, m	0,5
Željeno valjanje oslonjene mase, $\varphi_{\text{želj}}$, rad	0
Željeno galopiranje oslonjene mase, $\theta_{\text{želj}}$, rad	0
Karakteristična brzina vozila, v , m/s	30

* Za pneumatike prednjih i zadnjih točkova

** Inercijalni parametri za neopterećeno vozilo pomnoženi su faktorom 0,75

Termičko opterećenje amortizera poluaktivnog sistema oslanjanja

Usled relativnog kretanja oslonjene i neoslonjenih masa vrši se mehanički rad u amortizeru koji je ekvivalentan količini toplote Q , J , (Atkins, 2010), (Mitschke, 1997), (Reisenburg, 1970). Mehanički rad (količinu toplote) definiše izraz (Mitschke, 1997):

$$A_i = \int_0^{s_r} F_{a,i} ds_{r,i} = \int_0^T F_{a,i} v_{r,i} dt \quad (30)$$

gde su:

- $F_{a,i}$ – sila u amortizeru,
- $s_{r,i}$ – relativni put kretanja klipa u odnosu na telo amortizera (izraz 13),
- $v_{r,i}$ – relativna brzina kretanja klipa u odnosu na telo amortizera (izraz 14),

- t – vreme, a
- i – pl, pd, zl, zd.

Snaga koja je potrebna za izazivanje relativnog kretanja klipa amortizera u odnosu na telo data je izrazom:

$$P(t)_i = F_{a,i} v_{r,i} \quad (31)$$

i – pl, pd, zl, zd

Kao što je poznato (Atkins, 2010), (Bojić, 2011), (Ilić i dr, 1996), (Malić, 1972), (Milinčić i dr, 1984), (Moran et al, 2010), (Reisenburg, 1970), (Šelmić, 1986), ova snaga identična je toplotnom protoku (fluksu) prostiranja toplote konvekcijom, a njena srednja vrednost je:

$$P_{sr,i} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t)_i dt \quad (32)$$

i – pl, pd, zl, zd

Odvodjenje najvećeg dela količine toplote na okolni vazduh vrši se konvekcijom (Mitschke, 1997). Formalna zavisnost data je izrazom (Reisenburg, 1970):

$$\overline{P}_i = \alpha_i S_i \Delta t \quad (33)$$

gde su:

- α – koeficijent prelaza toplote,
- S – površina sa koje se toplota odvodi,
- Δt – razlika je temperatura vazduha i spoljašnjosti amortizera,
- i – pl, pd, zl, zd.

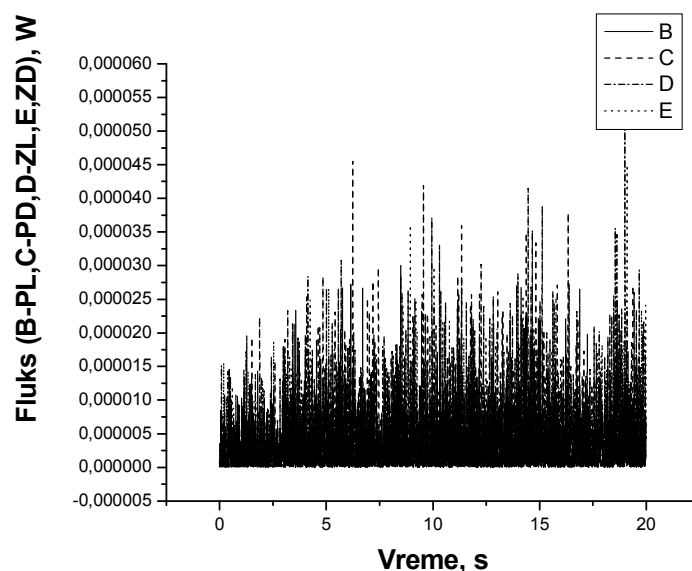
Kao što je već napomenuto, u ovom radu nisu vršene analize odvođenja toplote sa amortizera, jer nisu poznate veličine α_i i S_i , a očigledno je da su neophodna veoma opsežna eksperimentalna istraživanja radi određivanja pomenutih veličina, što će svakako biti predmet posebne pažnje u narednom periodu.

Metod i analiza podataka

Uz korišćenje programa razvijenog u Paskalu, izračunati su parametri toplotnog opterećenja svakog pojedinačnog amortizera. Preciznije rečeno, za svaki amortizer izračunati su snaga (odgovara toplotnom fluksu) i rad (odgovara količini toplote). Ocenjeno je celishodnim da se u analizu

uključuje brzina kretanja vozila (30 i 5, m/s), kao i opterećenost vozila (100%, 75%), a pri simulaciji su korišćeni izrazi (9–33).

Radi ilustracije, toplotni fluks za brzinu kretanja vozila od 30 m/s i potpuno opterećeno vozilo prikazan je na slici 4. Analizom podataka o toplotnom fluksu, čiji je ilustrativan primer prikazan na slici 4, može se uočiti da termički procesi u amortizerima poluaktivnog sistema za oslanjanje, pri kretanju vozila po putu sa stohastičkim parametrima mikroprofila puta, predstavljaju stohastičke procese. Pri tome, brzina kretanja vozila i opterećenje vozila utiču na termički fluks. Takođe, postoji i uticaj položaja amortizera u odnosu na težište vozila, što je i razumljivo ako se imaju u vidu oscilatorni procesi vozila i njegovih sistema, izraz (14).



Slika 4 – Toplotni fluks za brzinu vozila od 30 m/s i potpuno opterećeno vozilo
Figure 4 – Heat flux for a speed of 30, m/s and a fully loaded vehicle

Kako je termički fluks slučajna veličina, ocenjeno je celishodnim da se izračunaju srednje snage – fluksevi (Bendat and Piersol, 1980), (Bendat and Piersol, 2000), (Bendat, 1998) za svaki amortizer posebno, a podaci su dati u tabeli 2.

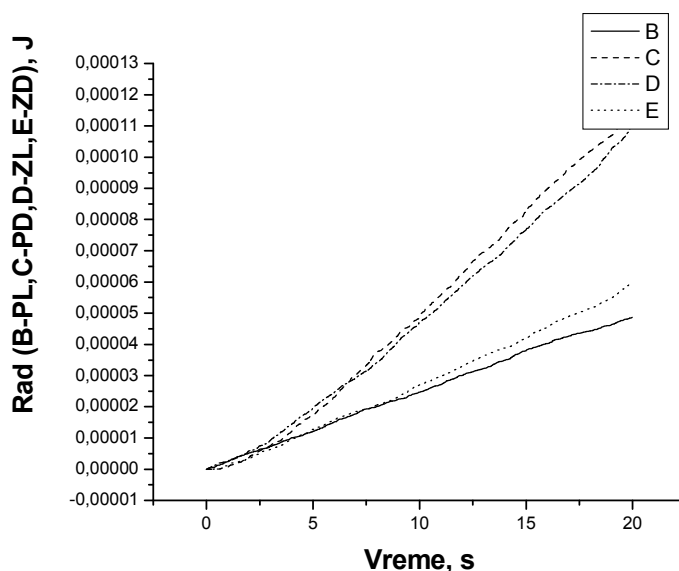
Analizom podataka iz tabele 2. može se utvrditi da termički fluksevi svih amortizera opadaju sa porastom brzine kretanja vozila, a što je logično imajući u vidu da su funkcije pobude od mikroprofila puta manje pri većim brzinama (izraz 27).

Takođe, iz tabele 2 može se videti da toplotni fluksevi opadaju sa smanjenjem opterećenja vozila (inercijalnih parametara).

Tabela 2 – Srednji toplotni fluks za vreme kretanja od 20 s
Table 2 – Medium heat flux for a movement of 20,s

Srednji fluks, W	Prednji levi amortizer	Prednji desni amortizer	Zadnji levi amortizer	Zadnji desni amortizer
Brzina 30 m/s, masa 100%	2.330434E-006	5.569178E-006	5.358273E-006	2.944404E-006
Brzina 5 m/s, masa 100%	2.435122E-006	5.673833E-006	5.477176E-006	2.968751E-006
Masa 75%, brzina 5 m/s	2.431798E-006	4.518553E-006	4.263119E-006	2.748116E-006

Radi ilustracije, na slici 5 prikazan je rad koji se pretvara u količinu toplote u amortizerima poluaktivnog sistema za oslanjanje, za brzinu kretanja vozila od 5 m/s.

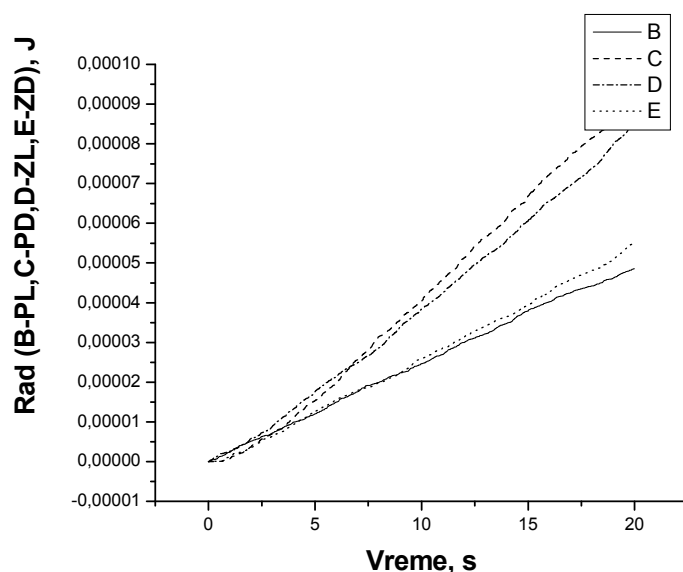


Slika 5 – Mehanički rad (količina toplote) u amortizerima pri brzini kretanja vozila od 5 m/s pri potpuno opterećenom vozilu

Figure 5 – Mechanical work (the heat amount) in shock absorbers for a speed of 5, m/s and a fully loaded vehicle

Analizom podataka o količini toplote za brzine kretanja od 5 i 30 m/s, čiji je ilustrativan primer za brzinu od 5 m/s prikazan na slici 5, može se utvrditi da produkcija količine toplote raste sa pređenim putem (vremenom) i da je veća za manje brzine kretanja vozila, što je u skladu sa tumačenjem toplotnog fluksa, čiji je to integral.

Da bi se utvrdio uticaj opterećenja vozila na količinu toplote koja se oslobađa u amortizerima poluaktivnog sistema vozila, posmatraće se ilustrativan primer sa slike 6. Naime, na toj slici prikazan je mehanički rad (pretvara se u toplotu) koji se vrši u amortizerima delimično opterećenog vozila (75%) pri kretanju brzinom od 5 m/s.



Slika 6 – Mehanički rad (količina toplote) u amortizerima delimično opterećenog vozila pri njegovom kretanju brzinom od 5, m/s

Figure 6 – Mechanical work (heat amount) in shock absorbers for a partially loaded vehicle and a speed of 5, m/s

Na osnovu podataka sa slika 5. i 6. može se utvrditi da smanjeno opterećenje vozila dovodi do manjeg termičkog opterećenja amortizera vozila, što je u skladu sa toplotnim fluksom.

Zaključak

Na osnovu izvršenih istraživanja može se zaključiti:

1. Korišćenjem modela vozila sa poluaktivnim sistemom za oslanjanje može se izračunati termičko opterećenje njegovih amortizera,
2. Sa porastom brzine kretanja vozila pri njegovom kretanju po putu istovetnih karakteristika opada produkcija toplote u amortizerima.
3. Sa porastom opterećenja vozila raste produkcija toplote u amortizerima.

Literatura

- Atkins, P. 2010. *The Laws of Thermodynamics (A Very Short Introduction)*. Oxford: Oxford University Press.
- Barbarić, Ž. 1996. Uprošćeni matematički model za formiranje slike terena optoelektronskim senzorima. *Vojnotehnički glasnik*, Vol. 44. No. 6, str. 699-710.
- Belingardi, G., & Demić, M. 2009. A possible model for shock absorber by using the "Black box" method. *Istraživanja i projektovanja za privredu*, 7(4), str. 45-53.
- Bendat, J., & Piersol, A. 1980. *Engineering applications of correlation and spectral analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Bendat, J. 1998. *Nonlinear Systems - Techniques and Applications*. London: John Wiley and Sons.
- Bendat, J., & Piersol, A. 2000. *Random data analysis and measurement*. London: John Wiley and Sons.
- Bojić, M. 2011. *Termodinamika*. Kragujevac: Mašinski fakultet u Kragujevcu.
- Demić, M. 1994. Optimization of Vehicles Elasto-Damping Elements Characteristics from the Aspect of Ride Comfort. *Vehicle System Dynamics*, 23(1), pp. 351-377. doi:10.1080/00423119408969066
- Demić, M. 1996. Optimization of Characteristics of Elasto-Damping Elements from the Aspect of Oscillatory Comfort and Vehicle Handling. *Int. J. Vehicle Design*, 17(1), pp. 22-46.
- Demić, M. 1997a. *Optimizacija oscilatornih sistema motornih vozila*. Kragujevac: Mašinski fakultet u Kragujevcu.
- Demić, M. 1997b. Prilog utvrđivanju pouzdanosti nove metode za identifikaciju oscilatornih parametara motornih vozila. *Vojnotehnički glasnik*, Vol. 45, No. 2. str. 135–146.
- Demić, M. 1999. The Definition of the Tires Limit of Admissible Nonuniformity by Using the Vehicle Vibratory Model. *Vehicle System Dynamics*, 31(3), pp. 183-211. doi:10.1076/vesd.31.3.183.2012
- Demić, M. 2004. *Projektovanje putničkih automobila*. Kragujevac: Mašinski fakultet u Kragujevcu.
- Demić, M., Diligenski, Đ., Demić, I., & Demić, M. 2006. A method of vehicle active suspension design. *Forsch. Ingenieurwes*, 70(5), pp. 145-158. doi:10.1007/s10010-06-0025
- Demić, M., & Belingardi, G. 2010. A Contribution to shock absorber modeling and Analysis of their Influence on Vehicle ride Characteristics. *Journal of Middle European Construction and Design of Cars (MECCA)*, 01, pp. 6-17.
- Demić, M., & Diligenski, Đ. 2012. A Contribution to Research of Degradation of Characteristics of Vibration Parameters on Vibration Aspekt of Vehicle Comfort. *Journal of Applied Engineering Science*, 10(4), pp. 185-190.
- Doule, J., & and other, 1990. *Feedback Control Theory*. Macmillan Publishing Co.
- Dorf, R., & Bishop, R. 2004. *Modern Control Systems*. Prentice Hall.
- Fermi, E. 2011. *Thermodynamics*. Dover Books on Physics.

- Florin, M., & and other, 2004. U: CONAT2004, Brashov, pp. 20-22 CO-NAT200418.
- Genta, A. 2003. *Motor Vehicle Dynamics: Modeling and Simulation*. World Scientific Publishing.
- Gillespie, T. 1992. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. SAE International.
- Hac, A., & and other, 1999. Elimination of Limit Cycles Due to Signal Estimation in Semi-active Suspensions. U: Steering and Suspension Technology Symposium 1999, Detroit, Michigan, pp. 1-7
- Hrovat, D., & Hubbard, M. 1982. Optimum Vehicle Suspensions Minimizing RMS Rattlespace, Sprung mass Acceleration and Jerk. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 103(3), pp. 228-236.
- Ilić, G., & i dr., 1996. *Termodinamika II - osnove prostiranja toplote*. Niš: Mašinski fakultet u Nišu.
- Malić, D. 1972. *Termodinamika i termotehnika*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Margolis, D.L. 1983. Semi-Active Control of Wheel Hop in Ground Vehicles. *Vehicle System Dynamics*, 12(6), pp. 317-330. doi:10.1080/00423118308968760
- Marić, M. 2002. *Nauka o toploti: Termodinamika, prenos toplote, sagorevanje*. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- Merrit, H. 1967. *Hydraulic Control Systems*. New York, London, Sydney: John Willey & sons, Inc.
- Miliken, W.F., & Miliken, D.L. 1995. *Race Car Vehicle Dynamics*. Warrendale: SAE.
- Milinčić, D., & i dr., 1984. *Problemi iz prostiranja toplote*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Milinčić, D., & Voronjec, D. 1991. *Termodinamika*. Beograd: Mašinski fakultet u Beogradu.
- Mitschke, M. 1997. *Kraftfahrzeugkonstruktion, Teil D*. Forlesung: TU Braunschweig.
- Mohd Sh., at all., 2008. Experimental heat transfer study on the shock absorber operation. U: International Conference on Science & Technology: Applications in Industry & Education, Penang Malaysia, pp. 759-765
- Moran, M.J., & at all., 2010. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. John Wiley & Sons.
- NEWEUL, *Manual* 2000. TU Stuttgart.
- Nell, S., & Steyn, J.L. 1998. An alternative control strategy for semi-active dampers on off road vehicles. *Journal of Terramechanics*, 35(1), pp. 25-40. doi:10.1016/S0022-4898(98)00010-X
- Popović, V. 2001. *Projektovanje i simulacija sistema aktivnog oslanjanja*. Beograd: Mašinski fakultet u Beogradu.
- Rajamani, R. 2006. *Vehicle Dynamics and Control*. Springer Verlag GmbH.
- Riesenburg, O. 1970. *Beitrag zur Klärung der Vorgänge in einem hydraulischen Schwingungsdämpfer*. TU Braunschweig.

- Schlelen, W. 1986. Modeling and Analysis of Nonlinear Multibody Systems. *Vehicle System Dynamics*, 15(5), pp. 271-288. doi:10.1080/00423118608968856
- Silani, E. 2004. *Active and semiactive suspensions control strategies in road vehicles*. Politecnico di Milano, Dipartimento di elettronica e informazione.
- Simić, D. 1988. *Dinamika motornih vozila*. Beograd: Naučna knjiga.
- Slaski, G., & Walerjanczyk, W. Possibilities of improving active safety by using semi-active suspension. U: KONMOT, Krakov. pp. 597-604
- Šelmić, P. 1986. *Tehnička termodinamika*. Beograd: Naučna knjiga.
- Tomović, R., & i dr., 1974. *Uvod u nelinearne sisteme automatskog upravljanja*. Beograd: Naučna knjiga.
- Yoshimura, T., & Watanabe, K. 2003. Active suspension of a full car model using fuzzy reasoning based on single input rule modules with dynamic absorbers. *Int. J. of Vehicle Design*, 31(1), pp. 22-40.
- Zastava informacije 1977-2010
- Wolfram Research: *Mathematica* 5.2., Preuzeto sa <http://www.wolfram.com>

A CONTRIBUTION TO THE INVESTIGATION OF THE HEAT LOAD OF SHOCK ABSORBERS OF SEMI-ACTIVE SUSPENSIONS IN MOTOR VEHICLES

FIELD: Motor Vehicles

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Summary:

Dynamic simulation, based on modeling, has a significant role during the process of vehicle development. It is especially important in the first stages of vehicle design, when relevant vehicle parameters are to be defined. Shock absorbers as executive parts of vehicle semi-active suspension systems suffer thermal loads, which may result in damage and degradation of their characteristics. Therefore, this paper shows an attempt to analyze converting of mechanical work into heat by using the dynamic simulation method.

Introduction

Shock absorbers are integral elements of semi-active suspension systems for vehicles (hereinafter SASS). They directly affect the active vehicle safety. The role of shock absorbers is to absorb mechanical vibrations transferred from the road and to ensure the safety of passengers in a vehicle.

The kinetic energy of vehicle vibrations transforms into mechanical work or heat in shock absorbers. In practice, in the first stage of vehicle development, the shock absorber parameters are

chosen from the condition of damping vibrations of vehicles, but their thermal shock loads should be also taken into account.

Motor vehicles have complex dynamic characteristics manifested by spatial movement, parameters change during operation, a number of disturbing influences, backlash, friction, hysteresis, etc. The above-mentioned dynamic phenomena, especially vibration, lead to fatigue of driver and users, reduce the life of the vehicle and its systems, etc. The main objective of the system is to reduce the reliance of the above-mentioned negative effects, improving the vehicle behavior on the road and allow the exploitation of vehicles in a wide range of service conditions. Classical systems cannot satisfy these conditions, so there was a need to introduce new suspension systems with controlled characteristics (briefly called "semi-active", or "active" systems).

Oscillatory model of vehicle

The differential equations of vibratory motion of the given vehicle model have been written using the "NEWEUL." software package. The data input has been done in accordance with the program requirements, and 24 coordinate systems (including inertial- $O_1I_2I_3$ global coordinate system) have been used to define the dynamic vehicle model with seven degrees of freedom.

Thermal load on the shock absorbers of the semi-active suspension system

Due to the relative motion between sprung and unsprung masses, mechanical work in the absorbers is equivalent to the amount of heat Q , J . As the heat flux is of a random size, it was assessed as appropriate to calculate the average power (flux) for each buffer separately, and the data are given in Table 1

Table 1 – Medium heat flux during a movement of 20, s

Medium flux, W	Front left absorber	Front right absorber	Rear left absorber	Rear right absorber
Speed 30, m/s, Mass 100%	2.330434E-006	5.569178E-006	5.358273E-006	2.944404E-006
Speed 5, m/s Mass 100%	2.435122E-006	5.673833E-006	5.477176E-006	2.968751E-006
Mass 75%, Speed 5, m/s	2.431798E-006	4.518553E-006	4.263119E-006	2.748116E-006

For illustration, Fig. 1 shows the work converted to heat amount in the shock absorbers of the semi-active suspension system, for a vehicle speed of 5 m/s.

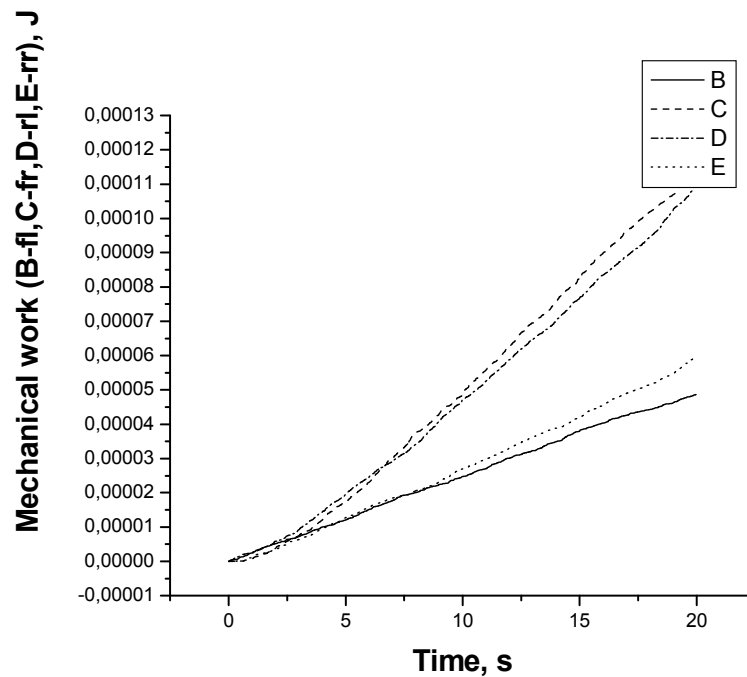


Figure 1 – Mechanical work (heat amount) in shock absorbers for a speed of vehicle 5, m/s and a fully-loaded vehicle

The analysis of the heat amount data for a speed of 5 and 30, m/s, for an illustrative example of a speed of 5, m / s , given in Fig. 1 shows that the amount of heat production increases with the covered distance (time). If the vehicle speed increases, the amount of heat decreases.

The example in Fig. 2 shows the effect of the vehicle load on the heat amount generated in the semi-active suspension system absorbers. Namely, the figure shows mechanical work (converted into heat) in the shock absorbers of a partially loaded vehicle (75%) while moving at a speed of 5, m / s.

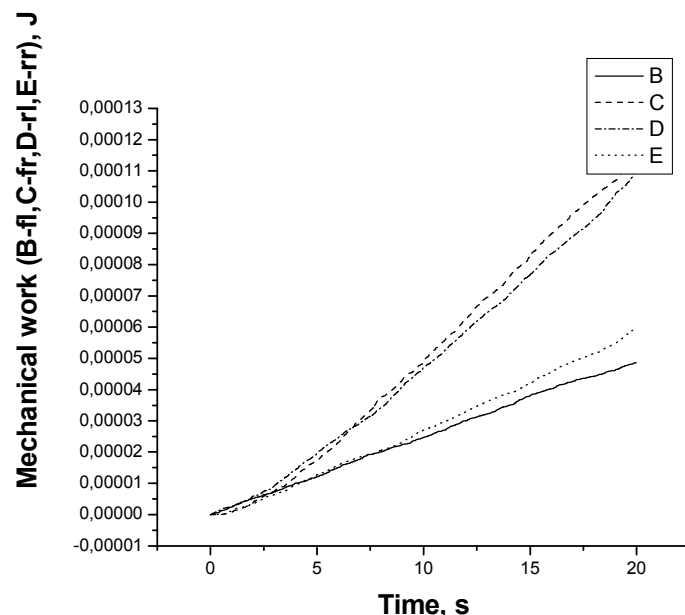


Figure 2 – Mechanical work (heat amount) of the shock absorbers in a partially loaded vehicle at a speed of 5, m/s

It can be determined that the reduced load on a vehicle leads to reduced thermal shock loading of vehicles, which is in accordance with heat flux.

Conclusion

Based on the study, the following can be concluded:

- *Models of vehicles with semi-active suspension systems can be used for calculating thermal load on the suspension,*
- *speed increase during vehicle movement along the path of identical properties, decreases the production of heat in shock absorbers, and*
- *increase in load of the vehicle leads to the increase in the production of heat in shock absorbers.*

Key words: Vehicle, Semi-active suspension system, Shock Absorber, Thermal load of shock absorbers

Datum prijema članka/Paper received on: 13. 03. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 04. 04. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 06. 04. 2013.

PRODUCTION OF 415-TON INGOTS FOR BACKUP ROLLS IN THE CONDITIONS OF PJSC “ENERGOMASHSPETSSTAL”

Maxim Victorovich Efimov ^a

Anatoliy Danilovich Ryabtsev ^b

Olexandr Andreevich Selyutin ^a

Oleksandr Anatolievich Troyanskyy ^b

Pavel Michaylovich Yavtushenko ^a

Volodymyr Victorovich Pashynskyi ^b

^a PJSC «Energomashspetsstal», Kramatorsk, 84306, Ukraine

^b State High Educational Institution «Donetsk National
Technical University», Donetsk, 83001, Ukraine

DOI: 10.5937/vojtehg61-3873

FIELD: Chemical Technology

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Abstract:

The paper gives the results of work on melting, pouring, forging and heat treatment of 415-ton 45H3M1F steel ingots as semiproducts for manufacturing large backup rolls at the request of «Severstal» Company.

For the production of rollers, a new grade of steel based on 0.45%C and 3%Cr, additionally alloyed by Mo and V, was developed in PJSC «Energomashspetsstal» and applied in industry. Steel of bainite class provides the best combination of strength and plasticity properties.

Metal was prepared by melting 7 heats in arc steel-melting furnaces with the capacity of 100 and 50 tons with subsequent out-of-furnace treatment on ladle – furnace and ladle – degassing units. The pouring of steel was carried out from four steel-pouring ladles into a vertical mould under vacuum through a tundish ladle with the protection of stream by argon. The forging of ingots was conducted on the automated 150MN forging system. The obtained billets were exposed to primary heat treatment which consisted of heating for recrystallization, isothermal soaking, in order to provide the removal of residual stresses, additional dehydrogenization to give the material lower hardness and controlled cooling for the prevention of snowflake formation. Heating of ingots for forging and preliminary heat treatment was carried out in heat treatment furnaces with the carrying capacity of up to 500 tons. For the heat treatment of the backup roll, a horizontal sprayer unit was applied. The too-

Efimov, M. V., i dr., Production of 415-ton ingots for backup rolls in the conditions of PJSC «Energomashspetsstal», pp. 51–62

ling of the backup roll was executed on a lathe with one pace-plate and the final mechanical treatment was conducted on the machine-tool of Hercules NWD 1500×18000 CNC. Finished products with 225-ton mass of the following dimensions: a barrel with a diameter and a length of 2,360 mm and 4,800 mm, respectively, at a general length of 10,650 mm were obtained.

Key words: ingot; 415 ton; technology; melting; pouring; casting; rollers; non-metallic inclusions.

Introduction

Currently, one of the conditions of the stable development of energy is providing its new units, based on large-size products, with high reliability in operation. Therefore, modern power engineering requires more quality for original ingots (forgings) for these products. It is only possible to guarantee the high quality of forgings in the absence of metallurgical defects in the initial forging ingot. To do this, it is necessary to get pure on harmful impurities steel with dispersed and uniformly distributed non-metallic phases. The quality of parts, a complete resource of service characteristics, is formed during melting and casting. This may be provided by the application of modern metallurgical engineering and technology.

This approach is realized in the effort to provide a high level of metallurgical warranties of an ingot in one process module, the choice of the aggregate structure, which is universal. This approach to the production is implemented in the electric shop of PJSC «Energomashspetsstal» (PJSC "EMSS") during the melting of different grades of steel poured into large ingots weighing up to 415 tons for the production of turbine shafts, rolls for rolling mills and other large products (Jürgen, 2012), (Efimov, Eldarkhanov, 1998, p.359), (Dub, 1999, pp.22-30).

To implement this approach, it was necessary to transform the production of large steel ingots into a modern technological system in PJSC "EMSS" by gradual replacement of outdated equipment and the introduction of advanced technologies.

Before the start of reconstruction, the equipment list, the actual wear and space planning solutions of the electric steelmaking facility PJSC "EMSS", did not correspond to modern requirements, namely:

- classic technology of steel production could not provide the required level of steel product quality, as well as resource and energy savings;
- low productivity electric arc furnaces (EAF) of outdated design had physical wear of mechanical and electrical parts which was close to critical;

- absence of facilities for a complex ladle treatment of metal hampered the prospect of raising the quality of steel.

Therefore, the modern multifunctional modular production scheme was taken as the basis for technical modernization of PJSC "EMSS", which is based on the application of integrated production units, allowing in sequence heating, refining, deoxidizing, alloying the steel in the ladle. These units include (Fig.1):

- melting of carbon or alloyed semi-product in EAF-50t and EAF-100t electric arc furnaces,, including the melting of charge materials, metal dephosphorization and its heating to a temperature of pouring;
- slag-free pouring of semi-product into the pouring ladle with filling to the last one de-oxidants and slag materials (if necessary, fulfillment of the operations of alloying metal is possible) in a combination with steel steering by inert gas by blowing elements mounted in the bottom of the ladle;
- secondary treatment technology in the ladle furnace, comprising:
 - arc heating of melt in the ladle in order to compensate for the loss of heat during processing of the melt at the atmospheric pressure and under vacuum;
 - a continuous steering of the melt during all process steps of the secondary treatment in order to equalize the steel temperature and intensify the mass transfer processes during desulfurization, diffusion and sediment reduction, alloying and degassing;
 - injection under the slag of powder materials in a stream of gas through uncooled expended lance to adjust the carbon content;
 - in-metal feeding of reagents in the form of a powder wire with a wire feeder for deep steel deoxidation and modification of non-metallic inclusions;
- vacuum processing of deoxidized metal under the refining slag in a chamber-type degasser, with the possibility of additional alloying and adjusting the chemical composition (about 60% of the steel subjected to evacuation to reduce the hydrogen content of less than 1.5-2.0 ppm and 30% - to decrease the content of non-metallic inclusions);
- vacuum oxygen decarburization;
- pouring of steel into molds (including under the vacuum in the vacuum chamber) to obtain the required quality of surface and internal structure of a large ingot while reducing the consumption of the metal as well as to achieve economies of molds, pallets and refractories;
- large ingot solidification and its cooling in the mold, stripping of ingot and transportation for later processing;
- forging of ingots at the forging press;
- machining on lathes.

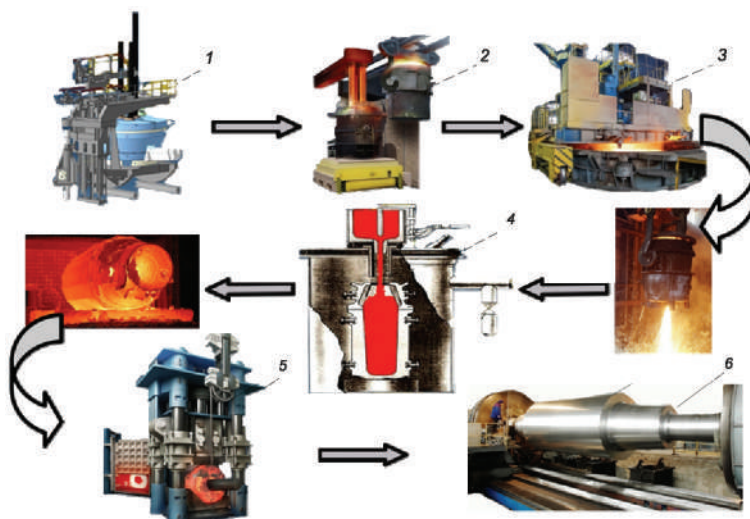


Fig. 1 – Scheme of technological manufacturing of a roll for a rolling mill from a forging ingot with a mass of 415 tons : 1 – electric arc furnace (EAF), 2 – ladle-furnace unit (LFU), 3 – degasser, 4 – vacuum pouring of ingot, 5 – forging press, 6 – roll for the rolling mill
 Slika 1 – Šema tehnologije proizvodnje valjka za valjaonicu od ingota mase 415 tona:
 1 – elektrolučna peč (EAF), 2- peč s livnim kazanom (LFU), 3 –mašina za dezoksidizaciju
 4 – vakuumsko ulivanje ingota, 5 – kovačka presa, 6 – valjak za valjaonicu

The first stage of the reconstruction has increased the level of quality of large ingots in accordance with international standards due to the commissioning of the secondary metallurgy complex (LFU - Chamber degasser VD / VOD).

The second stage included the construction and commissioning of the modern steel module based on a high-performance EAF-70 for the melting of the liquid semi-product, the ladle – furnace unit LFU and the chamber vacuum degasser. The new EAF replaces the existing melting units and provides an opportunity to work in harmony with two secondary metallurgy complexes.

The technology of production of forging ingots weighing 415 tons

The steel is melted in EAF 50t and EAF 100t electric arc steelmaking furnaces of traditional design, where deep dephosphorization occurs. After the mass fracture of phosphorus becomes not more than 0.004%, oxidizing slag is removed. During tapping, deoxidizing is carried out by aluminum additions and heat insulation slag mixtures are introduced in the ladle. The collection of metal for 415-ton ingot pouring is realized by consequent tapping of heats from the EAF 50t furnace in the tran-

sporting ladle and from the EAF100t - in the main ladle. For pouring a 415-ton ingot, four steel pouring ladles are used where the average weight of metal in a ladle is 120 ton.

The treatment of steel at the ladle-furnace unit is carried out under highly basic deoxidized refining slag in order to achieve deep desulfuration, compensation of heat losses during treatment, correction of chemical composition and providing of overheating of metal before degassing. The composition of the ladle treatment of metal in the electro steelmaking shop includes the ladle furnace and the vacuum vessel chamber.

It is necessary to consider a substantial increase in the residence time of melting in steel ladles. This is for two reasons:

1. Purity of steel for harmful impurities, dispersed and uniformly distributed structure of the non-metallic phase ensures rather long time of ladle treatment. The average duration of the treatment in the LFU is 141 and 88 minutes, and VD - 57 and 47 min, respectively, for the 100 and 50-ton ladles. The average processing time of melting in the aggregates of ladle metallurgy is about 198 and 135 minutes for the 100 and the 50-ton ladles, respectively.

2. Low productivity of arc steelmaking furnaces leads to the increase of storage time for casting of metal ingots weighing more than 100 tons. The average waiting time between the tapping and the start of treatment in the LFU is for the 100 and 50-ton steel ladle 84 and 51 minutes, and between the LFU and VD - 21 and 10 min, respectively. The overall average waiting time is 105 and 61 minutes for the 100 and the 50-ton ladles, respectively.

High velocity of desulfuration is provided by low oxidizing of melt from the first minutes of the treatment (Dyudkin, et al, 2003, p.62). The velocity and the degree of desulfuration of melt increase with the intensity of argon blowing through the aperture plugs (Farouk, et al, 2006, p.19). Parallel to heating and desulfuration of the steel, the correction of alloying elements content is performed. Ferroalloys are added at increasing argon consumption. The maximum portion of ferroalloys is not more than 200 kg. After ferroalloys addition and (if necessary) carburizing, the averaging argon blowing is carried out for a period not less than 5 minutes; after that, a steel probe for chemical composition determination is picked up. The exposure of metal in the ladle from finishing the treatment in the LFU to the beginning of degassing usually does not exceed 30 min.

After obtaining the necessary chemical composition and temperature, the steel pouring ladle with metal transferred for degassing. In order to provide good degassing, the refining slag is partially removed. Metal degassing is realized in two stages. In the first stage, the liquid metal in the ladle is subjected to the treatment in the degassing chamber. In the second phase, the finishing step is to pour metal into the mould placed in the vacuum chamber. The metal composition in the ladles after the vacuum treatment and in the ingot after pouring 45H3M1F steel is shown in Table 1.

Table 1 – Chemical composition of 45H3M1F steel in the ladle after the vacuum treatment and in the ingot after pouring

Tabela 1 – Hemijski sastav čelika 45H3M1F u delu za ulivanje nakon tretmana vakuumom i u ingotu posle ulivanja

Ladles/ Ingot	Main elements content, %													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V	As	Al	Sn	H2, ppm
Ladle № 1	0.47	0.25	0.58	0.009	0.003	3.42	0.18	0.67	0.08	0.13	0.004	0.006	0.004	0.8
Ladle № 2	0.44	0.31	0.64	0.006	0.005	3.35	0.19	0.64	0.08	0.12	0.005	0.004	0.004	1.3
Ladle №3	0.43	0.30	0.60	0.010	0.004	3.49	0.19	0.62	0.09	0.14	0.005	0.0058	0.004	0.5
Ladle № 4	0.37	0.38	0.72	0.012	0.012	3.43	0.14	0.62	0.07	0.12	0.005	0.005	0.005	0.5
Ingot	0.43	0.31	0.64	0.009	0.006	3.42	0.18	0.64	0.08	0.13	0.005	0.006	0.004	0.87

Pouring the metal after the treatment in the degasser is carried out in the vacuum in a special chamber as well. For the casting of 415-ton ingots, a special mould was designed and manufactured. It provides a good formation and crystallization of ingots. Ingot pouring is performed from the top in the vacuum less than 1.5 mBar through the intermediate stopper type ladle with mullite – corundum lining. Corundum barrels of 55 mm in diameter are used with a pouring velocity of, in this case, 7.0 – 7.5 ton/min. The process of pouring is monitored through the special windows in the lid of the vacuum chamber. Casting rigging is heated before the assembling to a temperature above 100 °C. In the bottom plate of the mould, the cast metal insert is mounted. In order to decrease the liquation processes in the ingot, multipouring technology was used. It is based on the principle of different metal composition concerning C and Mo obtaining in different ladles. To decrease the liquation, a low content of such elements as P (0.009%), S (0.005%) and Cu (0.19%) was obtained. After pouring, the top part of the ingot was warm-kept by additions of heat insulating mixtures in a quantity of 2 kg per ton of the ingot.

The crystallization of the steel ingot is the final step in the process of melting and casting, so the parametric data of crystallization is of considerable interest from the scientific and industrial point of view. These settings include the layer crystallization rate, the total time of ingot solidification and porosity. These parameters define the structural framework of the ingot and chemical homogeneity, and accordingly - and overall quality. For large ingots, accurate using of the data obtained in the laboratory or in the field study of ingots by small mass cannot be possible.

Therefore, a mathematical modeling of the crystallization of large ingots was conducted using the software package NovaSolid and NovaFlow (LVMFlow). The simulation allows studying the processes occurring in the metal at the fill out the form, the metal solidification and the emer-

gence of shrinkage defects formation. The evaluation of the quality of ingots in the simulation was conducted by Niyama (KH) criterion (Korotchenko, 2010, pp.43-47), (Berry, 2003).

The simulation results were used in the design of casting molds and for the estimation of the time required for ingot crystallization. After crystallization, during 65 hours of obtaining a surface temperature no lower than 600°C, the ingot (Fig. 2) is transported to the forging-press shop for the subsequent processing.



Fig. 2 – The ingot weighing 415 tons in the heat treatment furnace
Slika 2 – Ingot težine 415 tona u peći za termičku obradu

Forging of ingots was conducted on the automated forging complex by a force of 150MN. The obtained billets were exposed to the primary heat treatment which consisted of heating for recrystallization, isothermal soaking, removal of remaining stresses, additional dehydrogenization, giving to material lower hardness and controlled cooling for the prevention of snowflake formation. Heating of ingots for forging and preliminary heat treatment was carried out in the heat treatment furnaces with a carrying capacity up to 500 ton. For the heat treatment of backup rolls, the horizontal sprayer unit was used. Backup roll tooling was executed on a lathe with one pace-plate and the final mechanical treatment was conducted on the machine-tool of Hercules NWD 1500×18000 CNC. Finished products with 225-ton mass of the following dimensions: a barrel with a diameter and a length of 2,360 mm and 4,800 mm, respectively, at a general length of 10,650 mm, were obtained (Fig. 3).

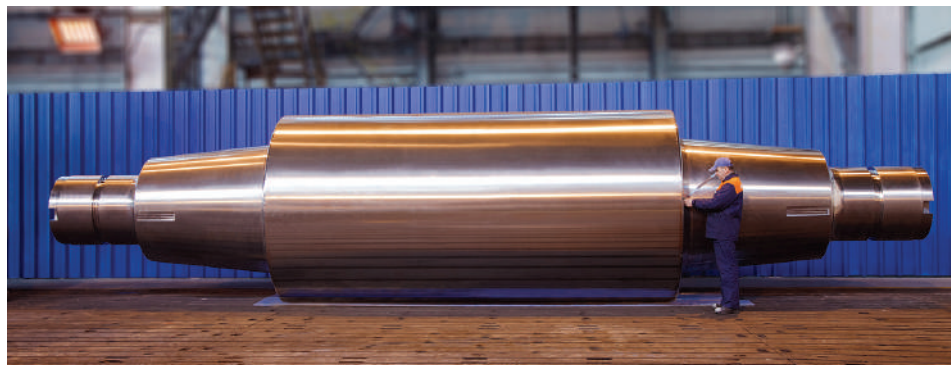


Fig. 3 – The rolling roller weighing 225 tons
Slika 3 – Valjak težine 225 tona

Investigation of non-metallic inclusions in large-mass ingots

One of the important questions of technology is quality inspection. To do this, the laboratory was organized at the plant and all types of research were conducted: from the chemical analysis to non-destructive testing (Efimov, et al, 2012a, pp.3-7), (Efimov, et al, 2012b, p.152).

Taking into account a large size of ingots, three variants of sample selection were used:

- sampling of liquid metal at different steps of liquid metal treatment;
- sampling from specially designed points of ingots or forged semi-products;
- sampling from the points where defects were found by ultrasonic inspection.

For the evaluation of inclusion content, the methods of optical microscopy and SEM microscopy were used. The scanning electron microscope was JSM-6490LV (JEOL, Japan).

Quantitative determination of contamination by non-metallic inclusions was conducted with the use of the "Videotest" software package («Metal 1.2» program module) in the automatic and manual modes.

The preliminary analysis has shown that the average concentration of S and P less than 0.005 – 0.007% and deep deoxidizing provide a very low volume of fraction of inclusion (less than 0.05% by vol.). Typical manganese sulphide of a spherical shape is shown in Fig. 4. Only single sulphides were detected, usually not in every field of view. The average size of such a type of inclusion did not exceed 10 microns.

Another typical inclusion in metal of LMI is complex inclusion which consists of a combination of endogenous manganese sulphide with exogenous slag components (see Fig. 5). The local chemical composition in the points marked in the photos is shown in Table 2.

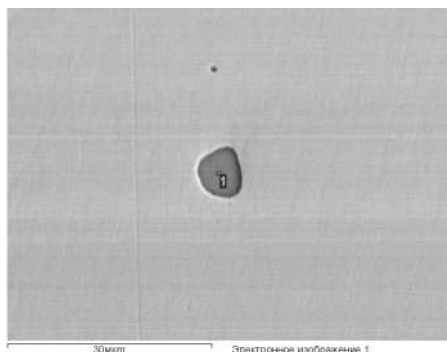


Fig. 4 – The general SEM view of manganese sulphide inclusion (1) in 26NiCrMoV steel

Slika 4 – Opšti izgled uključka mangan sulfida (1) u čeliku 26NiCrMoV dobijen metodom SEM

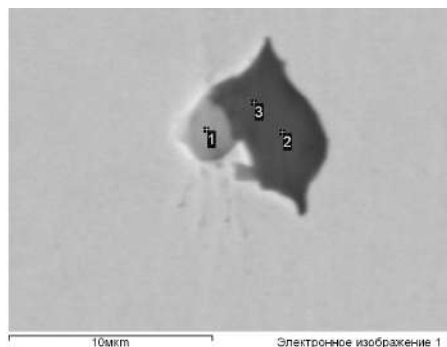


Fig. 5 – The general SEM view of the combined inclusion in 26NiCrMoV steel

Slika 5 – Opšti izgled kombinovanog uključka u čeliku 26NiCrMoV dobijen metodom SEM

Table 2 – Local chemical composition in points of inclusion (Fig. 2) % by weight

Tabela 2 – Hemijski sastav na mestima uključaka (Sl.2) u težinskim procentima

Point	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Mn
1	2.35	0.03	0.98	0.49	26.51	1.65	47.4
2	42.86	0.77	34.45	6.14	0.2	11.43	1.02
3	39.86	0.48	19.28	10.7	0.69	17.52	1.84

As we can see from Table 2, the inclusions in points 2 and 3 consist of oxides of Al, Si and Ca and the shape of the inclusion is typical for a slag droplet. The above-mentioned image is typical for stable technology. At these conditions, the main fracture of inclusions was represented by relatively large inclusions with sporadic locations on micro-, meso-, and macro levels. The formation of such inclusions mostly deals with a sporadic deviation of the manufacturing process. The analysis has shown that most informative results were obtained from the samples selected on the basis of ultrasonic inspection results. They were selected from the points where reflections from defects were found. The statistical analysis has shown that in the practice of PJSC "Energomashspetsstal" this defect is very rarely formed. Another variant is a complex exogenous inclusion formed by products of refractory erosion and their interaction with slag droplets. A typical inclusion is shown in Fig. 6.

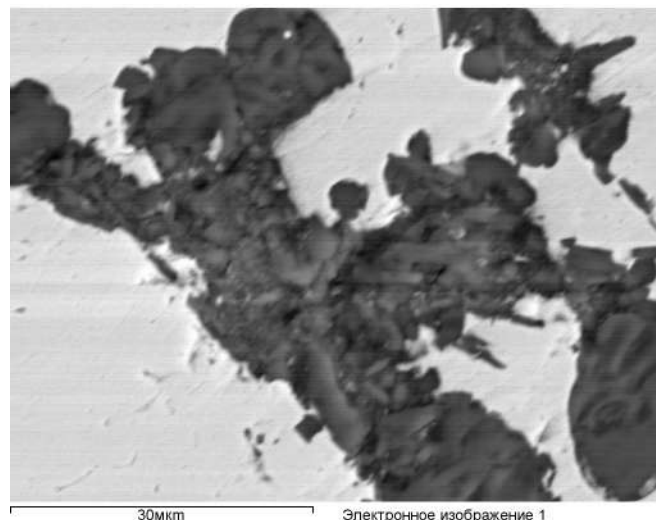


Fig. 6 – SEM image of the exogenous inclusion and the distribution of chemical elements in it

Slika 6 – SEM fotografija egzogenog uključka i distribucija hemijskih elemenata u njemu

This is the exogenous origin of the inclusion. In favour of this assumption, the form of the defects reveals their exogenous nature, namely the areas of irregular shape, filled with conglomerates of particles of different forms and compositions.

Another argument in behalf of the exogenous origin of inclusions is their spatial localization in the volume of the ingot. Endogenous inclusions are more characterised by enriching the axial area of the ingot, while in this case the majority of inclusions are concentrated relatively close to the surface (in the distance 70 – 120 mm). It can probably be related to a large inclusion driving back and getting in the mould from the surface during rapid crystallization of the skin area with subsequent mechanical «fixing» between growing columnar crystals.

Due to the difference in surface tension on the boundary of non-metallic inclusions with metal and slag, their coagulation with slag droplets takes place. But it is very important that, during the investigation, the presence of inclusions formed of pure slag particles has not been found. It means that the technology of tapping and pouring prevents the entering of large portions of slag in metal and only the interaction of slag droplets with the products of refractory erosion causes the formation of slag – inclusion aggregates. Therefore, in order to prevent the formation of such a type of defects, it is necessary to use the refractory with improved properties and increased resistance to the action of molten metal.

Conclusions

1. The analysis showed that the production capacity of PJSC "Energomashspetsstal" after the reconstruction can solve actual scientific and engineering problems and implement modern approaches in production of high-quality large forging ingots for the production of turbine shafts and backup rolls for rolling mills.

2. The developed technology of melting, secondary treatment and casting of large forging ingots provides a high degree of purity of steel on compounds of sulphur and phosphorus and the oxides of aluminium and a mixture of complex oxides of type $(Al, Ca, Mg, Si)_mO_n$ become a basic non-metallic phase in large mass ingots. The most probable source of their appearance is the destruction of the refractory lining of furnaces and ladles; however, it is possible to assume that a part of them is formed in the process of deoxidizing and modifying of melt.

References

- Berry, J.T. 2003. *The effects of Applied Pressure During Feeding on the Fatigue Properties of Critical Cast Aluminum Alloy Components*. Department of Mechanical Engineering Mississippi State University.
- Dub, V.S., Makarychev, E.V., & Markov, I.I. 1999. Large ingot - current state and future. *Electrometallurgy*, 5, pp. 22-30.
- Dyudkin, D.A., Bat, S.Y., & Marintsev, S.N. 2003. *Production of steel at ladle - furnace complex. Donetsk: South-West*. Donetsk: South-West., p. 62.
- Efimov, V.A., & Eldarkhanov, A.S. 1998. *Modern technologies of casting and crystallization of alloys*. Machimebuilding., p. 359.
- Efimov, M.V., Selyutin, A.A., Yavtushenko, P.M., Safonov, V.M., Troyanskyy, A.A., & Ryabtsev, A.D. 2012. Modern technology of large ingots production for energy generation machinebuilding in conditions of JSC "Energomashspetsstal". *Metal and casting of Ukraine*, 9, pp. 3-7.
- Efimov, M.V., Panov, V.V., Kolomoec, A.N., Lobanov, A.I., Pashynskiy, V.V., Snizko, O.A., & Ryabtsev, A.D. 2012. Investigation of non-metallic inclusions in large-mass ingots, produced by PJSC «Energomashspetsstal». In: *Proceeding of the 5th International Congress on the Science and Technology of Steelmaking 2012 "ICS 2012"*, Dresden., p. 152
- Jürgen, A. 2012. Perspectives of ingot casting and forging industry in Europe and Worldwide. In: *Proceeding of the 1st International Conference on Ingot Casting, Rolling and Forging ICRF*, Aachen, Germany., pp. 3-7
- Korotchenko, A.Y. 2010. Criteria of shrinkage porosity formation in ingots. *Casting in Russia*, 4, pp. 43-47.
- Sidikki, F., Kodak, A.V., Kasyan, G.I., Yavtushenko, P.M., & Popik, N.I. 2006. Modernization of out of furnace technology of steel treatment in ESMP JSC "MMZ "Istil (Ukraine)". *Metal and casting of Ukraine*, 1, p. 19.

PROIZVODNJA INGOTA OD 415 TONA ZA NOSEĆI VALJAK U ČELIČANI PJSC «ENERGOMASHSPETSSTAL»

OBLAST: hemijske tehnologije
VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

U radu su prikazani rezultati rada na topljenju, livenju, kovanju i termičkoj obradi ingota mase 415 tona od čelika 45H3M1F, kao poluproizvoda za proizvodnju velikih nosećih valjaka po narudžbini kompanije Severstal.

U čeličani PJSC «Energomashspetsstal» razvijen je i primenjen u industriji novi tip čelika za proizvodnju valjaka, zasnovan na 0,45%C i 3%Cr, i naknadno legiran s Mo i V. Čelik iz klase bainita obezbeđuje najbolju kombinaciju snage i plastičnosti.

Metal je pripremljen topljenjem 7 heats u lučnim pećima za topljenje čelika kapaciteta 100 i 50 tona i naknadno obrađen van peći u mašinama s kazanima za livenje i dezoksidatorima. Čelik se nalivao iz četiri livna kazana u vertikalni kalup pod vakuumom kroz uložno korito, dok je argon korišćen za zaštitu liva. Čelik je kovan na automatskom kovačkom sistemu snage 150 MN. Dobijeni bileti izlagani su primarnoj termičkoj obradi koja se sastojala od rekristalizacije, izotermalnog potapanja, za uklanjanje zaostalih napona, dodatne dehidrogenizacije i obezbeđivanje niže tvrdoće i kontrolisanog hlađenja da bi se sprečilo formiranje pahuljaste strukture. Zagrevanje ingota za kovanje i preliminaru termičku obradu rađeno je u pećima za termičku obradu kapaciteta do 500 tona. Za termičku obradu nosećeg valjka korišćen je horizontalni raspršivač. Mašinska obrada nosećeg valjka rađena je na strugu s jednokoračnom pločom, a finalna mašinska obrada na alatnoj mašini Hercules NWD 1500×18000 CNC. Finalni proizvodi imali su masu od 225 tona i oblik valjka prečnika 2360 mm i dužine 4800 mm pri ukupnoj dužini od 10650 mm.

Ključne reči: ingot, 415 tona, tehnologija, topljenje, nalivanje, livenje, valjci, nemetalni uključci

Paper received on: 09. 05. 2013.

Manuscript corrections submitted on: 13. 05. 2013.

Paper accepted for publishing on: 15. 05. 2013.

PYROTECHNIC ROBOT – COSTRUCTIVE DESIGN AND COMMAND

Ionel A. Staretu, Marius A. Ionescu,
Transilvania University of Brasov, Product Design,
Mechatronics and Medium Department, Brasov, Romania

DOI: 10.5937/vojtechg61-4035

FIELD: Mechanical Engineering
ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Abstract:

Pyrotechnic robots are service robots used to reduce the time for intervention of pyrotechnic troops and to diminish the danger for the operators. Pyrotechnic robots are used to inspect dangerous areas or/and to remove and to destroy explosive or suspicious devices/objects. These robots can be used to make corridors through mined battle fields, for manipulation and neutralization of unexploded ammunition, for inspection of vehicles, trains, airplanes and buildings. For these robots, a good functional activity is determined with regard to work space dimensions, robotic arm kinematics and gripper characteristics. The paper shows the structural, kinematic, static synthesis and analysis as well as the design and functional simulation of the robotic arm and the grippers attached on the pyrotechnic robot designed by the authors.

Key words: *analysis, kinematics, constructive design, CAD simulation.*

Introduction

Pyrotechnic robots are service robots used to reduce the time for intervention of pyrotechnic operators and to diminish the danger for them (www.salvex.com).

Pyrotechnic robots are used to inspect dangerous areas or/and to remove and to destroy explosive devices. These robots can be used to make corridors through mined battle fields, for manipulation and neutralization of unexploded ammunition, for inspection of vehicles, trains, airplanes and buildings. For these robots, a good functional activity is determined with regard to work space dimensions and robotic arm kinematics.

In the paper, the kinematic synthesis and analysis, one command scheme and a functional simulation are shown regarding the robotic arm from the pyrotechnic robot designed by the authors.

Pyrotechnic robots – general aspects

A pyrotechnic robot has three main mechanical components: a mobile platform, a robotic arm (the manipulator) and a gripper (Paun, Constantin, 2002), (Staretu, Daj, 2004, pp.55-58).

The mobile platform can be equipped with wheels or crawlers, the robotic arm is a manipulator with 5 or 6 axes and the gripper is usually a gripping mechanism with jaws or, rarely, an anthropomorphic mechanical gripper, see Fig. 1. and Table 1 (www.salvex.com).

After the comparative structural analysis for more types of pyrotechnic robots (Fig. 2,a,b), for the designed robot we adopted the structural scheme of Fig. 2,c. This structure is formed of a platform with crawlers, a robotic arm and a linkage gripping mechanism with two jaws.

The platform has the degree of freedom $M = 2$ and each crawler is powered by an electric motor.

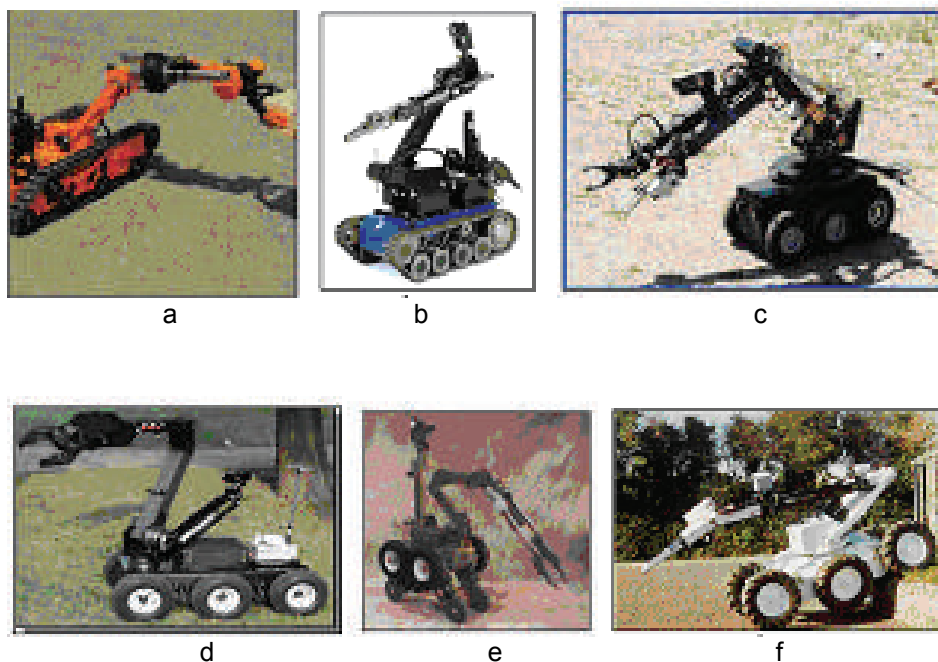


Figure 1 – Main types of pyrotechnic robots
Slika 1 – Glavni tipovi pirotehničkih robota

Main characteristics

Table 1

Glavne karakteristike

Tabela 1

Nr.	Robot	Platform						
		length	width	height	turret	speed	movement	Slope
1.	Vanguard MK1	915 mm	435 mm	405 mm (packed)	+/- 120°	12,33 m/min	crawlers	40°
2.	Teodor	1300 mm	680 mm	405 mm	420°	0-50 m/min	crawlers	35°
3.	MR1	1170 mm	700 mm	950 mm	-	-	Wheels	40° (with crawlers)
4.	Andros	1245 mm	445,5 mm	1118 mm	-	-	crawlers	45°
5.	Hobo	1468 mm	701 mm	881,4 mm	-	50 m/min	wheels	42°

Nr.	Robotic arm		Gripping system	
	vertical	Horizontal	useful weight	stroke
1.	1320 mm	965 mm	8 Kg (extended arm) 16 Kg (contracted arm)	0 - 20 cm
2.	2400 mm	2800 mm	20 Kg (extended arm) 30 Kg (contracted arm)	0 - 30 cm
3.	2650 mm	1850 mm (5150 mm)	15 Kg (at 3,5 m) 122 Kg (at 1 m)	-
4.	-	-	-	-
5.	-	-	-	-

After the structural analysis of the robotic arm, the following conclusion can be formulated: there are 6 outside connections ($L = 6$) and the degree of freedom is 5 ($M = 5$). The gripper has $M = 1$.

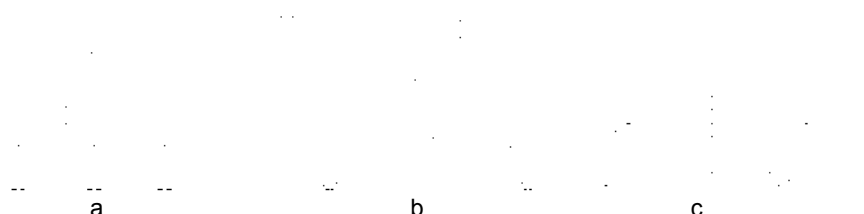


Figure 2 – Structural schemes
Slika 2 – Strukturalne šeme

Designed robot – main characteristics

Structural synthesis of the robotic arm

For the first time, the kinematic synthesis is used to obtain the main dimensions (Fig. 3) for optimum workspace.



Figure 3 – Kinematic scheme: the main dimensions (a) and extrem positions of the robotic arm (b)
Slika 3 – Kinematička šema: glavne dimenzije (a) i krajnji položaji robotičke ruke (b)

Kinematic analysis of the robotic arm

The direct kinematics is used to determine the position of the K characteristic point. In this situation, the movements of the joints are known. The kinematic scheme is shown in Fig. 4

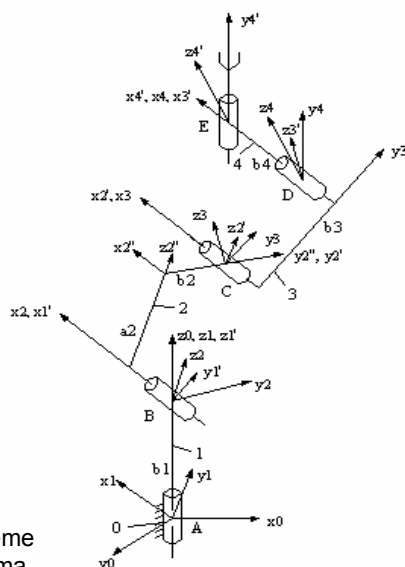


Figure 4 – Kinematic scheme
Slika 4 – Kinematička šema

Regarding this kinematic scheme, the homogeneous rotative and translational matrices have the following form (Dudita, 1989):

$$\begin{aligned}
 R_x &:= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos(x) & -\sin(x) \\ 0 & 0 & \sin(x) & \cos(x) \end{bmatrix}, R_y := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(y) & 0 & \sin(y) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\sin(y) & 0 & \cos(y) \end{bmatrix} \\
 R_z &:= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(z) & -\sin(z) & 0 \\ 0 & \sin(z) & \cos(z) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ x & 1 & 0 & 0 \\ y & 0 & 1 & 0 \\ z & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

With the rotative matrices from the joints and the translational matrices between the joints, the direct model of the finite movements can be obtained as a compound homogeneous operator E06. We used the MAPLE soft for this. For example:

```

E05:=simplify(multiply(E01,E12,E23,E34,E45)) and
E35:=multiply(E34,E45);
    
```

$$E35 := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ b4 & \cos(fi54) & 0 & \sin(fi54) \\ 0 & \sin(fi43)\sin(fi54) & \cos(fi43) & -\sin(fi43)\cos(fi54) \\ 0 & -\cos(fi43)\sin(fi54) & \sin(fi43) & \cos(fi43)\cos(fi54) \end{bmatrix}$$

```

E25:=simplify(multiply(E23,E34,E45));
    
```

```

E15:=simplify(multiply(E12,E23,E34,E45));
    
```

This is verified with numerical values in the following form:

```

L1:=[fi10=Pi/3,fi21=Pi/6,fi32=Pi/3,fi43=Pi/4,fi54=Pi/12];
    
```

$$L1 := \left[fi10 = \frac{1}{3}\pi, fi21 = \frac{1}{6}\pi, fi32 = \frac{1}{3}\pi, fi43 = \frac{1}{4}\pi, fi54 = \frac{1}{12}\pi \right],$$

```

L2:=[b1=100,a2=600,b2=200,b3=500,b4=90];
    
```

$$L2 := [b1 = 100, a2 = 600, b2 = 200, b3 = 500, b4 = 90],$$

$$E05s := \text{evalm}(M_{\text{subs}}(L1, L2, E05));$$

$$E05s := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 154.8076212 & .3244692642 & .6123724358 & .7209158735 \\ 14.54482663 & .9280226547 & -.3535533909 & -.1173624830 \\ 1219.615242 & .1830127019 & .7071067812 & -.6830127020 \end{bmatrix}.$$

The position of the K characteristic point will be: $x = 154.8 \text{ mm}$; $y = 14.544 \text{ mm}$; $z = 1219.61 \text{ mm}$.

Static analysis

Static calculations aim at determining external forces acting on the inner mechanism and forces acting on the kinematic elements. Forces, masses, and centers of gravity of the elements necessary to calculate the time necessary to driving the couplings were determined using the CATIA software (Doc. 1, 2005). Fig. 5 shows two schemes for computing the static momentum for couplings C and B of the robotic arm.

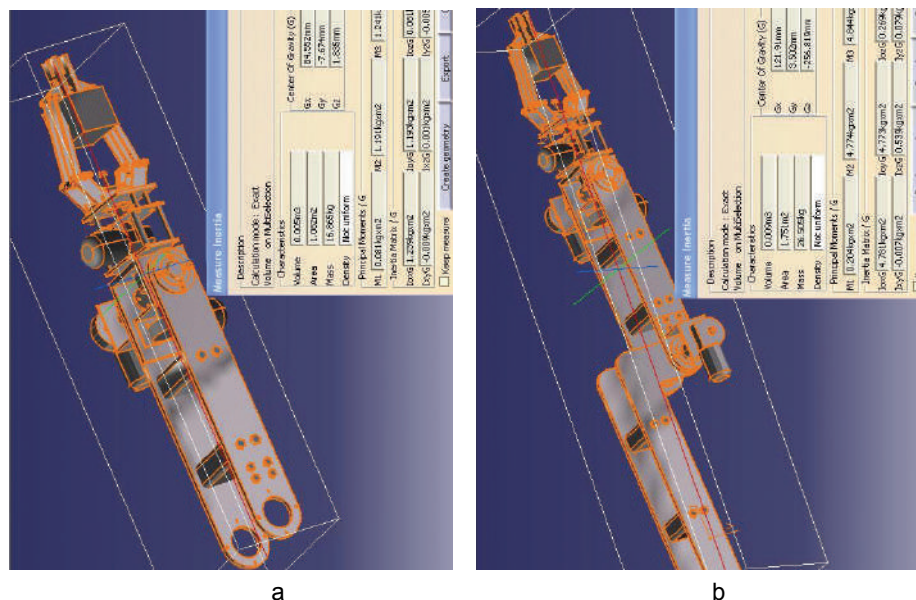


Figure 5 – Computation model for momentum in couplings C(a) and B(b)
Slika 5 – Računarski model za moment sile u spojevima C(a) i B(b)

Constructive design

Based on the results of the kinetic-static analysis, dimension calculations were made (strength calculations) of the component parts (elements) and then we realized the technological project of the robot mechanical parts. The technical drawing of the assembly in some specific positions is shown in Fig. 6.

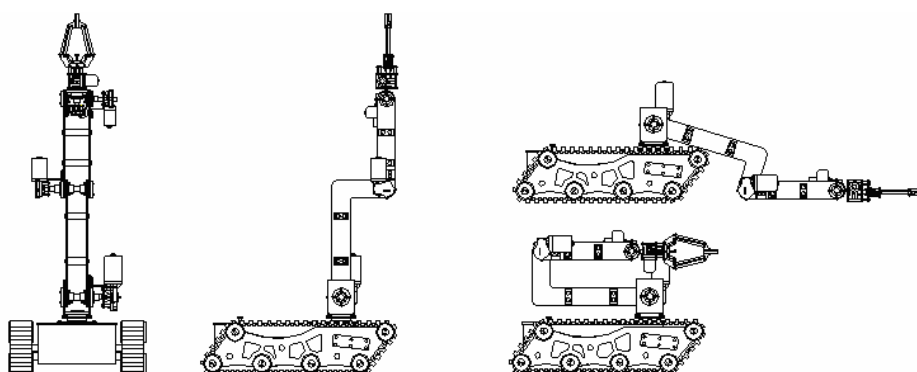


Figure 6 – Technical project of the pyrotechnic robot
Slika 6 – Tehnički projekat pirotehničkog robota

Functional simulation

The kinematic dimensions and the forces between the constructive elements were used for the calculation of strength and then a 3D model was obtained with the CATIA software (Doc.1, 2005). This model was used at a functional simulation for the robotic arm (Fig.7).

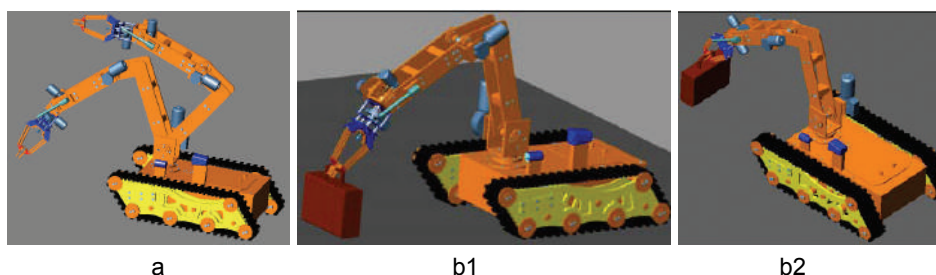


Figure 7 – Functional simulation: without object(a) and with an object(b1,b2)
Slika 7 – Simulacija funkcije: bez objekta (a) i s objektom (b1, b2)

The functional simulation is used to obtain an optimum version of the robotic arm and of the pyrotechnic robot as well.

Command scheme

The general scheme for the command and control subsystem is shown in Fig. 8. The control scheme enables the remote control of the pyrotechnic robot via a cable or wireless. The command is carried out through a laptop on whose screen images from robot-mounted cameras are projected. In Fig. 8 we can identify the main electronic components of the control scheme.

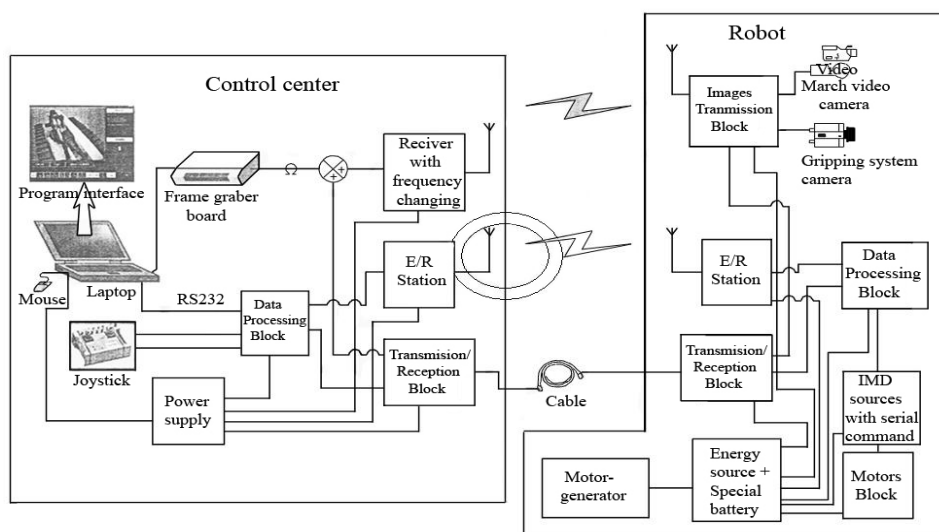
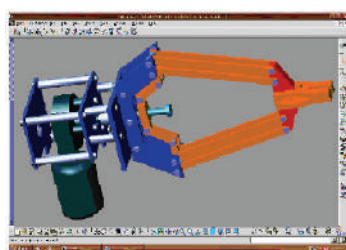


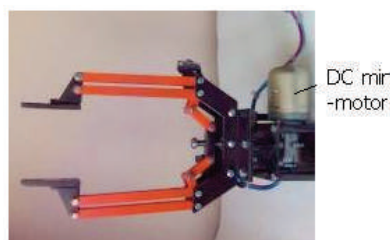
Figure 8 – Command scheme
Slika 8 – Šema upravljanja

Prototype of the gripper

Based on the technical project in CATIA (Fig. 9a) the gripper prototype was made, Fig. 9b. The useful weight is 6 kg and the stroke is 0-26 cm.



a



b

Figure 9 – CATIA project of the gripper (a) and prototype of the gripper (b)
Slika 9 – Projekat hvataljke pomoću softvera CATIA (a) i prototip hvataljke (b)

Conclusions

The following conclusions can be formulated in accordance with the considerations presented:

1. The main kinematic mechanical component of the pyrotechnic robot is the robotic arm.
2. The dimensions of the robotic arm are essential for local work space of the pyrotechnic robot.
3. The kinematic models (direct and reverse too) are very important for finding the position of the characteristic point of the robotic arm.
4. A functional simulation using a 3D model is very important for obtaining an optimum version of the robotic arm and for the pyrotechnic robot.

References

- Documentation, CATIA 5* 2005.
- Dudita, F.L., & et al., 1989. *Articulated Mechanisms. Inventics-Kinematics (in Romanian)*. Bucharest, Romania: Tehnica Publishing House.
- Paun, A., & Constantin, G. 2002. Types of Robots used to Handling and Determining Unexploded Ammunition. *Robotics & Management Journal*, 1.
- Staretu, I., & Daj, I. 2004. Intervention Robots in Dangerous Places-Constructive and Functional Features. *AGIR Bulletin, Bucharest, Romania*, 9(1-2), pp. 55-58.
- www.salvex.com/media/.../Robot_Ma.pdf, technet.idnes.cz/robot-teodor-pyrotechnika...-/vojenstv, en.wikipedia.org/wiki/ANDROS, etc

ANALIZA, PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJE I UPRAVLJANJE PIROTEHNIČKIM ROBOTOM

OBLAST: mašinstvo

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

Pirotehnički robot je uslužni robot koji se koristi za brže intervenisanje pirotehničkih jedinica kojim se smanjuje izlaganje opasnosti rukovaoca. Pirotehnički roboti koriste se za ispitivanje opasnih zona i/ili za uklanjanje i uništavanje eksplozivnih ili sumnjivih uređaja/predmeta. Mogu da se koriste za izradu prolaza kroz minska polja, za rukovanje neeksplozivanom municijom i njeno uništavanje, za pregledanje vozila, vozova, aviona i građevina. Dobra funkcionalna aktivnost ovih robota određena je dimenzijama njihovog radnog prostora, kinematikom robotske ruke i karakteristikama hvataljke. U ovom radu prikazane su strukturalna, kinematička i statička sinteza i analiza, kao i projekat i simulacija funkcije robotičke ruke i hvataljki na pirotehničkom robotu koji je projektovao autor ovog rada.

Ključne reči: *analiza, kinematika, projekat konstrukcije, CAD simulacija*

Paper received on: 17. 06. 2013.

Manuscript corrections submitted on: 21. 06. 2013.

Paper accepted for publishing on: 23. 06. 2013.

PREGLEDNI ČLANCI REVIEW PAPERS

ADAPTIVNO UPRAVLJANJE PRIHVATANJEM ZAHTEVA U WCDMA MREŽI

Milan M. Šunjevarić ^a,
Goran Z. Đukanović ^b,
Nataša M. Gospić ^c,

^a Istraživačko-razvojni institut „RT-RK“ d.o.o. Novi Sad,

^b Telekomunikacije RS a.d., Funkcija za strategiju,
sektor za upravljanje strategijom, Banja Luka,
Republika Srpska, Bosna i Hercegovina,

^c Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

DOI: 10.5937/vojtehg61-2191

OBLAST: telekomunikacije, računarske nauke

VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak:

U ovom radu urađen je kritički pregled algoritama za kontrolu pristupa u mobilnim bežičnim mrežama. Dat je i osvrt na metode adaptivnog upravljanja prihvatanjem zahteva u WCDMA mrežama, kao i pregled algoritama koji se koriste za ovu namenu. Izvršeno je njihovo poređenje i dati su odgovarajući komentari na osnovne karakteristike ovih algoritama. Pojašnjeni su OVSF kodovi i uticaj načina njihove raspodele na kapacitet sistema i verovatnoću blokiranja zahteva.

Ključne reči: *algoritmi, CAC, Call Admission Control, multimedija, WCDMA.*

Uvod

Svedoci smo stalnog porasta broja zahteva koji se postavljaju pred savremene bežične mreže. Nove aplikacije i rast broja korisnika, kao i rast aktivnosti korisnika u poslednje vreme, pojačavaju potrebu za kvalitetnim korišćenjem spektra i njegovu pravilnu raspodelu između različitih aplikacija i klasa usluga. Spektar se smatra nacionalnim blagom svake države, pa problem raspodele frekvencija, višestru-

kog pristupa i efikasnog korišćenja spektra predstavlja oblast istraživanja, čiji rezultati treba da donesu direktnu korist budućim bežičnim tehnologijama (Šunjevarić, 2004). Pored čoveka, u poslednjih nekoliko godina „korisnici” bežičnih mreža postaju razni računari, mašine, aplikacije, a u budućnosti će to biti i ostali uređaji, RFID (*Radio Frequency Identification*) aplikacije (Jovanović, 2012, pp.118-138 i umreženi predmeti.

Zbog ovakvog, izuzetnog porasta broja korisnika, zahtevi koji se postavljaju pred savremene bežične mreže postaju sve veći. Višestruko uvećavanje ukupne količine prenesenih podataka u bežičnim mrežama, koje je uočeno poslednjih godina, postavlja obavezu korišćenja algoritama za upravljanje pristupom. Ovi algoritmi raspodeljuju resurse mreže saglasno njenim mogućnostima, sa jedne strane, kao i definisanim klasama usluga, sa druge strane. Svi izveštaji vodećih kompanija za analizu tržišta, naučni radovi i praksa u oblasti prenosa podataka (tzv. data saobraćaja) pokazuju da će se rast, kako količine saobraćaja, tako i zahtevanih brzina nastaviti. Zbog toga, izlazak u susret rastu zahteva i pronalaženje rešenja koja će zadovoljiti buduće potrebe prenosa podataka predstavlja značajnu oblast aktuelnih i budućih istraživanja.

Višestruki pristup i upravljanje resursom u bežičnim mrežama

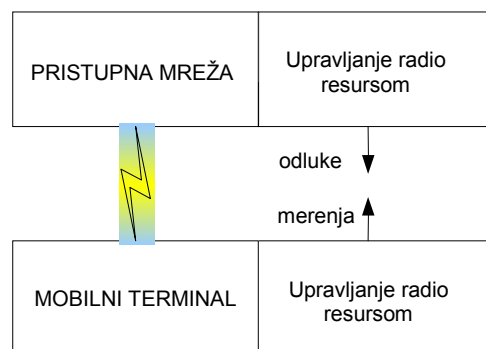
Upravljanje radio-resursom mobilne mreže predstavlja skup algoritama za upravljanje korišćenjem radio-resursa, a cilj mu je da se maksimizira ukupni kapacitet bežičnog sistema uz ravnopravnu raspodelu resursa korisnicima. Upravljanje radio-resursom mobilne mreže obično je locirano u kontroleru bazne stanice, u baznoj stanici i u mobilnom terminalu, a zasniva se na odlukama koje se donose na osnovu merenja i povratnih informacija. Često se kapacitet definiše kao maksimalno saobraćajno opterećenje koje sistem može da obezbedi pod nekim ranije definisanim zahtevima za kvalitet usluge. Upravljanje resursom iz navedenih razloga očuvanja kapaciteta, ali i pravilne raspodele među korisnicima, zauzima svoje značajno mesto u raznim komercijalnim mrežama, kao što su GSM (*Global System for Mobile Communications*) i UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), ali takođe i u profesionalnim mrežama i mrežama organizacija bezbednosti, kao što su PMR (*Professional Mobile Radio*) i PAMR (*Public Access Mobile Radio*), uključujući i TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*) mrežu (AlQahtani, 2011). Upravljanje resursom u bežičnim mrežama vrši se raspodeljiva-

njem jedinica radio-resursa korisnicima. Jedinica radio-resursa definiše se kao skup osnovnih fizičkih parametara prenosa koji su neophodni da bi se podržao talasni oblik signala koji nosi informaciju korisnika koja odgovara određenom servisu.

Ako se radi o sistemu višestrukog pristupa na bazi raspodele frekvencija, jedinicu radio-resursa predstavlja određeni propusni opseg u okviru frekvencije nosioca. U severnoameričkom AMPS sistemu, jedinica radio-resursa predstavlja opseg širine 30 kHz koji je deo opsega ukupne širine 25 MHz (u svakom smeru po 30 kHz) u frekvencijskom opsegu od 800 MHz. U sistemu višestrukog pristupa na bazi raspodele vremena, jedinica radio-resursa predstavlja par sastavljen od frekvencije nosioca i vremenskog intervala (kanala). Tako, na primer, u GSM sistemu, jedinica radio-resursa predstavlja vremenski prozor širine 0,577 ms, koji se ponavlja svakih 4,615 ms (koliko iznosi trajanje rama) na radio-frekvencijskom nosiocu širine opsega od 200 kHz u frekvencijskom opsegu 900 MHz, 1800 MHz (Evropa, Azija, Australija, Bliski istok, Afrika) ili 850 MHz i 1900 MHz (Sjedinjene Američke Države, Kanada, Meksiko i većina zemalja u Južnoj Americi). U sistemu višestrukog pristupa na bazi raspodele kodova, jedinica radio-resursa definiše se preko frekvencije nosioca, kodne sekvence i nivoa snage. Korisniku se dodeljuje kôd, koji mora biti ortogonalan sa kodovima ostalih korisnika (Chen, et al, 2007, pp.61-69). Sa rastom broja korisnika raste i nivo smetnji među njima, što se odražava na kvalitet (Šunjevarić, 2004). Ovde zahtevani nivo snage koji je potreban da podrži konekciju korisnika nije fiksna, nego zavisi od nivoa prisutnih smetnji. Na primer, u UMTS zemaljskoj radio-pristupnoj mreži (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*, UTRAN) sa frekvencijskim dupleksom, za izvršenje određene usluge koristi se RF kanal širine 5 MHz u frekvencijskom opsegu 2 GHz, kao i par OVSF (*Orthogonal Variable - Spreading Factor*) kodova (kodovi originalno predstavljeni u (Adachi, et al, 1997, pp.27-28.) i skrembling kodova. Pri tome predajna snaga varira tokom vremena zbog više elemenata koji su promenljivi, kao što su uslovi propagacije, smetnje i nivo opterećenja ćelije. U višeservisnom slučaju, svaki zaseban servis može zahtevati različitu količinu jedinica radio-resursa, a servisi sa većom bitskom brzinom po pravilu zahtevaju više jedinica. Zavisno od vrste pristupa, to se preslikava u dodatne frekvencijske opsege, vremenske prozore ili kodne sekvence i veće nivoe izračene snage.

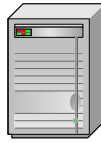
Lokacija i projektovanje radio-resursa

Kao što je prikazano na slici 1, upravljanje radio-resursom vrši se i u radio-pristupnoj mreži i u mobilnom terminalu.



Slika 1 – Lokacija i upravljanje radio-resursom
Figure 1 – Radio-resource location and control

Tipične lokacije određenih funkcionalnosti upravljanja radio-resursima u WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) mreži predstavljene su na slici 2.

Mobilni terminal	3G bazna stanica (NodeB)	Kontroler radio-mreže (RNC)
 MS	 Node B	 RNC
FUNKCIONALNOST		
	• upravljanje snagom	
	• upravljanje hendoverom	
	• upravljanje opterećenjem	
		• upravljanje pristupom

Slika 2 – Lokacije upravljanja radio-resursom
Figure 2 – Radio-resource management locations

Ciljevi upravljanja radio-resursom definišu se tako da omogućavaju izvršenje zadataka: garantovanje QoS za potrebe različitih aplikacija, održavanje planiranog pokrivanja i optimizaciju kapaciteta sistema. Nove usluge imaju različite potrebe, pa više nije moguće unapred tačno alocirati resurse ili u potpunosti dimenzionirati mrežu. Zbog toga se projektovanje upravljanja radio-resursom vrši kroz: konfiguraciju radio-resursa i rekonfiguraciju radio-resursa. Konfiguracija radio-resursa predstavlja alociranje resursa novim zahtevima, tako da ne dođe do zagušenja. Rekonfiguracija predstavlja ponovno alociranje resursa u mreži u slučaju rasta opterećenja ili kad počne zagušenje, i zadužena je da brzo vrati sistem u stanje sa ranije definisanim dozvoljenim opterećenjem.

Osnovne vrste algoritama za upravljanje pristupom

Mobilni telefoni postali su sveprisutni i koriste se u svim delovima sveta. Cene izgradnje fizičke infrastrukture bežičnih mreža znatno su manje nego kod fiksnih mreža, posebno na terenima koji su teško pristupačni. Zbog toga je u mnogim zemljama, a posebno zemljama u razvoju, izabrano bežično pokrivanje, koje se brzo širilo tako da je danas veća pokrivenost bežičnim signalom nego pokrivenost ostvarena pomoću infrastrukture fiksnih mreža. Uporedo s porastom broja korisnika, rastu i zahtevi za više različitih usluga. Korisnici žele da jednostavno pristupaju uslugama, kao što je elektronska pošta, instant messaging, surfovanje mrežom, čak video-striming i video-konferencije (Samčović, 2011, pp.146-160), ali takođe i tradicionalnim uslugama, kao što je govorna telefonija i prenos kratkih poruka, sa bilo kojeg mesta. Različite multimedijalne usluge donose i različite zahteve u pogledu kvaliteta usluge. Pojava multimedijalnih aplikacija dovela je u mobilnim komunikacijama do prelaska sa mreža druge generacije (2G) na mreže treće generacije mobilnih komunikacija (3G) i uslovlila nova ulaganja u razvoj pristupnog dela i prenosa.

U fiksnoj mreži resursi se planiraju na statičan način, pa je i upravljanje resursom prilično jednostavno. Mobilne mreže donose mobilnost, koja podrazumeva i nepredviđena kretanja i moguća grupisanja korisnika. Mobilnost donosi nove kvalitete, kao što su sloboda korišćenja usluge u pokretu, ali i novi zadatak operatoru – očuvanje kontinuiteta usluge, odnosno pokrivanje teritorije od interesa signalom, te obezbeđivanje dovoljnog kapaciteta korisnicima i kvalitetno izvršavanje hendovera. To znači da usluga ne sme da se silom završi pri promeni ćelije.

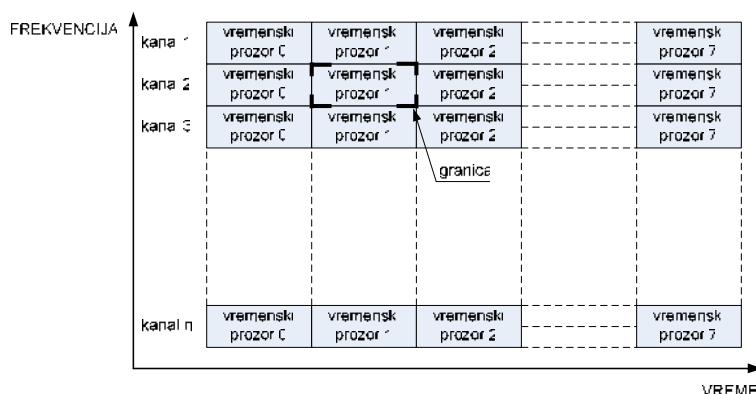
U 2G mrežama upravljanje resursima je prilično jednostavno: 2G mreže imaju takozvani „tvrđi“ kapacitet kojim se jednostavno upravlja i koji se lako drži pod kontrolom. U takvoj mreži kapacitet je ograničen brojem kanala, a algoritmi za upravljanje pristupom (*Call Admission Control*, CAC) uglavnom su razvijani kao algoritmi namenjeni za usluge prenosa govora, pa se odluka jednostavno svodi na prihvatanje ili odbacivanje zahteva.

Da bi se na strani korisnika kvalitet održao zadovoljavajućim i nove bežične mreže (3G i *Long Term Evolution*, LTE) održale ispod nivoa zagušenja potrebno je u mreži koristiti najsavremenije algoritme pristupa. To podrazumeva korišćenje različitih klasa usluge, kao i algoritam koji će obezbediti što manje odbačenih zahteva pri hendoveru i voditi računa o klasama usluga korisnika. Novina je i „meki“ (*soft*) kapacitet 3G mreža koji zahteva i suptilnije algoritme za upravljanje resursom. Naime, meki kapacitet kod WCDMA mreža čini da planiranje CAC algoritama postaje kompleksnije. Sistem je ograničen smetnjom, a broj konekcija ne određuje kapacitet ćelije. S druge strane, WCDMA mreža nema probleme alokacije frekvencija, pa je s te strane zadatak planiranja lakši. Pravilnom raspodelom resursa može se uštedeti na potrebnom broju baznih stanica i pomoći optimizaciji mreže uz umanjivanje efekata „disanja“ ćelije u WCDMA.

Upravljanje resursima u mrežama sa „tvrdim“ kapacitetom

Zbog prirode bežičnih mreža, koje su ograničene smetnjom, kao i fizičkim i regulatornim ograničenjima, radio-resursi, kao što su predajna snaga bazne stanice i korišćeni radio-spektar, ograničeni su. Da bi se obezbedile usluge s dobrim kvalitetom i velikim kapacitetom, potrebne su napredne metode deljenja raspoloživog radio-spektra na najefikasniji način. Ove metode deljenja spektra nazivaju se tehnikama višestrukog pristupa. One predstavljaju načine deljenja spektra na kanale i načine kako se ti kanali dodeljuju korisnicima sistema. Osnovna namena tehnika višestrukog pristupa jeste da se korisnicima obezbedi dovoljno resursa za prenos u situacijama kada se dostupni resursi dele na više korisnika koji istovremeno koriste sistem. Najčešće i osnovne tehnike višestrukog pristupa su raspodela vremena (*Time Division Multiple Access*, TDMA), raspodela frekvencija (*Frequency Division Multiple Access*, FDMA) i raspodela kodova (*Code Division Multiple Access*, CDMA) (Šunjevarić, 2004). Treba napomenuti da se u literaturi koja se bavi algoritmima za upravljanje pristupom jedan vremenski prozor (time slot) u TDMA tehnici naziva kanal, u FDMA tehnici deo spektra naziva se takođe kanal, dok se u CDMA tehnici kanalom naziva dodeljeni kôd. Ove tehnike detaljnije su opisane u daljem tekstu.

U FDMA tehnici kanalom se smatra deo radio-spektra koji se privremeno dodeljuje za specifične primene, recimo za nečiji telefonski poziv. Ako na raspolaganju imamo propusni opseg B, koji je alociran da istovremeno opslužuje neke mobilne korisnike, onda će u FDMA tehnici taj opseg B biti podeljen u kanale u frekvenzijskom domenu.



Slika 3 – GSM matrica kanala u potpunoj konfiguraciji

Figure 3 – GSM Channel Matrix for Full Rate

Svakom mobilnom uređaju dodeljuje se po jedan kanal za sve vreme trajanja poziva. U takvom FDMA sistemu veoma brzo dolazi do preopterećenja u slučaju intenzivnijih zahteva. FDMA je korišćen u starijoj, prvoj generaciji mobilnih sistema, kao što je AMPS sistem, NMT ili C-Netz u Nemačkoj u opsegu 450 MHz.

Tehnika višestrukog pristupa na bazi raspodele vremena (TDMA) omogućava pristup u vremenskom domenu, dodeljujući svakom korisniku, u drugom vremenskom prozoru, pravo da pristupi sistemu. Pri koncipiranju GSM sistema uzet je u obzir brzi ulazak u preopterećenje koje se događa u FDMA sistemu, zbog čega je iskorišćena kombinacija FDMA i TDMA pristupa radio-interfejsu. To rezultira dvodimenzionalnom matricom kanala, gde se na svaki frekvencijski kanal mapira 8 vremenskih kanala (ako je potpuna konfiguracija, „full rate”), ili 16 vremenskih kanala (ako je polovična konfiguracija, „half rate”) (Heine, 1998).

Prihvatanje konekcije u jednoj ćeliji utiče na druge konekcije u toj ćeliji. Kao što je prikazano na slici 3, kanal u GSM mreži ima sasvim jasno definisane granice i u vremenu (definisane vremenskim prozorom) i u frekvenciji (definisane frekvencijskim kanalom). Zbog toga se kaže da GSM, koji pripada 2G mrežama, sa kombinacijom FDMA i TDMA pristupa ima „tvrđi” kapacitet. Za takve mreže određivanje kapaciteta je relativno jednostavno, a upravljanje resursima svodi se na kontrolu broja i na raspodeljivanje slobodnih kanala.

Algoritmi dodeljivanja radio-resursa ćelijama u 2G mrežama mogu se kategorizovati u tri grupe (Šunjevarić, 2004)], (Katzela, Naghshineh, 1996, pp.10–31), (Cardei, Du, 2005), (Haas, McLaughlin, 2011, pp.1831-1846): fiksno dodeljivanje kanala (*Fixed Channel Allocation*, FCA), dinamičko dodeljivanje kanala (*Dynamic Channel Allocation*, DCA) i hibridno dodeljivanje kanala (*Hybrid Channel Allocation*, HCA).

U FCA algoritmima, davalac usluge deli dostupan radio-spektar u nekoliko frekvencijskih opsega. Zatim se frekvencijski opsezi dodeljuju ćelijama prema planu ponovnog korišćenja. Kako je dodela kanala fiksna, mreža se ne može prilagoditi na fluktuacije saobraćaja u konekcijama. Iako je moguće da se razvije više planova za dodelu frekvencija za različite scenarije saobraćaja, mreža je još uvek ranjiva na neočekivana opterećenja u saobraćaju. Pozajmljivanje kanala je još jedan pristup za suočavanje sa fluktuacijama, ali smetnje od susednih kanala ograničavaju upotrebu ovog pristupa. Zbog lakoće implementacije, FCA algoritmi su masovno u upotrebi.

U DCA algoritmima svi dostupni radio-kanali su centralizovani i dodeljuju se ćelijama po potrebi. Iako se DCA algoritmi bolje prilagođavaju promenama u ponašanju saobraćaja nego FCA algoritmi, njihova kompleksnost i centralizovan mehanizam su glavni nedostaci. Takođe, pod uslovima velikog opterećenja saobraćaja, performanse DCA algoritama opadaju. Alternativa za DCA je prenos u proširenom spektru, pošto je

kod takvog prenosa izbegnuta međučelijska smetnja, budući da je zane-mariva verovatnoća da korisnici u susednim ćelijama koriste isti kôd.

HCA algoritmi kombinuju FCA i DCA algoritme radi prevazilaženja problema u oba pristupa. Skup kanala deli se na fiksni i dinamički pod-skup. Kanali u fiksnom podskupu koriste se koliko god je moguće, dok se dinamički podskup koristi za prilagođavanje fluktuacijama.

Upravljanje pristupom u 3G mreži zasnovano na brojanju korisnika

Direktna veza između broja korisnika i kapaciteta sistema je karakte-ristika upravo mreža s „tvrđim“ kapacitetom. Za sisteme sa tzv. „mekim“ kapacitetom ne postoji direktna veza između broja korisnika i raspoloživih kapaciteta za dolazne zahteve, a broj uslužbenih korisnika zavisi od praga (*Signal-to-Interference Ratio*, SIR).

Međutim, i pored ove činjenice koristi se algoritam koji prati veoma jednostavan pristup u kojem se odluka o pristupu zasniva samo na broju korisnika koji su već prisutni u sistemu. Kod ovakvog algoritma nivo smetnje u radio-interfejsu niti se meri niti se procenjuje. Ovakav pristup predstavlja direktno preslikavanje strategija koje se koriste u 2G sistemi-ma u kojim je kapacitet ograničen tvrđim granicama, a odluka se donosi na osnovu broja već prihvaćenih korisnika u sistemu.

Ovaj algoritam proglašava korisnika koji emituje određenom (refe-rentnom) bitskom brzinom za konzumenta radio-resursa u količini opisa-noj brojem jediničnih ekvivalenata radio-resursa (*Radio Resource Equi-valent Unit*, RREU). Zavisno od potrebne brzine prenosa, svaki korisnik koristi više ili manje RREU jedinica. Zavisno od praga dozvoljavanja pri-stupa, definiše se maksimalan broj RREU jedinica (R^*) koje sistem može da prihvati, što se u primeni konkretno preslikava na tačno određen broj korisnika (Perez-Romero, et al, 2005). Ako u sistemu već postoji N kori-snika kojima je dozvoljen pristup, tada se $(N+1)$ -om korisniku dozvoljava pristup ako je zadovoljen uslov:

$$\sum_{i=1}^N R_i + R_{N+1} \leq R^* \quad (1)$$

gde je:

R_i – broj ekvivalentnih jedinica radio-resursa koje je zauzeo i -ti korisnik u ćeliji,
 R_{N+1} – broj ekvivalentnih jedinica radio-resursa koje zahteva $(N+1)$ -vi korisnik,
 R^* – predefinisani maksimalan broj RREU jedinica koje sistem može da prihvati.

Ovaj algoritam predstavlja rešenje koje je lako za implementaciju. S druge strane, odluke o dozvoli pristupa odvojene su od aktuelnog stanja radio-interfejsa unutar ćelije, pa se povremeno javljaju pogrešno procenjena odbacivanja i prihvatanja zahteva i pojava nepotpunog iskorišćenja resursa.

Pregled metoda upravljanja resursima koje se koriste u savremenim bežičnim mrežama

U dosadašnjim istraživanjima algoritama upravljanja pristupom u bežičnim mrežama, najšire gledano, izdvojile su se deterministička i stohastička metoda, kao dve osnovne metode.

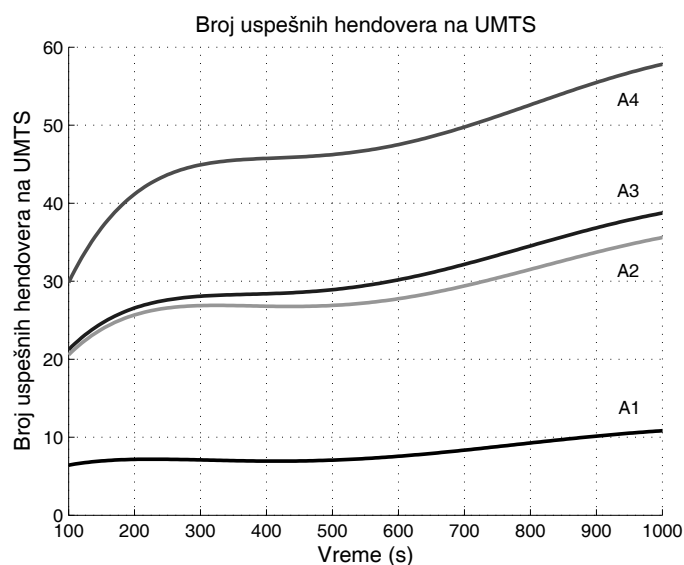
Deterministički algoritmi podrazumevaju da se korisniku garantuju QoS parametri za vreme trajanja konekcije. Međutim, ovakav pristup problemu održavanja kvaliteta usluge zahteva potpuno poznavanje nekih sistemskih parametara, kao što je, na primer, putanja kretanja korisnika (radi garantovanja kvaliteta kroz čitavu buduću putanju), što nije praktično, a i teško je izvodljivo u primeni. Zapravo, da bi se garantovao kvalitet na čitavoj budućoj putanji ili na dovoljno velikom delu buduće putanje (gde se obezbeđuje garancija da korisnik uskoro neće naići na područje gde nema dovoljno resursa) potrebno je unapred rezervisati znatan deo resursa za jednog korisnika, a inače bi se taj deo resursa mogao koristiti u druge namene. S tim u vezi, važno je napomenuti da postoje i stohastički CAC algoritmi koji predviđaju putanje kretanja korisnika, kao što su algoritmi predstavljeni u (Al-Monayyes, AboElFotoh, 2002, pp.15-26), (Malarkkan, Ravichandran, 2006, pp.937-943).

U stohastičkim CAC algoritmima, QoS se ne garantuje stoprocentno, nego s određenom verovatnoćom (Aboelaze, Elnaggar, 2004, pp.505-508). Zbog toga stohastički algoritmi, po pravilu, imaju veći stepen iskorišćenja resursa nego deterministički algoritmi (Glišić, 2006).

Stohastički algoritmi razvili su se u dva osnovna pravca: algoritmi bez prioriteta i algoritmi sa prioritetom koji daju veći prioritet konekcijama koje su već aktivne, nego novim konekcijama. U algoritme sa prioritetom spadaju algoritmi sa pozajmljivanjem. Ovi algoritmi, sa pozajmljivanjem propusnog resursa, predstavljeni su u (Aboelaze, et al, 2005, pp.71-75), a algoritam može da pozajmljuje i postojeće korisnike okolnim rasterećenim ćelijama, kao što je predstavljeno u (Mishra, et al, 2006). Kod nekih algoritama nije precizirano da li se prioritet daje samo hendover konekcijama ili se u situaciji zagušenja svim konekcijama pruža mogućnost da pozajme resurse od postojećih, kao što je algoritam predstavljen u (Mishra, et al, 2006), a u kojem se predlaže arhitektura fiksno-mobilne konvergencije korišćenjem femtoćelija i koncept mekog QoS za upravljanje

resursima. Zato bi ovaj algoritam mogao da se svrsta i u kategoriju pozajmljivanje bez prioriteta. U algoritme sa prioritetom takođe spadaju i algoritmi sa stavljanjem zahteva na čekanje, kao što su algoritmi predstavljeni u (Zhang, 2008, pp.4154-4159) i (Tsai, T.M., 2008, pp.1-4) ili genetski algoritam iz (Hong, et al, 2006, pp.568-580), kao i algoritmi sa rezervacijom, kao što su (Kim, 2005, pp.3088-3094) i (Chen, Fang, 2003, pp.2830-2834).

Algoritmi sa rezervacijom resursa dalje su se razvili u algoritme sa statičkom rezervacijom i algoritme sa dinamičkom rezervacijom. Kod algoritama sa statičkom rezervacijom količina rezervisanih resursa je fiksna. Zbog toga ih karakteriše manje iskorišćenje resursa, jer su rezervisani resursi u nekim situacijama potrebni, ali se ne koriste. S druge strane, dinamički algoritmi dinamički prilagođavaju veličinu rezervacije, bazirano na proceni ili merenjima trenutnog opterećenja. Dinamičko prilagođavanje rezervacije može da se vrši na osnovu lokalnih informacija dostupnih unutar ćelije (i tada je to lokalna grupa algoritama). Razvijena je i grupa algoritama koja koristi i informacije iz susednih ćelija za dinamički prag rezervacije. Ovakva grupa može da se svrsta u regionalni tip algoritama, jer koristi informacije iz više ćelija. Lokalni algoritmi mogu delovati na osnovu nekog događaja u ćeliji i tada su to reaktivni algoritmi. Lokalni algoritam takođe može delovati na osnovu predviđanja događaja i tada je to proaktivna grupa algoritama.



Slika 4 – Broj uspešnih hendovera na UMTS
Figure 4 – Number of successful handovers to UMTS

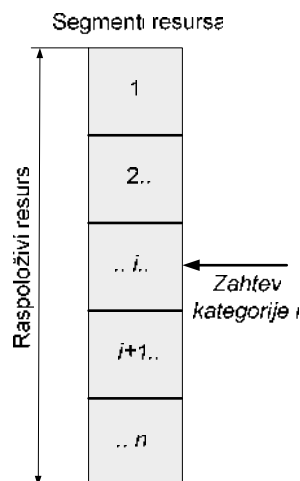
U radu (Djukanovic, et al, 2010, pp.1645-1650) istražena je primena novog stohastički baziranog algoritma zasnovanog na reaktivnom lokalnom dinamičkom upravljanju sa rezervacijom i definisanjem prioriteta. Deo rezultata tih istraživanja za UMTS sistem, koji ilustruje ostvarene prednosti predloženog algoritma u odnosu na druge algoritme, prikazan je na slici 4, pri čemu je vršena simulacija za broj uspešnih hendovera, posebno za svaki od četiri algoritma. Oznake koje su korišćene na slici 4 su: A1 - Algoritam bez optimizacije, A2 – Optimizovani algoritam sa kontrolom i preraspodelom resursa, A3 – Algoritam degradacije po klasama prioriteta, A4 - Novi dinamički DG CAC algoritam.

Broj ostvarenih hendovera ograničen je količinom slobodnih resursa u ćeliji u momentu kada je napravljen zahtev, što zavisi od upotrebljenog algoritma. Predloženi algoritam A4 ostvario je najveći broj uspešnih hendovera. Nešto manji broj hendovera ostvaren je upotrebom algoritma A3, a još manji uz upotrebu A2 algoritma. Algoritam A1 ostvario je najmanji broj hendovera tokom vremena simulacije, što je u skladu sa očekivanjima, jer je to algoritam sa najmanjim stepenom pregovaranja (konkretno bez pregovaranja).

CAC algoritmi su aktivna i savremena oblast istraživanja, pa shodno tome stalno evoluiraju. U većini slučajeva CAC algoritmi funkcionišu na osnovu degradacije konekcija, stavljanja zahteva u redove čekanja ili na osnovu pozajmljivanja resursa i korisnika. Korišćenje tih metoda radi se u slučaju nedostatka resursa, a kroz korišćenje skupa predefinisanih pravila, tako da mreža može da prihvati zahteve za konekciju (kako novu tako i zahteve u hendoveru) koji imaju veći nivo prioriteta. Najjednostavniji način upravljanja resursom bio bi da se zahtevi prihvate ako ima resursa, a da se odbiju ako resursi nisu dovoljni. To predstavlja osnovnu vrstu best-effort algoritma, koji se pokazuje kao relativno dobar za održavanje kapaciteta mreže ispod stepena zagušenja, ali radi na način koji ne zadovoljava dolazne zahteve sa velikim potrebama po pitanju resursa za prenos. Kod ovog algoritma, ako nema dovoljno raspoloživih resursa, zahtev (koji može biti i zahtev za relativno veliku brzinu prenosa) biće odbačen bez ikakvih mogućnosti za pregovaranje. Nema nikakvog pregovaranja i ne poštuju se klase usluge. Kod ovakvog algoritma ne postoji dodeljivanje prioriteta i klasifikacija zahteva, odnosno svi su zahtevi istog prioriteta. Time je rasipanje resursa izvesno, što će u ishodu imati za rezultat povećano nezadovoljstvo korisnika.

Raspoloživi resursi u prenosu mogu se deliti i na diskretne segmente kako bi se unapredio best-effort metod i poštovali prioriteti zahteva. U ovakvim rešenjima zahtevi se prema prioritetu grupišu u određene kategorije, a resurs se deli tako da se svakoj kategoriji dodeli deo resursa. Zahtev za konekcijom kategorije „i“ može biti odobren samo ako u segmentu „i“ ima dovoljno resursa. U suprotnom, zahtev se odbacuje (slika 5). I ovde,

zbog segmentiranja, postoji mogućnost da zahtev kategorije „i“ bude odbačen, jer nema dovoljno resursa u segmentu „i“, iako u drugom segmentu ima dovoljno resursa, pa je nedostatak očigledan i ogleda se u nedovoljnom iskorišćenju raspoloživih resursa.



Slika 5 – Grupisanje zahteva u kategorije
Figure 5 – Grouping of requests into categories

Naučna istraživanja su se vremenom grupisala na nekoliko oblasti, što je predstavljeno kroz prikaz razvoja stohastičkih algoritama u radovima (Ghaderi, Boutaba, 2006, pp.69-93), (Adachi, et al, 1997, pp.27-28), (Bakmaz, Bojković, 2007). Neki od tih algoritama, posebno nešto starije grupe algoritama, sortirani u podelama učinjenim u ranijim radovima, pripadaju striktno 2G mrežama, kao što je recimo algoritam sa pozajmljivanjem kanala, koji je opisan u (Kyriazakos, Karetsos, 2004). Za neke od ovih algoritama, ideja na kojoj su zasnovani može da se iskoristi, kako u 2G, tako i u 3G mrežama, ali i u novijim heterogenim bežičnim mrežama. Postoje razlike u kapacitetu i vrsti kapaciteta (meki, tvrdi), mada su mnogi mehanizmi preslikani, pa su primenjeni slični pristupi u razvoju algoritama za mreže sledećih generacija. Postoji više vrsta algoritama koji su predloženi za CDMA sisteme (Kyriazakos, Karetsos, 2004), kao što su algoritmi zasnovani na merenju ukupne primljene snage na NodeB (Badia et al, 2002, pp.121-126), (Redana, Capone, 2002, pp.2206-2210), zatim algoritmi zasnovani na ograničavanju smetnje koju generišu nove konekcije (Lui, Zarki, 1994, pp.638-644), kao i algoritmi zasnovani na proceni faktora opterećenja (Holma, Laakso, 1999, pp.431-435), (Gunnarsson, et al, 2002, pp.3091-3095), (Ayyappan, Kumar, 2010, pp.66-70), (Ayyappan, Kumar, 2010, pp.10-19).

Neki od tih algoritama su generalno namenjeni za WCDMA sisteme, dok su neki sa konkretnom namenom upravo za UMTS sistem (Dimitriou, et al, 2000, pp.1420-1424), (Capone, Redana, 2001, pp.959-929), (Akhtar, et al, 2001, pp.133-137). Postoje i pristupi, gde se CAC algoritam vezuje za resurs (kanal, kod, snaga), ali istovremeno i za politiku cene usluge, te se na taj način pokušavaju izbeći zagušenja mreže. U takvim algoritmima CAC se integriše sa tarifnom politikom, cena postaje upravljački element za upravljanje zagušenjem, a cenom se podstiču korisnici da efikasno koriste resurse. Najčešće se definiše "normalna" cena i povećana cena u času najvećeg opterećenja, kao što je predloženo u (Hou, et al, 2002, pp.898-910).

Odbijanje korisničkog zahteva, ako je poziv u toku (handover), više uznemirava korisnike nego blokiranje novih zahteva (Tugcu, Ersoy, 2001). Zbog toga se u većini algoritama zahtevima za handoverom daje veći prioritet (algoritmi sa prioriteto). Prioritet handovera nad novim zahtevom često se ostvaruje ostavljanjem zaštitnog resursa (guard bandwidth) koji može da se koristi samo za zahteve koji dolaze u handoveru (rezervacija) (Leong, et al, 2006, pp.654-669), (Zaim, 2003, pp.271-283).

U 2G algoritmima s pozajmljivanjem kanala, određena ćelija (primatelj), može da pozajmi slobodne kanale od suseda-davalaca da bi se obezbedio uspešan handover (Adachi, et al, 1997, pp.27-28), (Chang, et al, 1996, pp.1168-1172), (Wu, Yeung, 1998, pp.126-131). U (Wu, et al, 2003, pp.531-536) autori prate smer kretanja korisnika da bi se predvidele sledeće ćelije, te napravila rana rezervacija resursa pre nego što korisnik stigne u ćeliju i nastupi handover. Ovakvi algoritmi u literaturi su poznati kao PCR (*Predictive Channel Reservation*) algoritmi. Predrezervacija se radi kada se mobilni telefon nađe na određenoj udaljenosti od granice nove ćelije. Autori koriste prag rastojanja i prag vremena za raniju rezervaciju, pa pretpostavljaju tehnologiju za pozicioniranje u realnom vremenu. Takođe, razmatra se tehnika pozajmljivanja kanala iz rasterećenih (hladnih) ćelija u opterećene (vruće) ćelije, ali ne i pozajmljivanje resursa u prenosu od postojećih konekcija.

Kada se pozajmljuju kanali u 2G mreži, u nekoliko okolnih ćelija zabranjuje se korišćenje pozajmljenog kanala da bi se eliminisala smetnja (zaključavanje kanala). Broj ćelija u kojima se kanal zaključava zavisi od oblika ćelija, ali i od vrste početnog alociranja kanala po ćelijama. Tako, na primer, za heksagonalne ćelije sa faktorom višestrukog korišćenja jednakim tri, kanal se zaključava u tri susedne ćelije.

Algoritmi s pozajmljivanjem kanala mogu se grupisati na jednostavne i hibridne algoritme. Kod jednostavnih algoritama svaki nominalni kanal u nekoj ćeliji može pozajmiti susedna ćelija za privremenu upotrebu. U hibridnoj metodi skup kanala dodeljenih svakoj ćeliji deli se u dve grupe: grupa A i B (kanali B grupe mogu da budu pozajmljeni susedima).

Postoje i metode koje su konceptualno slične pozajmljivanju kanala, odnosno takođe se radi rasterećenje „vrućih“ opterećenih ćelija, ali ne na način da se direktno pozajmljuju kanali iz susednih ćelija, nego se konekcije prosleđuju susednim rasterećenim ćelijama putem relejnog prenosa preko terminala koji su trenutno neaktivni. Ti neaktivni terminali se u tim trenucima koriste kao releji. Autori u (Khadiwi, et al, 2006, pp.1996-2001) predložili su samoorganizujuću metodu koja može poboljšati proces hendovera u smislu boljeg iskorišćenja resursa i performansi neosetnog hendovera. Metod je zasnovan na mobilnim ad hoc relejnim mrežama da bi se napravio neosetan vertikalni hendover u hibridnim mrežama. Takođe, na ovaj način umanjuje se verovatnoća odbacivanja hendover zahteva kroz prosleđivanje preko ad hoc relejne mreže. Drugim rečima, autori pokazuju da je moguće efikasno koristiti neaktivne mobilne terminale kao relejne stanice kako bi se preusmerio saobraćaj iz ćelija pod opterećenjem u susedne ćelije (Khadiwi, et al, 2008, pp.307-324).

U algoritmima sa stavljanjem u red čekanja, zahtev za hendoverom stavlja se na čekanje ako nema nijednog slobodnog kanala u ciljnoj ćeliji (Baloch, et al, 2007, pp.387-389), što se radi na račun povećanja blokiranja novih zahteva. U nekim algoritmima zahtevu u hendoveru dozvoljava se da nadvlada novi zahtev, a novi zahtev se ostavlja u redu čekanja dok se ne pojave slobodni resursi (Ojesanmi, Famutimi, 2009, pp.260-265).

U multimedijalnim komunikacijama neki zahtevi za većim brzinama prenosa ne moraju biti strogo čvrsti zahtevi i mogu privremeno prihvatiti da konekcija bude s manjom brzinom prenosa. Takva situacija može da se iskoristi, ali su za to potrebni nešto kompleksniji algoritmi.

Rezervacija resursa

Mnogi autori bavili su se temom rezervisanih resursa radi definisanja prioriteta hendovera nad novim zahtevom, a za primer mogu poslužiti (Hong, Rappaport, 1986, pp.77-92), (Lin, et al, 1994, pp.704-712), (Chiu, Bassiouni, 2000, pp.510-522), (Ghaderi, 2006), (Fang, 2002, pp.371-382).

Metode sa rezervisanim kanalima, ili uopšteno rečeno rezervisanim resursima, u literaturi su poznate kao ili GC (*Guard Channel*) metode (Ramjee, et al, 1996, pp.43- 50).

Algoritmi sa statičkom rezervacijom često rezultiraju lošim iskorišćenjem resursa, a u nekim situacijama direktno na štetu novih zahteva, ako nepotrebno velika rezervacija podiže stepen blokiranja zahteva. Zbog toga se ova istraživanja nisu posebno dalje ni razvijala. Visina statičkog praga (postotak resursa koji se rezerviše samo za potrebe hendovera) uvek zavisi od potreba na terenu, pa je mnogo uputnije koristiti dinamički prag. Potrebu postavljanja dinamičkog praga možemo ilustrovati sa dva ekstremna slučaja. Prvi je teren, koji predstavlja klasično ruralno naselje koje ima malu gusti-

nu naseljenosti, a kretanje (lokalnog stanovništva i vozila u prolazu) jeste manjeg intenziteta, tako da je očigledno da će zahtevi za hendoverom biti relativno retki. Zbog toga je potrebno da se prag zagušenja ostavi visoko, odnosno da deo resursa koji se statički rezerviše samo za potrebe hendovera bude relativno mali. Drugi slučaj može da se predstavi primerom veoma prometne saobraćajnice. Stepenn prolazaka vozila je veoma veliki, pa se može očekivati jako veliki broj zahteva za hendoverom. Zbog toga je potrebno da se prag zagušenja ostavi nisko, odnosno da deo resursa koji se statički rezerviše samo za potrebe hendovera – bude veliki.

Zbog navedenih razloga u algoritme se ugrađuje dinamički prag koji se prilagođava potrebama na terenu, na primer ako se na određenoj lokaciji pojavljuje mnogo zahteva za hendover konekcije, onda se deo resursa koji se ostavlja samo za hendover može dinamički povećati.

Kod 2G mreža u algoritmima sa dinamičkom rezervacijom dinamički se prilagođava optimalan broj rezervisanih kanala (Naghshineh, Schwartz, 1996, pp.711-717), (Moorman, Lockwood, 2001, pp.3698-3703), (Levine, et al, 1997, pp.1-12. On ne može biti fiksna, jer ulazni saobraćaj u realnom okruženju nije stacionaran proces. Stepenn dolazaka zahteva za hendover ne zavisi od stepena dolazaka zahteva za novu konekciju. Zbog toga je optimalan broj rezervisanih kanala potrebno prilagođavati promenama uslova u saobraćaju (Beigy, Meybodi, 2005, pp.132-151). Za ovakve potrebe mogu se koristiti adaptivni algoritmi.

Kod dinamičke rezervacije, u nekim algoritmima, koristi se i procena ćelija koje su na budućoj putanji korisnika, pa se resursi tih ćelija unapred rezervišu. Kako je korisnička putanja nezavisna od planiranja spektralnih resursa nije moguće tačno poznavati skup ćelija koje će korisnik posetiti za vreme trajanja konekcije. Međutim, može se napraviti dobra procena ako se razmotri činjenica da se korisnik s većom verovatnoćom kreće prema nekom odredištu nego da pravi sasvim slučajna kretanja. Zbog toga se putanja koju prati korisnik može modelovati kao spoj više segmenata linije, a oblast rezervacije može biti sačinjena na osnovu ove procenjene putanje. Tada performansa mreže zavisi od toga koliko blizu procena kretanja odgovara stvarnoj putanji korisnika. Iako nije garantovano, koristi se činjenica da je veoma verovatno da će korisnik ostati u ovoj oblasti rezervacije u skoroj budućnosti. Ako je oblast rezervacije veoma velika, veoma je verovatno da će stvarna putanja korisnika biti i pokrivena oblašću rezervacije, te konekcija opstaje, ali tada nove konekcije u ćeliji u toj oblasti rezervacije trpe zbog nepotrebnih rezervacija. S druge strane, ako je oblast rezervacije premalena da pokrije stvarnu putanju, raste verovatnoća da konekcija može biti odbačena kada korisnik napusti oblast rezervacije. Oblast rezervacije koja bi pokrivala korisničku putanju tokom trajanja buduće konekcije ne može se konstruisati za vreme uspostavljanja konekcije. Postoji nekoliko razloga: trajanje konekcije nije unapred poznato, oblast takve rezervacije bila bi veoma velika, velika je neizvesnost određivanja

buduće putanje unapred, rezervacije u ćeliji za koju se pretpostavlja da će biti posećena pred kraj konekcije biće nepotrebno izvršene suviše rano, pa su ti resursi bespotrebno zauzeti tokom dužeg perioda.

Zbog ovih razloga oblast rezervacije treba konstruisati tako da pokrije kratak period konekcije i da napreduje postepeno sa kretanjem korisnika. To će učiniti oblast rezervacije manjom i tačnijom. Zbog toga će manje resursa biti zaključano za handover konekcije, rezultirajući u manjem stepenu blokiranja konekcija.

Ako posmatramo načine na koje handover zahtevi utiču na dinamički rezervisane resurse, mogu se razlikovati dva pristupa: nedeljivi i deljivi pristup. U nedeljivom pristupu svi ranije rezervisani resursi (rezervacije koje su načinjene kada je mobilni terminal bio u blizini ćelije, u oblasti predrezervacije) striktno se čuvaju za određeni mobilni terminal, koji je i uradio raniju rezervaciju resursa. Zbog toga neki drugi zahtev za handoverom može biti odbačen ako su svi resursi bilo utrošeni bilo samo rezervisani. Postoji i opasnost postojanja velikog broja lažnih rezervacija ako je oblast predrezervacije prevelika ili ako se mobilni terminal kreće malom brzinom, promeni smer i slično.

U deljivom pristupu resursi se grupno čuvaju za alokaciju bilo kojem terminalu. Mobilni terminali kojim je potreban handover rezervišu resurse kada su u blizini oblasti predrezervacije. Rezervisani resursi grupišu se u grupe i po nailasku se dodeljuju terminalima koji prvi pređu granicu i zaista uđu u ćeliju, a ne obavezno onim koji su i izvršili rezervaciju. Time se smanjuje količina rezervacija koje se bespotrebno čuvaju. Postoje metode sa konstantnom oblašću predrezervacije (Moorman, Lockwood, 2001, pp.3698-3703) i metode sa promenljivom oblašću predrezervacije (Ye, et al, pp.798-822).

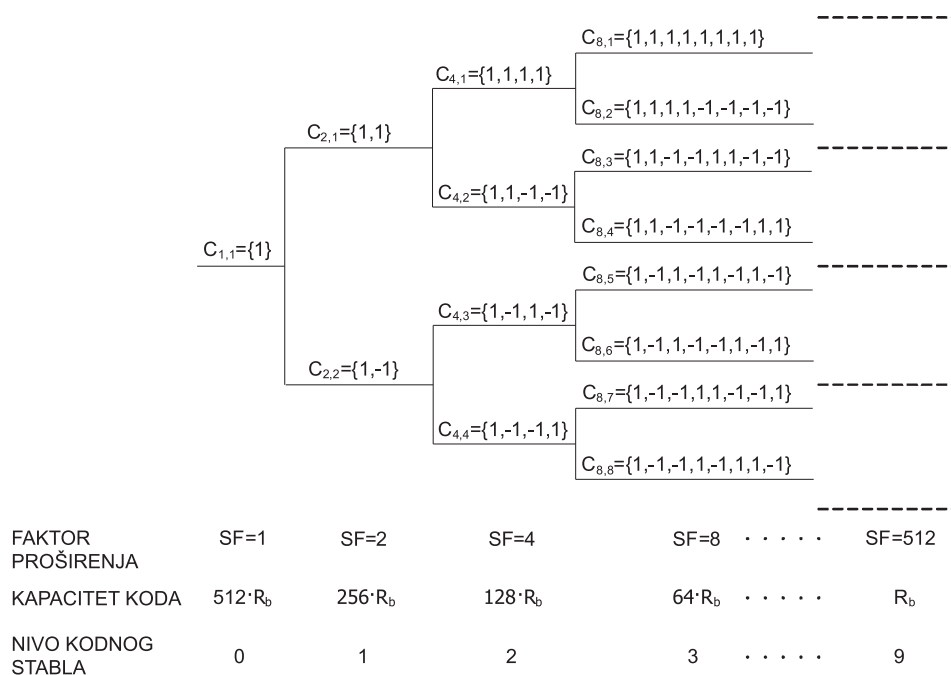
Uticaj načina raspodele OVFS kodova na broj prihvaćenih zahteva u WCDMA mreži

OVFS kodovi su međusobno ortogonalni kodovi sa promenljivim faktorom proširenja, pa se njihovim korišćenjem u WCDMA mrežama omogućava primena različitih brzina prenosa kod multimedijalnih usluga. Oni imaju promenljivu dužinu, tako da se korišćenjem manjeg faktora proširenja postižu veće brzine prenosa i obratno. Efikasnoj raspodeli ovih kodova posvećen je značajan broj radova u poslednjih nekoliko godina, radi maksimiziranja kapaciteta sistema, odnosno smanjivanja verovatnoće odbijanja zahteva za konekcijom. Da bi upravljanje kapacitetom u pristupu bilo sveobuhvatno, algoritmi raspodele OVFS kodova najčešće se projektuju udruženo sa CAC algoritmima.

U WCDMA sistemu spektar korisničkog signala se prvo širi pomoću kanalskog koda, a zatim se dodatno koduje skrembling kodom, pri čemu skrembling kôd ne vrši dalje širenje spektra (Holma, Toskala, 2004),

(Minn, Siu, 2000, 1429-1440), (Chan, et al, 2007, pp.55-61). Svakom mobilnom terminalu dodeljuje se jedinstven skrembling kôd (po kojem se terminali razlikuju u povratnom smeru), kao i skup kanalskih kodova, pa svaki korisnik može koristiti kompletan skup dodeljenih mu kanalskih kodova. S druge strane, kako bazna stanica u direktnom smeru koristi isti skrembling kôd pri prenosu podataka prema većem broju korisnika, svaki korisnik treba da koristi kanalski kôd koji je ortogonalan u odnosu na sve druge. U području pokrivanja jedne bazne stanice svaki korisnik treba da ima ortogonalan kôd u odnosu na ostale korisnike, pa upravljanje raspodelom ovih kodova postaje važan faktor u direktnom smeru.

Konačni rezultat širenja spektra korisničkog signala kanalskim kodom jeste signal koji je iste brzine kao i brzina čipa (koja u UMTS iznosi 3,84 Mchip/s). Kanalski kôd koristi se i u direktnom i u povratnom smeru za razdvajanje kanala sa jednog predajnika. Drugim rečima, kanalski kôd u povratnom smeru koristi se za razdvajanje fizičkog, tj. transportnog i upravljačkog tj. signalizacionog kanala od istog korisničkog terminala. U direktnom smeru, kanalski kôd se koristi za razdvajanje konekcija ka različitim korisnicima unutar jedne ćelije (Akl, Nguyen, 2006, pp.40-49). Korisnici dele isti skup kodova u toj ćeliji. Skrembling kôd koristi se i u direktnom i u povratnom smeru za razdvajanje različitih predajnika.



Slika 6 – OVSF kodno stablo
Figure 6 – OVSF code tree

Korišćenje OVFS kodova omogućava da se menja faktor proširenja, te da se održava ortogonalnost među kodovima različite dužine. Da bi ortogonalnost funkcionisala, signali moraju biti dobro sinhronizovni u vremenu. Iz tog razloga u direktnom smeru propagacija signala po višestrukim putanjama može uzrokovati da se deo ortogonalnosti izgubi. OVFS kodovi mogu se predstaviti uz pomoć binarnog kodnog stabla (slika 6.) (AlQahtani, 2011), (Yang, Yum, 2004, pp.781-792).

Svaka grana kodnog stabla predstavlja jedan OVFS kôd (SF, k), gde je SF – faktor proširenja, a k – broj koda. Svi kodovi sa istim faktorom proširenja nalaze se na istom nivou kodnog stabla. Nivo kodnog stabla izražava se kao $\log_2(\text{SF})$, pa se nivou numerišu od 0 do $\log_2(\text{SF}_{\max})$, gde je $\text{SF}_{\max} = 512$ za direktni smer. Drugim rečima nivou se numerišu od 0 do 9. Kodu sa faktorom proširenja 512 odgovara jedinična brzina prenosa R_b , a svakom narednom kôdu sa nivoom kodnog stabla $\log_2(\text{SF})$, odgovara brzina prenosa $(\text{SF}_{\max}/\text{SF}) \cdot R_b$. Broj OVFS kodova sa najvećim faktorom proširenja $c = \text{SF}_{\max}$, predstavlja NodeB kapacitet, te NodeB generalno raspolaže, sa staništa ukupne brzine prenosa podržane kodovima, ukupnim resursom koji iznosi $c \cdot R_b$. Broj koda, k, uzima vrednosti od 1 do SF (postoji SF kodova sa faktorom proširenja SF), kao što je prikazano na slici 6. U UMTS sistemu koriste se faktori proširenja od 4 do 512 u direktnom smeru (uz ograničeno korišćenje faktora 512), te 4 do 256 u povratnom smeru. Brzina prenosa podataka koju kôd može da podrži naziva se kapacitet.

Signali sa bazne stanice prema različitim korisnicima razdvajaju se uz pomoć različitih OVFS kodova, pa s te strane postoji ograničenje u smislu maksimalnog broja istovremenih konekcija koje mogu biti prihvaćene, zavisno od procesnog pojačanja koje konekcije koriste.

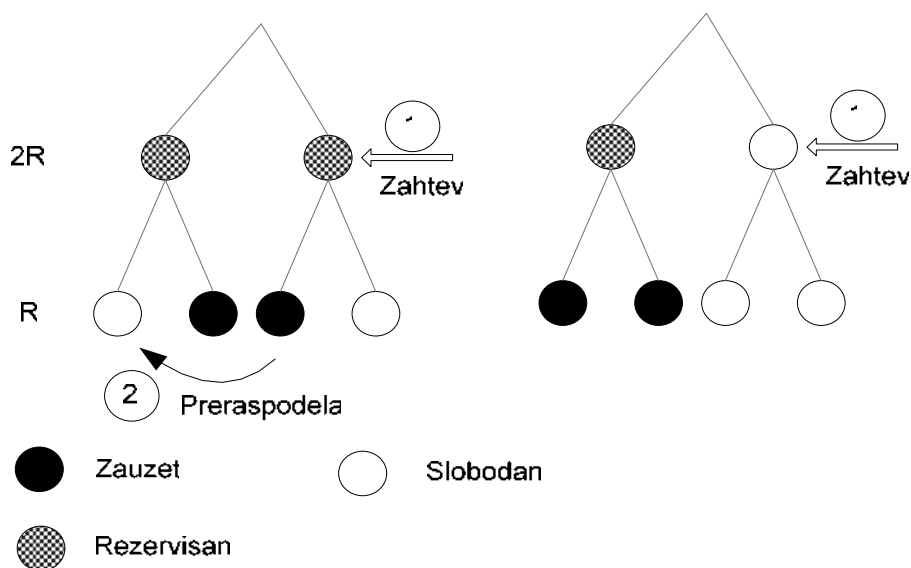
Informaciona brzina raste sa opadanjem faktora proširenja, pod uslovom da je brzina generisanja čipova nepromenjena. Međutim, sa opadanjem faktora proširenja konzumira se više resursa sa kodnog stabla zbog zadržavanja ortogonalnosti. Upotreba OVFS kodova omogućava dosta jednostavnu promenu brzine prenosa, ali može uzrokovati problem nedovoljnog broja kodova.

Ako se posmatra procedura po kojoj se generiše kodno stablo, jasno je da nije moguće istovremeno koristiti sve kombinacije kodova. Par kodova je ortogonalan samo ako se nalazi u nezavisnim granama stabla. Zbog te restrikcije, kad god se neki kôd dodeli određenoj konekciji, u toku tog perioda ne mogu da se koriste kodovi iz prethodnih niti iz narednih grana kodnog stabla. Očigledno nije moguće koristiti istovremeno sve kombinacije faktora proširenja. Dozvoljene istovremene kombinacije ortogonalnih kodova za n konekcija određene su Kraftovom nejednakošću:

$$\sum_{j=1}^n \frac{1}{\text{SF}_j} \leq 1 \quad (2)$$

SFj predstavlja faktor proširenja koda dodeljenog konekciji j. Na primer, za 9 konekcija nije moguće svim konekcijama dodeliti SFj=8 (jer prema nejednačini (2), suma iznosi $9/8 > 1$), ali je moguće dodeliti npr. 6 sa SFj = 8 i 3 sa SFj = 16 (jer je $6/8 + 3/16 = 15/16 < 1$).

Svi kodovi na jednom nivou kodnog stabla su međusobno ortogonalni. Kodovi nisu ortogonalni na svoje prethodnike i naslednike. U opštem slučaju postoje dva različita pristupa za dodelu kodova i obezbeđivanje prenosa podataka različitim brzinama prenosa. Prvi pristup podrazumeva da su svi kodovi međusobno ortogonalni i koriste se samo kodovi sa faktorom proširenja 512 (*Orthogonal Constant Spreading Factor*, OCSF). Da bi se koristila manja brzina prenosa, korisniku se dodeljuje više istih kodova, ali zbog toga mu je potrebno onoliko primopredajnika koliko kodova namerava da koristi, što u ovom slučaju predstavlja značajan nedostatak. U drugom pristupu (OVSF) koristi se samo jedan kôd po korisniku, ortogonalan sa kodovima koje koriste ostali korisnici. To povećava blokiranje kodom, što ukazuje na značaj mehanizama upravljanja raspodelom kodova.



Slika 7 – Blokiranje kodom
Figure 7 – Code blocking

Blokiranje kodom predstavlja nedostatak slobodnog koda, u situacijama kada kodno stablo zapravo ima dovoljan slobodan kapacitet, ali zbog fragmentacije kodova trenutno ne može dodeliti potreban kôd korisniku, kao što je prikazano na slici 7. Fragmentacija u nivou sa brzinom R uzro-

kovala je da su kodovi sa brzinom 2R rezervisani i ne mogu da se raspodele. Međutim, dovoljno je da se jedan kôd u nivou R preraspodeli, i zahtev za brzinu 2R može se prihvatiti. Jednostavnom preraspodelom rešen je problem blokiranja koda i zahtev sada neće biti odbačen. Blokiranje kodom nastaje i zbog fragmentacije kodova, koja može biti interna i eksterna (Saini, et al, 2008, pp.143-147). Kada korisnici napuštaju mrežu, kodovi nasumično postaju slobodni, i to na nepredvidivim mestima u kodnom stablu, što predstavlja eksternu fragmentaciju. Interna fragmentacija nastaje zbog kvantizacije brzina koje se dodeljuju, pa tako, na primer, ako je korisniku potrebna brzina prenosa 86kb/s, biće mu dodeljen kod za brzinu 128kb/s (prva veća brzina od 64), jer se dodeljuju brzine koje predstavljaju stepen broja 2. Uticaj fragmentacije umanjuje se korišćenjem različitih strategija dodeljivanja i ponovnog dodeljivanja kodova, odnosno pregrupisavanja, prikazanih u većem broju radova kao što su (Saini, et al, 2008, pp.143-147), (Minn, Siu, 2000, pp.1429-1440) i (Askari, 2011, pp.151-156).

Zaključak

S obzirom na veliki značaj upravljanja resursom u bežičnim mrežama, kao i značaj pravilnog izbora algoritma za upravljanje, u ovom radu izvršena je komparativna analiza algoritama za upravljanje pristupom u mobilnim bežičnim mrežama. Posebna pažnja posvećena je algoritmima za upravljanje pristupom u WCDMA mreži. S tim u vezi, razmatrane su i neke posebnosti ove tehnologije, koje utiču na izbor načina rada algoritma. U radu su, radi celovitog pregleda, dati pregled i kritički osvrt na pravce razvoja algoritama za upravljanje pristupom. Kao što se vidi, tokom vremena ovi algoritmi su se razvili u mnogim pravcima. Neki od njih su prestali da se razvijaju dalje, a kod nekih pravaca posebno je iskazan interes naučne i stručne javnosti, pa je bilo i mnogo prikazanih rezultata. Takođe, ukazano je na prednosti, ali i na nedostatke pojedinih od navedenih algoritama. Kao što se vidi iz navedenih referenci, veliki broj radova, od kojih su neki sasvim novi, posvećen je ovoj aktuelnoj tematici. Izdvaja se karakteristika adaptibilnosti pojedinih servisa po pitanju potrebne količine resursa, pa je ovu osobinu, primenom odgovarajućeg algoritma za pristup, moguće i iskoristiti za ostvarivanje većeg broja prihvaćenih zahteva i bolje upravljanje resursom. Zbog aktuelnosti OVSF kodova obrađen je i uticaj načina raspodele OVSF kodova na raspoloživi kapacitet i broj prihvaćenih zahteva u UMTS mreži.

Literatura

Aboelaze, M., Elnaggar, A., 2004, "Performance Evaluation of a Call Admission Control Protocol for Cellular Networks", In Proc. International Conference on Wireless Networks, pp. 505-508.

- Aboelaze, M., Elnaggar, A., Musleh, M., 2005. "A Priority Based Call Admission Control Protocol with Call Degradation for Cellular Networks", In Proc. International Symposium on Wireless Communication Systems, pp. 71-75.
- Adachi, F., Sawahashi, M. and Okawa, K., 1997. "Tree-structured generation of orthogonal spreading codes with different lengths for forward link of DS-CDMA mobile radio," *IET Electronics Letters*, vol. 33, pp. 27-28.
- Akhtar, S., Malik, S.A. and Zeghlache, D., 2001. "Prioritized Admission Control for Mixed Services in UMTS WCDMA Networks", In Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), pp. 133-137.
- Akl, R. and Nguyen, S., 2006. "UMTS Capacity and Throughput Maximization for Different Spreading Factors", *Journal of Networks*, Vol. 1, pp. 40-49.
- Al-Monayyes, A., AboElFotouh, H., 2002. "A new dynamic channel management strategy for cellular networks in downtown areas", *Kuwait Journal of Science and Engineering*, Vol. 29, pp. 15-26.
- AlQahtani, A.S., 2011. "Adaptive Resource Allocation Scheme for TETRA Networks with Multi-operators", The Second International Conference on Access Networks, ACCESS, Luxembourg.
- Askari, M., 2011. "Efficient Channelization Management in WCDMA", *European Journal of Scientific Research*, Vol. 50, pp. 151-156.
- Ayyappan, K., and Kumar, R., 2010. "Service Utilization Based Call Admission Control (CAC) Scheme for WCDMA Network", *International Journal of Research and Reviews in Computer Science (IJRRCS)*, Vol. 1, pp. 66-70.
- Ayyappan, K., and Kumar, R., 2010. "QoS Based Capacity Enhancement for WCDMA Network with Coding Scheme", *International Journal of VLSI Design & Communication Systems (VLSICS)*, Vol. 1, pp. 10-19.
- Badia L., Zorzi, M., and Gazzini, A., 2002. "On the Impact of User Mobility on Call Admission Control in WCDMA Systems", In Proc. IEEE VTC Fall Conference, pp. 121-126.
- Bakmaz, B., and Bojković, Z., 2007. "Kontrola pristupa u bežičnim mrežama naredne generacije", In Proc. Telekomunikacioni forum Telfor,
- Baloch, R.A., Awan, I., and Min, G., 2007. "Analytical Model for Mobility Management using Guarded Channel Scheme", In Proc. Annual Postgraduate Symposium on Convergence of Telecommunications, Networking and Broadcasting (PGNET), pp. 387-389.
- Beigy, H., and Meybodi, M.R., 2005. "An adaptive call admission algorithm for cellular networks," *Elsevier Computers and Electrical Engineering*, Vol. 31, pp. 132-151.
- Capone, A., and Redana, S., 2001. "Call Admission Control Techniques for UMTS", In Proc. IEEE VTC Fall Conference, pp. 959-929.
- Cardei, M., Cardei, I., and Du, D.Z., 2005. *Resource Management in wireless Networking*, Springer Science, Boston.
- Chan, W., Chin, F.Y.L., Ye, D., Zhang, Y. and Zhu, H., 2007, "Greedy Online Frequency Allocation in Cellular Networks", *Information Processing Letters*, Vol. 102, pp. 55-61.

- Chang, C.J., Huang, P.C., and Su, T.T., 1996. "A channel borrowing scheme in a cellular radio system with guard channels and finite queues", In Proc. IEEE ICC, Vol. 2, pp. 1168-1172.
- Chen, H.H., Hank, D., Magaña, M.E., and Guizani, M., 2007. "Design of Next-Generation CDMA Using Orthogonal Complementary Codes and Offset Stacked Spreading," *IEEE Wireless Communications*, vol. 14, pp. 61-69.
- Chen, X., and Fang, Y., 2003. "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme in Multimedia Wireless Networks", In Proc. IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), Vol. 5, pp. 2830-2834.
- Chiu, M. and Bassiouni, M., 2000. "Predictive schemes for handoff prioritization in cellular networks based on mobile positioning", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 18, pp. 510-522.
- Dimitriou, N., Sfikas, G. and Tafazolli, R., 2000. "Call Admission Policies for UMTS", In Proc. IEEE VTC Spring Conference, pp. 1420-1424.
- Djukanovic, G., Sunjevaric, M., Gospic, N., and Chen, H.H., 2010. "Dynamic guard margin CAC algorithm with ensured QoS and low CDP in heterogeneous wireless networks", *Elsevier Computer Communications*, Vol. 33, pp. 1645-1650.
- Fang, Y., 2002. "Call Admission Control Schemes and Performance Analysis in Wireless Mobile Networks", *IEEE Transactions on vehicular Technology*, Vol. 51, pp. 371 - 382.
- Ghaderi, M., 2006. *Impact of Mobility and Wireless Channel on the Performance of Wireless Networks*, University of Waterloo, Waterloo, PhD Thesis.
- Ghaderi, M., and Boutaba, R., 2006, "Call Admission Control in Mobile Cellular Networks: A Comprehensive Survey", *Wireless Communications & Mobile Computing Journal*, Vol. 6, pp. 69 - 93.
- Glišić, S.G., 2006. *Advanced Wireless Networks, 4G Technologies*, John Wiley & Sons, West Sussex, England.
- Gunnarsson, F., Lundin, E.G., Bark, G., Wiberg, N., 2002. "Uplink Admission Control in WCDMA Based on Relative Load Estimates", In Proc. *IEEE International Conference on Communications (ICC)* , pp. 3091-3095.
- Haas, H., McLaughlin, S., 2011. "A Dynamic Channel Assignment Algorithm for a Hybrid TDMA/CDMA-TDD Interface Using the Novel TS – Opposing Technique", *IEEE Journal on selected areas in communications*, Vol. 19, pp. 1831-1846.
- Heine, G., 1998. *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*, Artech House, London.
- Holma, H., and Laakso, J., 1999. "Uplink admission control and soft capacity with MUD in CDMA", In Proc. *IEEE Vehicular Technology Conference*, Vol. 1, pp. 431-435.
- Holma, H., and Toskala, A., 2004. *WCDMA for UMTS, Radio Access For Third Generation Mobile Communications*, John Wiley & Sons, West Sussex, England.
- Hong, D., and Rappaport, S., 1986. "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures", In Proc. *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, pp. 77-92.

Hong, X., Xiao, Y., Ni, Q., and Li, T., 2006. "A Connection-level Call Admission Control Using Genetic Algorithm for Multi-Class Multimedia Services in Wireless Networks", *International Journal of Mobile Communications*, Vol. 4, No.5, pp. 568 – 580.

Hou, J., Yang, J., and Papavassiliou, S., 2002. "Integration of Pricing with Call Admission Control to Meet QoS Requirements in Cellular Networks," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 13, pp. 898-910.

Jovanović, V., Jovanović, D., 2012. *Iskustva stranih armija u primeni RFID tehnologije u logistici*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 60, No. 2, pp. 118-138, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd.

Katzela, I., Naghshineh, M., 1996. "Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems: A comprehensive survey", *IEEE Personal Communications Magazine*, Vol. 3, pp. 10–31.

Khadiwi, P., Samavi, S., Saidi, H., and Todd, T.D., 2006. "Handoff in hybrid wireless networks based on self organization", In Proc. IEEE International Conference on Communications, Vol. 5, pp. 1996-2001.

Khadiwi, P., Todd, T.D., Samavi, S., Saidi, H. and Zhao, D., 2008. "Mobile ad hoc relaying for upward vertical handoff in hybrid WLAN/cellular systems", *Elsevier Journal on Ad hoc Networks*, Vol. 6, pp. 307–324.

Kim, H.B., May 2005. "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for Multimedia Mobile Cellular Networks", In Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC), Vol. 5, pp. 3088-3094.

Kyriazakos, S.A., and Karetos, G.T., 2004. *Practical Radio Resource Management in Wireless Systems*, Artech House, Boston, London.

Leong, C.W., Zhuang, W., Cheng, Y., and Wang, L., 2006. "Optimal Resource Allocation and Adaptive Call Admission Control for Voice/Data Integrated Cellular Networks", In Proc. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 55, pp. 654 – 669.

Levine, D., Akyildiz, I. and Naghshineh, M., 1997. "A resource estimation and call admission algorithm for wireless multimedia networks using the shadow cluster concept", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 5, pp. 1–12.

Lin, Y., Mohan, S. and Noerpel, A., 1994. "Analyzing queueing priority channel assignment strategies for hand-off and initial access for a pcs network", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 43, pp. 704-712.

Lui, Z., and Zarki, M. E., 1994. "SIR Based Call Admission Control for DS-CDMA Cellular Systems", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, pp. 638-644.

Malarkkan, S., Ravichandran, V.C., 2006. "On the Performance Analysis of Call Admission Control with SIR Guard Margin in WCDMA Systems with Multi Class, Non-Uniform Traffic Distribution", *Information Technology Journal*, Vol. 5, pp. 937-943.

Minn, T. and Siu, K.Y., 2000. "Dynamic Assignment of Orthogonal Variable - Spreading Factor Codes in W-CDMA", *IEEE Journal on Selected Areas in communications*, Vol. 18, pp: 1429-1440.

Mishra, J.L., Dahal, K.P., and Hossain, M.A., 2006. "Call Admission Control using Cell Breathing Concept for Wideband CDMA", In Proc. International Conference on Software Knowledge Information Management and Applications (SKIMA).

Moorman, J. R. and Lockwood, J. W., 2001. "Wireless call admission control using threshold access sharing", In Proc. IEEE Globecom, Vol. 6, pp. 3698 – 3703.

Naghshineh, M. and Schwartz, M., 1996. "Distributed call admission control in mobile/wireless networks", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 14, pp. 711-717.

Ojesanmi, O.A., and Famutimi, R.F., 2009. "Adaptive Threshold Based Channel Allocation Scheme for Multimedia Network", *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, Vol. 9, pp. 260 - 265.

Perez-Romero, J., Sallent, O., Agustí, R., and Diaz-Guerra, M.A., 2005. *Radio resource management strategies in UMTS*, John Wiley & Sons, West Sussex, England.

Ramjee, R., Nagarajan, R. and Towsley, D., 1996. "On Optimal Call Admission Control in Cellular Networks", In Proc. Joint Conference of the IEEE Computer Societies, Networking the Next Generation (INFOCOM), Vol. 1, pp. 43–50,

Redana, S., and Capone, A., 2002. "Received Power-Based Call Admission Control Techniques for UMTS Uplink", IEEE VTC Fall Conference, pp. 2206-2210.

Saini, D.S., Bhooshan, S.V., and Chakravarty, T., 2008. "OVSF code groups and reduction in call blocking for WCDMA systems", *Indian Journal of Radio & Space Physics*, Vol. 37, pp. 143-147.

Samčović B.A., 2011. *Tehnološke karakteristike digitalnog standarda DVB-H za difuzni video-prenos kod prenosivih uređaja*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 3, pp. 146-160, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd.

Šunjevarić, M., 2004. *Osnovi radio komunikacija sa radio tehnikom*, Studio Line, Beograd.

Tsai, T.H., and Wu, T.M., 2008. Adaptive Service Rate for Soft Handoff Cellular CDMA Systems over Nakagami-m Fading Channels", In Proc. IEEE International Symposium of Consumer Electronics, pp. 1–4.

Tugcu, T. , and Ersoy, C., 2001. "Resource management in DS-CDMA cellular systems using the reservation area concept", European Personal Mobile Communications Conference.

Wu, M., Wong, E., and Li, J.J., 2003. "Performance evaluation of predictive handoff scheme with channel borrowing", In Proc. IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference, pp. 531-536.

Wu, X. and Yeung, K.L., 1998. "Efficient channel borrowing strategy for multimedia wireless networks", In Proc. IEEE GLOBECOM, Vol. 1, pp. 126-131.

Yang, Y. and Yum, T.S.P., 2004. "Maximally Flexible Assignment of orthogonal variable spreading factor codes for multi-rate Traffic", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 3, pp. 781-792.

Ye, Z., Law, L.K., Krishnamurthy, S.V., Xu, Z., Dhirakaosal, S., Tripathi, S.K., and Molle, M., 2007. "Predictive channel reservation for handoff prioritization in wireless cellular networks", *Elsevier Computer Networks*, Vol. 51, pp. 798 – 822.

Zaim, A.H., 2003. "A Markov Model to Calculate New and Hand-off Call Blocking Probabilities in LEO Satellite Networks", *Journal of Research and Practice in Information Technology*, Vol. 35, pp. 271 – 283.

Zhang, Y., 2008. "Call Admission Control in OFDM Wireless Multimedia Networks", In Proc. IEEE International Conference on Communications, pp. 4154–4159

ADAPTIVE CONTROL OF CALL ACCEPTANCE IN WCDMA NETWORK

FIELD: Telecommunications, IT
ARTICLE TYPE: Review Paper

Summary:

In this paper, an overview of the algorithms for access control in mobile wireless networks is presented. A review of adaptive control methods of accepting a call in WCDMA networks is discussed, based on the overview of the algorithms used for this purpose, and their comparison. Appropriate comments and conclusions in comparison with the basic characteristics of these algorithms are given. The OVSF codes are explained as well as how the allocation method influences the capacity and probability of blocking

Introduction

We are witnessing a steady increase in the number of demands placed upon modern wireless networks. New applications and an increasing number of users as well as user activities growth in recent years reinforce the need for an efficient use of the spectrum and its proper distribution among different applications and classes of services. Besides humans, the last few years saw different computers, machines, applications, and, in the future, many other devices, RFID applications, and finally networked objects, as a new kind of wireless networks "users". Because of the exceptional rise in the number of users, the demands placed upon modern wireless networks are becoming larger, and spectrum management plays an important role. For these reasons, choosing an appropriate call admission control algorithm is of great importance.

Multiple access and resource management in wireless networks

Radio resource management of mobile networks is a set of algorithms to manage the use of radio resources with the aim is to maximize the total capacity of wireless systems with equal distribution of resources to users. Management of radio resources in cellular networks is usually located in the base

station controller, the base station and the mobile terminal, and is based on decisions made on appropriate measurement and feedback. It is often defined as the maximum volume of traffic load that the system can provide for some of the requirements for the quality of service. Resource management should preserve the capacity and distribute a proper allocation among users. It has an important place in various commercial networks such as GSM and WCDMA (UMTS), but also in professional networks and network security organizations, such as PMR and PAMR, including TETRA network.

Location and design of radio resource

Radio resource management is performed in the radio access networks and mobile terminals. The objectives of the management of radio resources are defined to allow the execution of the following tasks: to guarantee QoS for different applications, maintenance of the planned coverage, and capacity optimization of the system. Various new services have different needs, so it is no longer possible to pre-allocate resources correctly or to full-dimension network in advance.

Main types of algorithms for access control

In fixed networks, resources are planned in a static way, and the management of resources is quite easy. Mobile networks enable mobility which includes unanticipated movements and possible grouping of users. Mobility brings new qualities such as freedom of service on the move, but also a new assignment for the operator - preserving the continuity of services, or signal covering the territory of interest, and providing sufficient capacity to users and quality handover realization.

Resource management in networks with hard capacities

Due to the nature of wireless networks, radio resources such as transmission power of base stations and used radio-spectrum are generally limited. Networks with hard capacities are limited by the number of channels. In order to provide services with good quality and large capacity, advanced methods to share the available radio spectrum in the most efficient ways are needed. The methods of sharing spectrum are called multiple access techniques.

Access management in a 3G network based on the user count

The direct relation between the number of users and the system capacity is very characteristic in networks with hard capacities. For systems with so-called "Soft" capacity, there is no direct relationship between the number of users and available capacity for incoming requests, and the number of served users depends on the SIR threshold. However, there is the algorithm that follows a very simple approach in which decisions about access are based only on the number of users already present in the system. The use of the algorithm represents a direct mapping of strategies

from 2G systems in which the capacity is limited with hard boundaries, and a decision is made on the basis of already admitted users in the system.

The methods of resource management used in modern wireless networks

In previous research of access control algorithms in wireless networks, in the broadest terms, two basic methods could be used: deterministic and stochastic methods. Deterministic algorithms imply that QoS parameters are one hundred percent guaranteed for the duration of the connection, which is not practical in real systems. In the stochastic CAC algorithms, QoS cannot be guaranteed one hundred percent, but instead, with a certain probability.

Resource reservation

Methods with reserved channels, or generally speaking the reserved resources, are known in the literature as Guard Channel or GC methods. Algorithms with static reservation often result in poor utilization of resources. Algorithms with dynamic thresholds have the threshold that adapts to real needs (for example, if at the particular location many requests for handover connections appear, then the part of the resources saved for handover can dynamically be increased).

Influence of the OVSF codes distribution method to the number of accepted requests in the WCDMA network

The OVSF codes are used in WCDMA networks to support different transmission rates for multimedia services. They are variable in length, and using a smaller factor achieves higher transmission rates. In recent years, a significant number of papers have been devoted to efficient allocation of these codes aiming to maximize system capacity and reduce the probability of rejection of connection requests. OVSF code allocation algorithms are usually designed in association with CAC algorithms in order to perform universal capacity management in access networks.

Conclusion

Given the great importance of resource management in wireless networks and the importance of a proper choice of the control algorithm, the algorithms for the admission control in mobile wireless networks are analyzed. A special attention is given to the algorithms for the admission control in WCDMA networks. In this regard, the point is made to some of the specifics of the WCDMA technology, which affect the choice of algorithm work modes.

Key words: Algorithms, CAC, Call Admission Control, Multimedia, WCDMA.

Datum prijema članka/Paper received on: 01. 07. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 23. 08. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 25. 08. 2012.

SYNTHESIS OF NANOSIZED METALLIC PARTICLES FROM AN AEROSOL

Srećko R. Stopić
IME Process Metallurgy and Metal Recycling,
RWTH Aachen University, Aachen, Germany

DOI: 10.5937/vojtechg61-3601

FIELD: Materials

ARTICLE TYPE: Review Paper

Abstract:

The synthesis of metallic nanoparticles from the precursor solution of salts using the ultrasonic spray pyrolysis method was considered in this work. During the control of process parameters (surface tension and density, the concentration of solution, residence time of aerosol in the reactor, presence of additives, gas flow rate, decomposition temperature of aerosol, type of precursor and working atmosphere) it is possible to guide the process in order to obtain powders with such a morphology which satisfies more complex requirements for the desired properties of advanced engineering materials. Significant advance in the improvement of powder characteristics (lower particles sizes, better spheroidity, higher surface area) was obtained by the application of the ultrasonic generator for the preparation of aerosols. Ultrasonic spray pyrolysis is performed by the action of a powerful source of ultrasound on the corresponding precursor solution forming the aerosol with a constant droplet size, which depends on the characteristics of liquid and the frequency of ultrasound. The produced aerosols were transported into the hot reactor, which enables the reaction to occur in a very small volume of a particle and formation of nanosized powder. Spherical, nanosized particles of metals (Cu, Ag, Au, Co) were produced with new and improved physical and chemical characteristics at the IME, RWTH Aachen University. The high costs associated with small quantities of produced nanosized particles represent a limitation of the USP-method. Therefore, scale up of the ultrasonic spray pyrolysis was performed as a final target in the synthesis of nanosized powder.

Ključne reči: Aerosol, nanoparticles, ultrasound, spray, pyrolysis, MMCT transition.

* ACKNOWLEDGMENT: I would like to thank Prof. Ilija Ilic, Faculty of Technology and Metallurgy of the Belgrade University, Prof. Dragan Uskokovic and Prof. Olivera Milosevic, Institute of Technical Sciences of the Serbian Academy of Sciences and Arts in Serbia for my initial steps in the USP process and their support in the synthesis of metallic nanosized particles. My thanks for the continuous support are especially addressed to Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Bernd Friedrich, the doctoral candidates Jelena Bogovic and Albrecht Schwinger, and our technicians Dieter Leimbach and Friedrich Rosen at the IME, RWTH Aachen University.

Nanoparticles- Properties and synthesis

Aerosol represents a substance consisting of very fine particles of a liquid or solid suspended in a gas. Mist, which consists of very fine droplets of water in the air, is also an aerosol. PRIZnano (Prizma, Kragujevac) is a high frequency ultrasonic atomizer of liquids used in the process of gaining nanopowder by deploying ultrasonic spray pyrolysis (as shown in Fig. 1).

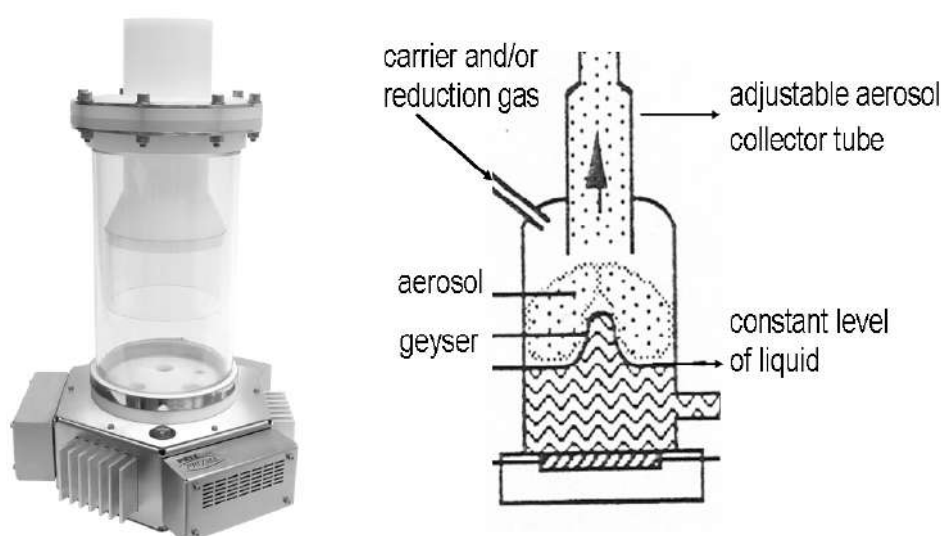


Fig. 1 – Aerosol production by the ultrasonic atomiser by Prizma, Kragujevac
Slika 1 – Proizvodnja aerosola pomocu ultrazvucnog rasprsnivaca Prizma, Kragujevac

During high frequency ultrasonic atomization, a piezoelectric crystal coated with glass installed at the bottom of the sonication vessel vibrating at a frequency of 1.7 MHz supplies the energy required for atomizing the liquid (Fig. 1). When the ultrasonic vibrations are sufficiently intense, a fountain rises from the surface of the liquid due to acoustic pressure waves and breaks up at the apex as a result of the gravitational effect (1999, <http://www.prizma.rs/ml/index.php>).

The word “Nano” (symbol n) is derived from the Greek “dwarf” and was firstly officially confirmed as standard in 1960. This prefix in the metric system denotes a factor of 10^{-9} or 0.000000001. It is frequently encountered in science and electronics for prefixing units of time and length. Nanostructured materials have shown an explosion of scientific

and industrial interest over the last few decades (Rittner, Abraham, 1998, pp.37-47), (BMBF, 2006), (Lüchinger, et al, 2010, pp.89-101), (Cammer, 2009, pp.214-217), (Stopić, et al, 2010, pp.419-426), (Dittrich, et al, 2011, pp.1065-1076), (Messing, et al, 1993, pp.2707-2726).

These unique materials are distinguished from conventional polycrystalline micron materials by their fine crystallite sizes. A significant higher fraction of atoms are located at the surface of nanosized particulates as compared to conventional prepared powders.

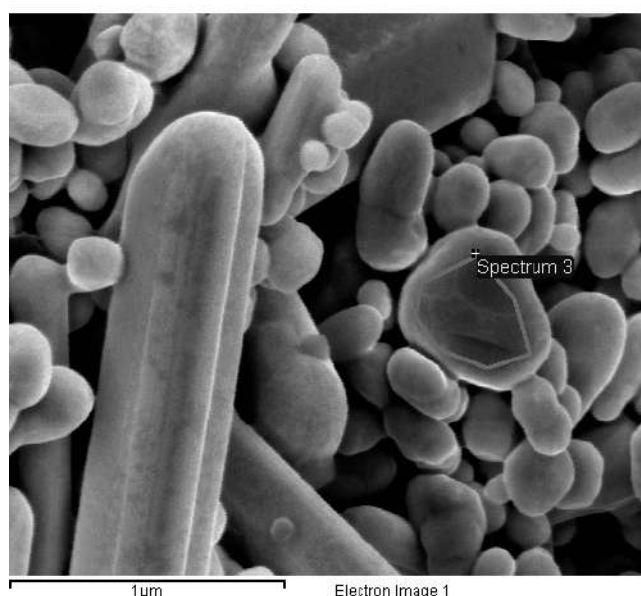


Figure 2 – Nanogold produced from an old jewellery scrap by the USP – method (Rudolf, et al, 2012, pp.195-212)

Slika 2 – Nanozlato proizvedeno iz starog nakita pomocu USP – postupka (Rudolf, et al, 2012, pp.195-212)

This structural characteristic is responsible for the enhanced reactivity of nanoparticles compared to conventional materials. Changes in properties at the nano-size scale are especially shown in the following cases: electrical (higher electrical conductivity in ceramics), magnetic (increase of magnetic coercivity down to a critical grain size), mechanical (enhanced ductility, toughness, and formability of ceramics), optical (increase in luminescent efficiency of semiconductors). As shown in Figure 3, a decrease of the particle radius leads to a lower melting point of gold, which gives a new characteristic for some applications in medicine and catalysis. Modification of the rate of evaporation at the melting point was considered by (Buffat, Borell, 1976, pp.2287-2297).

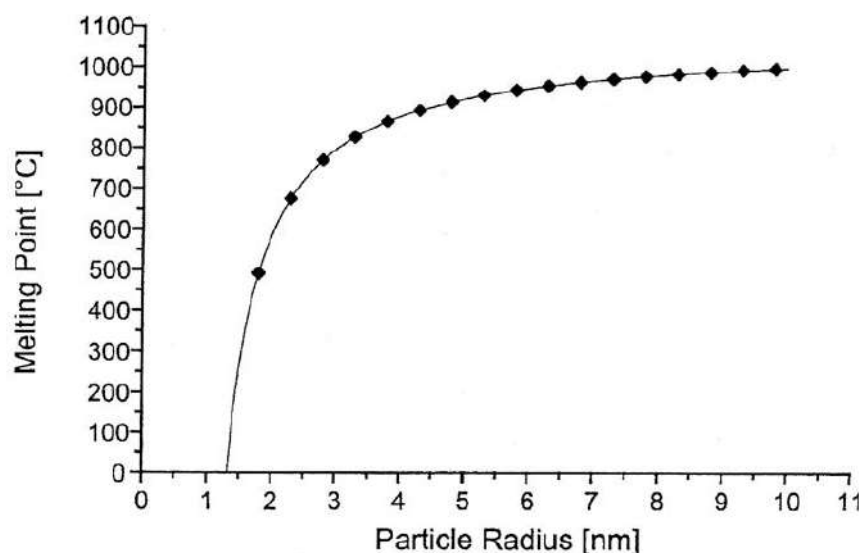


Figure 3 – Change of the melting point depending on the gold particle radius (Buffat, Borell, 1976, pp.2287-2297)

Slika 3 – Promena tačke topljenja u zavisnosti od precnika cestica zlata (Buffat, Borell, 1976, pp.2287-2297)

Together with a high degree of biocompatibility of gold, these structures show a potential in a wide variety of biological applications. It has also been speculated that they play role in a future cancer diagnosis and therapy. To improve early cancer detection, researchers are developing in vivo biomedical imaging techniques with the resolution to distinguish between healthy and malignant tissues. The examination of the journal literature and especially patents granted before 1978 by (Bond, 2008, pp.235-241) reveals frequent observation of the potential of gold as catalyst, some of which may inspire new directions for work on its applications. (Qi, 2008, pp.224-234) reported about the production of propylene oxide over nanogold catalysts in the presence of hydrogen and oxygen.

The synthesis of nanoparticles contains two different strategies: „Top-Down“ and „Bottom-Up“. The meaning of „Top-Down“ is based on mechanical grinding of initial materials to small dimensions (Raab, et al, 2008, pp.1-4).

It is necessary to decrease the powder size in order to perform Hall-Petch strengthening and apply a severe plastic deformation to powder particles to perform work hardening. High energy milling has a potential for realizing the new ideas of material designers, but experimental costs are high. The meaning of „Bottom-Up“ is related to the physico-chemical preparation methods. The precipitation methods are usually used for the purification of spent solution.

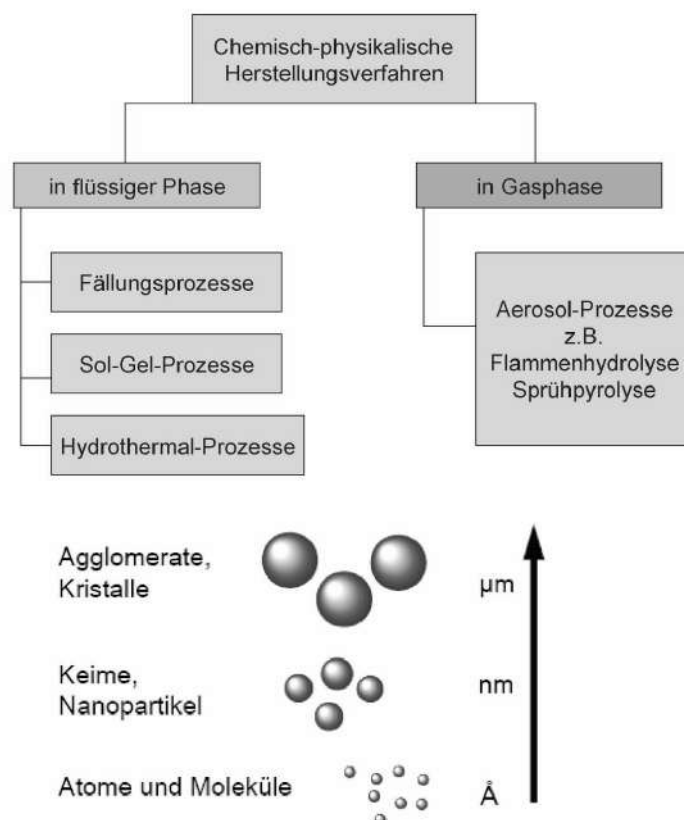


Figure 4 – Physico-chemical processes for the synthesis of nanoparticles (Raab et al, 2008, pp. 1-4)

Slika 4 – Fiziko-hemijski procesi za sintezu nanocestica (Raab, et al. 2008, pp.1-4)

The hydrothermal process was applied under high pressure and temperature aiming at the dissolution of metal from different solid materials. From precursors such as metal alkoxides and metal chlorides, the sol-gel method produces ceramic materials. The chosen precursors undergo hydrolysis and polycondensation reactions to form a colloid and in subsequent reaction to polymer materials. The synthesis from the gas phase is widely used via the flame spray pyrolysis FSP method. Oxide nanopowders ranging from single metal oxides such as TiO_2 , Al_2O_3 to more complex nanocatalysts were produced by FSP with capacity until 100 g/hour. As reported by (Bang, Suslick, 2010, pp.1039-1059) powder synthesis through aerosol routes enables the generation of submicronic to nanoscaled powders from a variety of precursor solutions.

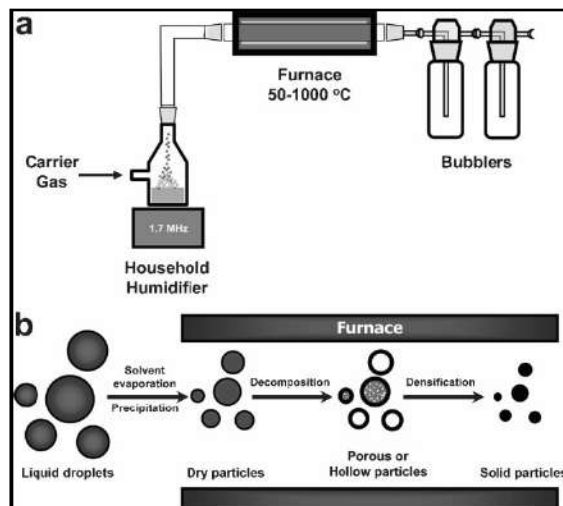


Figure 5 – a) USP-method (a) and b) mechanism of the USP synthesis
(Bang, Suslick, 2010, pp.1039-1059)

Slika 5 – a) USP-postupak i b) Mehanizam USP-Sinteze
(Bang, Suslick, 2010, pp.1039-1059)

The USP-process involves the formation of droplets of the precursor solution in a form of aerosol and a subsequent thermal decomposition in the hot reactor producing metal powders. Because of simplicity, easy to produce multicomponent materials, generation of spherical and un-agglomerated powders and the use of a variety of commercially available (inexpensive) precursors (metal nitrates, chlorides, acetates, sulphates), the USP has been chosen for the technique for the synthesis of metallic nanopowders. Spray pyrolysis is a useful tool for large-scale or small-scale production of particles with a controlled particle size because the final product properties can be controlled through the choice of precursor and solution concentration or by changing the aerosol decomposition parameters.

Generally, in the USP-process, a reaction temperature and a carrier gas are basic operating variables. In addition, solution properties such as precursor composition, concentration, or reducing agent may be crucial to achieve the desired product composition and morphology. Because of wide application, the preparation of different metal particles by the spray pyrolysis of metal salts is especially challenging. Using the aerosol synthesis, a single-step preparation process of catalytic materials is possible (Au/TiO_2 , Ag/TiO_2), thus avoiding separated steps such as drying and calcination, which are needed in “traditional” wet chemistry processes. The technical limitation of the USP- technique which is relatively low production rate (g per hour), will be especially considered in order to solve these problems. A small aerosol production and prepared nanopowder quantities by different atomizers were shown in Table 1.

Table 1 – Analysis of the USP-process from 2M AgNO₃ by
(Pluym, et al, 1993, pp.383-392)
Tabela 1 – Analiza USP-procesa iz raznih generatora prikazanih u
(Pluym, et al, 1993, pp.383-392)

Droplet (μm)	Aerosol Production (ml/h)	Theoretical production rate per one transducer (g/h)	Particle size (μm)	Type of used generator
0.5-0.7	2.2	0.5	>0.4	TSI 3076 atomiser
0.2-0.5	6	1.3	1.7	BGI collision CN-25 generator
2.0-5.0	10–12	2.2	1.7	ultrasonic Pollenex home humidifier

Some agglomeration and aggregation are mostly problems related to the finally prepared nanosized particles. The controlled synthesis of nanoparticles via the changing of the reaction parameters, especially of the carrier gas flow, is one way of preventing the agglomeration of particles. Because of the high reactivity of metallic nanopowders (“explosive combustion”), due to their large surface area, special care must be taken to the drying process.

Comparison with different spray pyrolysis methods

Nomenclature for spray pyrolysis (SP) processes is very different in literature: solution aerosol thermolysis, evaporative decomposition of solutions, ultrasonic spray decomposition, mist decomposition, spray roasting, chemical reactions with aerosols, plasma vaporizations of solutions, aerosol decomposition, spray hydrolysis. Concerning the atomizer used (pressure, ultrasonic, electrostatic, nebulizer) a variety of spray pyrolysis methods has been developed in the last 25 years. Regarding the characteristics of the used atomizers, the next processes are available as shown in Table 2:

Table 2 – Characteristics of the atomizers used for the SP method
(Tsai, et al, 2004, pp.3647-3657)
Tabela 2 – Karakteristike atomizera korišćenih za raspršivanje
(Tsai, et al, 2004, pp.3647-3657)

Atomizer	Droplet size (μm)	Atomization rate (cm ³ /min)	Droplet Velocity (m/s)
Pressure	10-100	3- no limit	5-20
Nebulizer	0.1-2.0	0.5-5	0.2-0.4
Ultrasonic	1-10 (f=0.8-2.5 MHz) 10-100 (f=0.04-0.6 MHz)	<2	0.2-0.4
Electrostatic	0.1-10	<1	<1
Ultrasound-modulated two-fluid nozzle	6- 50	5	

By comparing ultrasound-modulated two-fluid atomization with conventional ultrasonic atomization techniques (Tsai, et al, 2004, pp.3647-3657), (Messing, et al, 1993, pp.2707-2726) reported that the particles are much smaller than those produced by the conventional USP- method. By reviewing publications by (Jung, et al, 2010, pp.1621-1645) in the last 25 years, the total number of papers is around 4800, among which 3600 papers were published in the last 10 years. Based on the frequency of appearance in major journals, as shown in Fig. 6, the number of papers contributed from Asian countries exceeds the number of papers published by the colleagues from American and European countries. Although in the last 25 years the colleagues at the Institute of Technical Sciences of the Serbian Academy of Sciences and Arts together with The Vinca Institute of Nuclear Sciences have had approx. 500 international references related to spray pyrolysis, these data are missing in this publication by (Jung, et al, 2010, pp.1621-1645). Spray pyrolysis has been mostly used for many years for the production of ceramic powders. Many applications are presented in the automotive and food industries, environmental protection, chemicals and medicine.

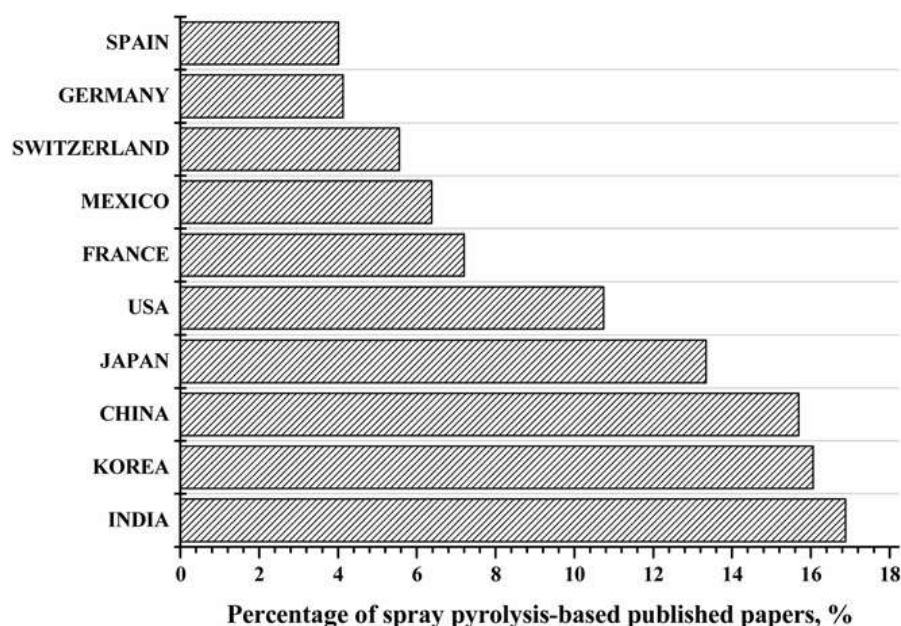


Figure 6 – Leading countries in the SP research for the last 10 years
(Jung, et al, 2010, pp.1621-1645)

Slika 6 – Vodeće zemlje u istraživanju procesa raspršivanja u poslednjih 10 godina
(Jung, et al, 2010, pp.1621-1645)

Ultrasound-modulated two-fluid (UMTF) atomization

Ultrasound-modulated two-fluid (UMTF) atomization has a higher throughput and produces a narrower drop size distribution and a smaller peak drop diameter (the diameter where the peak of a drop-size distribution occurs) than conventional ultrasonic atomization (without air) at the same ultrasonic frequency. Ultrasonic generator, furnace with three different thermal zones, carrier-gas (air flow) and filter system for produced powders capture were the main components of the equipment in order to intensify the USP method. The equipment has been arranged using the ultrasonic generator, the gradient furnace, and the carrier-gas- system and the filter unit. Because the UMTF atomization produces more uniform drop size, heat and mass transfer rates are easier to manipulate, resulting in a greater control over the particle size during spray pyrolysis. By comparing the UMTF atomization with conventional ultrasonic atomization techniques (with both commercial ultrasonic nozzles and home-made ultrasonic nebulizers) and by varying the drop size (with peak diameters ranging from 7 to 55 μm), the study by (Tsai, et al, 2004, pp.3647-3657) examined quantitatively the relationship between the precursor drop size and the resulting particle size. They reported that the particles produced by the UMTF spray pyrolysis are much smaller than those produced by the conventional USP method. A careful subsequent comparison of precursor drop sizes to product particle sizes reveal that in addition to the conventionally-accepted one particle per drop mechanism, spray pyrolysis may also involve the gas to particle conversion mechanism, which creates nanoparticles much smaller than those predicted by the one particle per drop mechanism alone. At the same time, various droplet spray generators show some advantages and disadvantages.

Table 3 – Comparison of different atomization methods
(Tsai, et al, 2004, pp. 3647-3657)

Tabela 3 – Poređenje različitih metoda atomizacije
(Tsai, et al, 2004, pp. 3647-3657)

Atomizer	Generation mechanism	Advantages	Disadvantages
Pressure	Shear force by expansion of pressurized liquid	High productivity	Large size (50 μm) Hard to control size and distribution
Two-Fluid	Shear force exerted on liquid entrained by expansion of pressurized gas	High productivity and relatively easy to control size and size distribution	Low number of concentration of droplets

Ultrasonic	Shear force exerted by ultrasonic cavitation generated by the piezoelectric disc	Uniform droplets with diameter less than 10 μm Easy to operate	Not applicable to high concentration or high viscosity solution
Electrostatic (Electrospray)	Additional shear force exerted by the electric field formed by high bias voltage between the needle and the substrate surface	Charged droplets are useful for thin film and pattern formation	Small productivity Only for conducting liquid
Ultrasound-modulated two-fluid nozzle UMTF	Combination of pressurized expansion of liquid and ultrasonic cavitations	Stable production of droplets	Difficult to reduce droplet size

Expansion of a pressurized liquid stream through a nozzle is the simplest method with a high productivity of droplets in the range of 50 μm . A two fluid nozzle is similar to a pressurized nozzle except that a liquid is entered into the gas stream so that the shear force exerted on the liquid is larger than in a pressurized nozzle.

Commercial application and perspective

Although simple liquid atomization is a promising method to produce particles of controlled morphology and designed substructure, some commercial applications of spray pyrolysis have been slow. Only the following companies Degussa, Dupont and Cabot, have made many efforts in successful commercial applications. Dupont was successful in the production of silver paste for a plasma display panel in cooperation with SMP Company. TiO_2 pigment was firstly produced via the spray hydrolysis process by BHP Billiton and finally developed by Altair in Reno, Nevada. The feed solution of titanium chloride was subjected to rapid evaporation to form amorphous, homogeneous, dense thin films. Two spray hydrolyzers are available in Reno, Nevada. The smaller has a capacity of 12 l/h and the larger processes 200 l/h. The capacity of spray hydrolysis for Altair equipment corresponds to 40 kg/h TiO_2 from a 120 g/l Ti solution. Similar equipment is available industrially at a large scale, up to several tons/h in one unit. The Altair Company, Reno, has also developed a recipe to produce large batches of coated, non-photocatalytically active particles for use in cosmetic applications requiring a high degree of ultra violet absorption (Verlhust et al., 2002, pp. 85-94)



Figure 7 – Spray hydrolyser (Altair Nanomaterials Inc. Reno, Nevada)
(Verlhusst et al, 2002, pp. 85-94)

Slika 7 – Raspršivanje vodenih rastvora (Altair Nanomaterials Inc. Reno, Nevada)
(Verlhusst et al, 2002, pp. 85-94)

Kodas has reported in US Patent 7128852 that using 1000 transducers produced 2 kg/h submicron powder by the aerosol method (Verhulst, et al, 2002, pp.89-94). He ground the Superior MicroPowders, now Cabot corporation/USA for Inkjet application. In 2006 IME, RWTH developed a vertical USP-system, containing: Ultrasonic atomizer; reactor with 3 heating zones, electrostatic precipitator and scanning mobility particle sizer for on-line measurement of prepared nanoparticles.

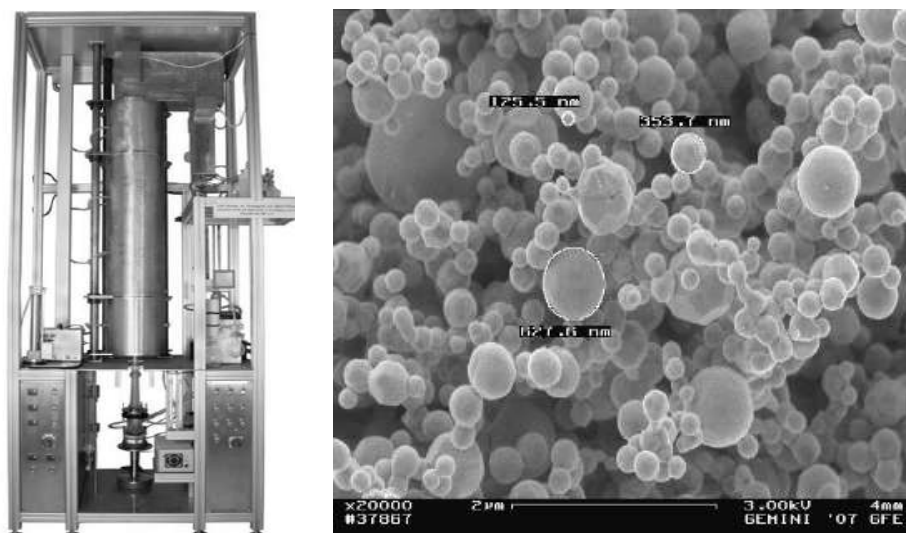


Figure 8 – USP-Synthesis at the IME, RWTH University/SEM analysis of nanosilver
Slika 8 – USP-sinteza na IME, RWTH Univerzitetu/SEM analiza od nanosrebra

Scale up of the USP was performed by IME, RWTH and ELINO Industrie—Ofenbau GmbH, Düren as shown in Figure 9:

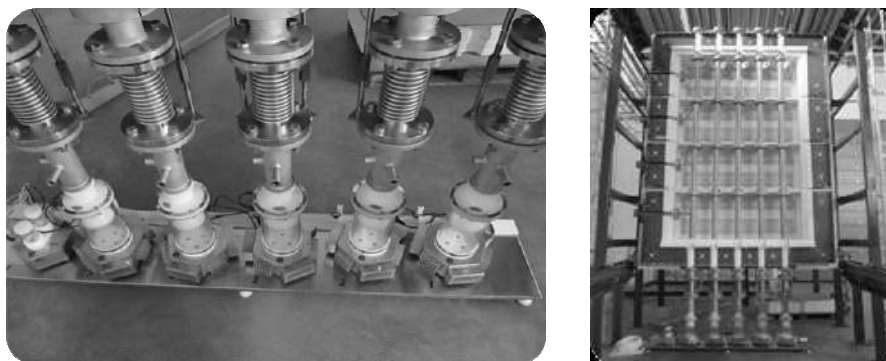


*Fig. 9 – USP-generators & wall heated reactors/Scale up of the USP- process
(Matula, et al, 2013, pp.1-5)*

*Slika 9 – USP-generatori & Reaktori/ Uvecana USP-proizvodnja
(Matula, et al, 2013, pp.1-5)*

Industrial scale for nanopowder production contains: A. system of five Aerosol ultrasonic generators, B. High-temperature furnace with 5 wall heated reactors, C. Two Electrostatic filters, D. Vacuum system. In cooperation with Elino GmbH engineers from Düren, Germany, and based on the previously built prototype in a micro scale by the IME Institute (Fig. 9), after nearly 6 months of intensive work of two teams: scientific one from the IME Institute and the engineering one from Elino GmbH, the first design of a demo scale version of the device with working title "MIRANDA" was developed. The main engineering challenge was to transfer scientific achievements and maintain the process specifics in a macro scale in order to produce metallic nanosized particles (Kodas, et al, 2006).

Conclusion

Nanosized metal particles (Au, Ag, Cu, Co) and their application in medicine, catalysis and electronics have been one of main research topics in the last decades at the IME, RWTH Aachen University. Because of simplicity, easy to produce nanosized spherical particles of metals and the use of a variety of inexpensive metal salts (nitrates, chlorides, acetates, sulphates), ultrasonic spray pyrolysis was preferred for this synthesis. On the other hand, industrial application of nanosized metals is still a challenge with a limited offer of methods suitable for a big scale

production, especially when it comes to obtaining target morphology and complex composition. The scale up of the Ultrasonic Spray Pyrolysis (USP) process was successfully performed in Aachen by the IME, RWTH Aachen University and Elino GmbH, Düren, Germany.

Literature

- Bang, J.H., & Suslick, K.S. 2010. Applications of Ultrasound to the Synthesis of Nanostructured Materials. *Advanced Materials*, 22(10), pp. 1039-1059. doi:10.1002/adma.200904093
- BMBF. 2006. *Nanotechnology, Innovations for the World in the Future*, 52.
- Bond, G. 2008. The early History of Catalysis by Gold. *Gold Bulletin*, 41(3), pp. 235-241. doi:10.1007/BF03214875
- Buffat, P., & Borel, J.P. 1976. Size Effect on the Melting Temperature of Gold Particles. *Physical Review A*, 13(6), pp. 2287-2298. doi:10.1103/PhysRevA.13.2287
- Cammer, K. 2009. Nanotechnology: Ten Secrets of Innovation. *Metal*, 5(63), pp. 214-217.
- Dittrich, R., Stopić, S., & Friedrich, B. 2011. Mechanism of Nanogold Formation by Ultrasonic Spray Pyrolysis. In: *Proceeding of EMC 2011, Volume 3: Resources efficiency in the non-ferrous metals industry-optimization and improvement*, Duesseldorf, , pp. 1065-1076
- Jung, D.S., Park, S.B., & Kang, Y.C. 2010. Design of Particles by Spray Pyrolysis and Recent Progress in its Application. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 27(6), pp. 1621-1645. doi:10.1007/s11814-010-0402-5
- Kodas, T., & et al., 2006. *Aerosol Method and Apparatus, particulate Products, and electronic Devices made therefrom*, US Patent 7128852.
- Lüchinger, N., Stark, W., & Halim, S. 2010. Innovations in Health Care via Nanoparticles. *GIT Labor-Fachzeitschrift*, 1, pp. 89-101.
- Matula, G., Bogovic, J., Stopić, S., & Friedrich, B. 2013. Ultrasonic Spray Pyrolysis Equipment for Nanopowder Production- Part 1. *Heat Processing*, 1, pp. 1-5.
- Messing, G.L., Zhang, S., & Jayanthi, G.V. 1993. Ceramic Powder Synthesis by Spray Pyrolysis. *Journal of the American Ceramic Society*, 76(11), pp. 2707-2726. doi:10.1111/j.1151-2916.1993.tb04007.x
- Pluym, T.C., Powell, Q.H., Gurav, A.S., Ward, T.L., Kodas, T.T., Wang, L.M., & Glicksman, H.D. 1993. Solid Silver Particle Production by Spray Pyrolysis. *Journal of Aerosol Science*, 24(3), pp. 383-392. doi:10.1016/0021-8502(93)90010-7
- Qi, C. 2008. The Production of Propylene Oxide over nanometer Au Catalysts in the presence of H₂ and O₂. *Gold Bulletin*, 41(3), pp. 224-234. doi:10.1007/BF03214874
- Raab, C.M., Simkó, M., Fiedeler, U., Nentwich, M., & Gázsó, A. 2008. Synthesis of Nanoparticles and Nanomaterials. *Nano Trust Dossiers*, 8(11), pp. 1-4.
- Rittner, M.N., & Abraham, T. 1998. Nanostructured Materials: An Overview and Commercial Analysis. *Journal of Metals*, 1, pp. 37-47.

Rudolf, R., Friedrich, B., Stopic, S., Anzel, I., Tomic, S., & Čolić, M. 2012. Cytotoxicity of Gold Nanoparticles Prepared by Ultrasonic Spray Pyrolysis. *Journal of Biomaterials Applications*, 5, pp. 195-212.

Stopic, S., Friedrich, B., Volkov, T., & Raic, K. 2010. Mechanism and Kinetics of Nanosilver Formation by Ultrasonic Spray Pyrolysis- Progress Report after a successful up-scaling. *Metall, First part*, 10, pp. 419-426.

Tsai, S.C., Song, Y.L., Tsai, C.S., Yang, C.C., Chiu, W.Y., & Lin, H.M. 2004. Ultrasonic Spray Pyrolysis for Nanoparticles Synthesis. *Journal of Materials Science*, 39(11), pp. 3647-3657. doi:10.1023/B:JMSC.0000030718.76690.11

Verhulst, D., Sabacky, B., Spitler, T., & Duyvesteyn, W. 2002. The Altair TiO₂ Pigment Process and its Extension into the Field of Nanomaterials. *CIM Bulletin*, 95, pp. 89-94.

(1999) Retrieved from <http://www.prizma.rs/ml/index.php/>

SINTEZA NANOČESTICA METALA IZ AEROSOLA

OBLAST: materijali

VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak

Sinteza nanočestica metala iz rastvora metalnih soli korišćenjem ultrazvučnog raspršivanja USP razmatrana je u ovom radu. Preko kontrole procesnih parametara (površinski napon i gustina, koncentracija rastvora, vreme zadržavanja aerosola u reaktoru, protok gasa, temperatura razlaganja aerosola, vrste prekursora i zaštitna atmosfera) moguće je voditi proces u nameri da dobijemo prahove zahtevane morfologije, koja zadovoljava složene zahteve novih inženjerskih materijala. Značajna prednost je u poboljšanju karakteristika praha (manje čestice, bolja sferičnost, veća specifična površina) dobijena korišćenjem USP-procesa. USP-proces se izvodi delovanjem jakog izvora ultrazvuka na rastvor prekursora stvarajući aerosol sa konstantom veličinom kapi, koja zavisi od karakteristika tečnosti i frekvence ultrazvuka. Nastali aerosoli su transportovani nosećim gasom u reaktor na određenoj temperaturi, koji omogućava da se reakcija odvija u maloj zapremini čestice i formiranje nanočestica prahova. Nanoprahovi bakra, srebra, zlata i kobalta pripremljeni su sa poboljšanim fizičkim i hemijskim karakteristikama. Visoki troškovi proizvodnje i mala količina prahova jedno su ograničenje USP-procesa. Zato je uvećana proizvodnja jedan od najvažnijih ciljeva USP- procesa.

Key words: aerosol, nanočestice, ultrazvuk, sprej, piroliza, MMCT tranzicija

Datum prijema članka/Paper received on: 17. 03. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 21. 05. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 23. 05. 2013.

ELECTRONIC MAIL FORENSICS

Milorad S. Markagić
University of Defence in Belgrade, Military Academy,
Department of Telecommunications and Informatics,
Belgrade

DOI: 10.5937/vojtehg61-1434

FIELD: Telecommunications, IT
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Abstract:

In general, digital forensics could be defined as a compilation of methods of collecting, analysing and presenting digital evidence that could be found on computers, servers, in networks, databases, mobile devices and all other electronic devices where data is stored. This paper explains the methods of collection of digital evidence in electronic mail and their analysis as well as taxonomy (classification) of digital forensics.

Key words: digital forensics, computer forensics, electronic mail.

Introduction

Electronic mail is becoming a part of evidence in a large number of both civil and criminal forensic investigations. Electronic mail and mail based on internet servers spread fast and thus easily and equally fast ends in a computer of a user for whom it is not intended. The first electronic message was sent by Ray Tomilson in 1971, and then, years later, with the use of personal computers and the Internet, it grew into a global means of communication, private and business alike (Swaminathan, et al, 2009). Furthermore, it is also used as a means of fun, besides information exchange, and as such represents an indispensable source of digital evidence when a computer security incident occurs.

The mail, based on internet servers, is very useful during an investigation. If a suspect has an account on a certain mail server, it is possible, with the appropriate permission of the provider and a court order, to find even deleted messages as most providers in their user privacy policy do not guarantee deletion of data on backup systems.

Every electronic message is sent as a series of packages. During transport in the network, each of these packages has to contain the following elements:

Source address: IP address of the sender's computer, with the exception of certain cases when the address is hidden,

Destination address: IP address of the recipient's computer,

Payload: data or message that are actually the main purpose of exchange of electronic message.

Routers forward packages from the beginning position to the ending destination according to their routing tables.

From a forensic standpoint, client-server electronic mail systems are best for information search because all messages are downloaded to the user's local computer i.e. hard disk, making investigation easier as the forensic analyst has an access to the data storage medium.

Servers could be accessed as well, for the purpose of searching through their electronic mail activity records, as well as for possible new messages. It is not possible to switch off the electronic mail production server in order to perform a search. Rather, security copies are checked first and, should everything else fail, last resort would be to switch off the server (Carrier, 2009).

Electronic Mail Analysis

Every electronic message consists of two parts: header and message text. The source and destination addresses, the message sender and the intended recipient could be obtained from the header, and the message body contains the text of the message (Caloyannides, 2009).

Most electronic mail clients usually show only basic information in their header:

from whom – sender's address: this field could be disguised, i.e. sender identification could show another person, while the real IP sender's address is hidden,

for whom - recipient address: that could also be hidden, i.e. disguised,

subject (or title) – this field can sometimes be empty or could contain misleading and often encrypted information or a message with previously agreed upon methods of communication and procedures,

Date and time – obtained from the sender's computer, which may be incorrect if the clock on sender's computer is set wrongly, intentionally or accidentally.

As the basic header information cannot be taken for granted, search has to be extended to the information that is shown in it. The extended header contains far more information than the routers require to deliver a message to its final destination.

The most useful information in the extended header is the IP address of the source. This information makes it possible to track the sender. First, the electronic mail server picking up the message assigns to it a specific identification number. It is possible to follow it in actual and real time and its path through the network only if the investigator gains the access to the server logs before the information searched for is deleted.

In addition to viewing the header and the text of a message, it is necessary to check other potential sources of information:

- attachments with extensions (.doc, .xls, pictures...),
- addresses stated in CC and BCC fields (Carbon Copy or Blind Carbon Copy),
- names of people to whom the message is forwarded, and
- original message or a series of messages to which this is a response, or a response to a message being investigated.

It should by no means be assumed that the logged user has sent all messages because in any working environment the co-workers share computers and computer log-in passwords, and thus many gain access to the computer under investigation (Nolan, et al, 2005).

The process of forensic extraction of electronic messages in the client-server environment consists of common general steps. A vast number of electronic mail systems use one of the following three protocols:

- SMTP – Simple Mail Transfer Protocol,
- POP – Post Office Protocol, or
- IMAP – Internet Message Access Protocol.

Transport of electronic messages becomes standardized with the usage of these protocols. The challenge is getting electronic messages from a variety of client electronic mail applications using forensic tools.

Two most commonly used client software packages are:

Outlook – Besides the standard options of an electronic mail application, it contains: Calendar, Tasks and Contact Manager. These provide a detailed insight into a daily routine of the suspect. Unlike Outlook Express, it stores all data within a single user identity, in a document with an extension .pst that could be accessed using the forensic tools FTK or EnCase.

Outlook Express – Stores data in a document with an extension .dbx. Viewing is possible with an appropriate viewer application. Every user account opened in Outlook Express is assigned a hexadecimal number sequ-

ence (hash) that Microsoft uses for account identification. These user account identity numbers are stored in sub-directories, either in Documents or in Settings, depending on the version of the operating system used.

Outlook Express, Outlook, AOL, Eudora and Thunderbird store electronic mail locally, on a computer, which remarkably simplifies viewing and search operations. In this way, as well as by viewing server mail logs, one can reach the information that links the server and the electronic message simply by viewing the identification message (Volonino, Anzaldúa, 2008).

Electronic Mail Document Extensions

In the cases when only documents needed for the viewing of electronic messages are required to be found, or when specific documents stored within a message are required to be copied, it is possible to use a system on the investigated computer or expert software such as Outlook Extract Pro or Outlook Export.

Far more appropriate, safer and simpler is to use forensic tools such as EnCase or FTK with built-in browsers that permit viewing and recording database contents as well as their copying to other media for further analyses. Forensic tools automate the process of data downloading and copying, thus making it easier to analyze data and to generate log reports.

Document extensions for frequent electronic mail clients, and depending on a client, may be .abi, .arl, .aim, .bag, .mbx, .dbx, .dgr, .emb, .pab, .pst, .wab....

Computer forensics software can be used to open almost all electronic messages formats, thus clearing possibilities for the following:

- Detailed search of electronic messages,
- Reading/viewing message header information,
- Copying electronic messages in their entirety (header, address, text), and
- Grouping and classifying messages.

These activities are made on working copies of original data (Carrier, 2009).

Analysis of Electronic Mail based on Internet servers

Public web systems such as Google, Yahoo, Hotmail, gmail etc, are commonly used for personal communication by means of electronic mail. These systems are used without client software and represent a client-server system. The web mail system delivers electronic messages using

the SMTP protocol or applying POP or IMAP protocols. Web mail is not kept locally on a computer, unless the client explicitly requests otherwise, but is stored on a [public] server.

The access to an E-mail account on a server or collecting user account data by providers greatly reduces the work load of a forensic investigator. If the access is denied, a web mail message could be reached by accessing RAM and cache memory. When the user checks messages or is in a process of creating a new one, the operating system saves data from the screen onto the hard disk, especially if the user needs more time to complete composing the message.

Places where one could search for web mail messages on a local computer are: temporary file locations such as system swap partitions or cache memory and unallocated partitions following the deletion of temporary files and documents.

Downloading data from temporary files is a time-consuming process even if some forensic tools are used, because the reconstruction of the internet page is done from the nonformatted digital space.

Web mail on a local computer has a form of a web page and an E-mail functionality; therefore, one should look for documents with .html extensions. As the times/time stamps when the user has visited web pages could not be taken into consideration, i.e. cannot be accepted, As the user's web page view log cannot be valid after some time, their number could be significantly downsized if one takes into consideration the use of specific key words and checks for services the suspect has used.

Temporary Documents

Operating systems create temporary documents for applications that send and receive data through the network. These data are first stored in the RAM and, when it fills up, the operating system moves data lower on its data list of priorities that applications require and writes them on a hard disk. There is no particular and exclusive space where temporary documents are stored because some applications create additional temporary files to the ones created by the operating system.

Applications that do not have the means to temporarily store data leave it up to the operating system to store data using swap data files or virtual memory. If and when the application needs temporarily stored information, the operating system sends it to the application and erases it from the hard disk. Even though the swap databases could be deleted, it is possible to recover data because it still physically exists in the disk, i.e., until new data is written over it (Swaminathan, et al, 2009), (Nolan, et al, 2005).

Internet Explorer has also an option of saving pages that have been accessed by the browser. And although the number of days Internet Explorer is to store this information is left to the user to adjust, it should be noted that they do not disappear after being deleted. Internet Explorer uses the index.dat document for creating a database of accessed pages, cookies and other details related to the use of search engines.

It is possible to extract these data from index.dat documents and inversely reconstruct the user log-in history to the point when the user first accessed the Internet on that computer and browser. Mozilla, Google Chrome and Opera use similar methods of saving surf histories.

Instant Messages

In big organizations the communication with the users is often done by instant messaging. Employees within the company communicate between themselves by instant messaging, and these are also frequently used for personal conversation as well. People exchange messages that are going through servers and the work process in this case is almost identical to the work process of electronic mail, with the main difference being that it is taking place in real time.

Some instant messaging software packages provide options for recording conversation history, but very few users do choose this option. Parts of conversations could be found on servers, but whole conversations may be found only if the option of conversation history is switched on or if the network traffic of a computer from which instant messages are sent is recorded while the communication is in progress.

There are also real-time forensic methods. Tools such as Web Case offer partial forensic tracking of data in real time by storing IP addresses, chat sessions and other communication through internet connection (Volonino, Anzaldúa, 2008).

Conclusion

The technology of today allows for change and manipulation of digital media in ways that have been impossible only a few years ago. The technology of the future will almost certainly bring about manipulations of digital media in ways that seem impossible today. As technology continues its evolution, it will be increasingly important that digital forensics keeps its pace with the developments and progress. And as techniques are developed, as well as methods for revealing computer frauds, newer and more sophisticated methods of forgeries and counterfeiting will emerge, ones that will be much harder to bring to light.

It is a neverending and continuous struggle between software developers and service providers on the one side, and malicious users and criminals on the other.

The field of digital forensics will continue to make the creation of convincing and plausible forgeries whose goals are to deceive and mislead an arduous and difficult task by developing new methods, algorithms and tools.

References

- Caloyannides, M.A., 2009, "Forensics Is So Yesterday", IEEE Security & Privacy, Volume 7, Number 2,
- Carrier, B.D., 2009. "Digital Forensics Works", IEEE Security & Privacy, Volume 7, Number 2,
- Nolan, R., Branson, J., Wait, C., O'Sullivan, C., 2005. "First Responders Guide to Computer Forensics", CERT,
- Swaminathan, A., Wu, M., Ray Liu, K.J. 2009. "Component Forensics", IEEE Signal Processing Magazine, Volume 26, Number 2,
- Volonino, L., Anzaldúa, R., 2008. "Computer Forensics", Wiley Publishing Inc.

FORENZIKA ELEKTRONSKE POŠTE

OBLAST: telekomunikacije, informacione tehnologije

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

U najopštijem smislu digitalna forenzika može se definisati kao skup metoda za prikupljanje, analizu i prezentaciju digitalnih dokaza koji se mogu pronaći na računarima, serverima, u računarskim mrežama, bazama podataka, mobilnim uređajima i svim drugim elektronskim uređajima na kojima se čuvaju podaci. U ovom radu opisane su metode prikupljanja digitalnih dokaza u elektronskoj pošti i njihova analiza.

Uvod

Elektronska pošta se kao dokazni materijal pojavljuje u velikom broju kako građanskih, tako i kriminalnih forenzičkih istraga. Elektronska pošta i elektronska pošta zasnovana na internet serverima širi se veoma brzo, pa lako i brzo završi i na računaru korisnika kome nije namenjena.

Prvu elektronsku poruku poslao je Ray Tomilson 1971. godine, a deset godina kasnije, u kombinaciji sa personalnim računarima i internetom, prerasta u globalni način komuniciranja – i personalnog i poslovnog. Takođe, koristi se i radi zabave, načina razmene podataka, ali predstavlja i nezamenjiv izvor digitalnih dokaza, kada dođe do računarskog incidenta.

Analiza elektronske pošte

Svaka elektronska poruka sastoji se od dva dela: zaglavlja i teksta poruke. Iz zaglavlja je moguće saznati izvorišnu i odredišnu adresu pošiljaoca i namenjenog primaoca, a telo poruke sadrži tekst poruke.

Ekstenzije dokumenata elektronske pošte

U slučajevima kada je potrebno otkriti samo dokumente potrebne za pregled elektronskih poruka, ili kopirati pojedinačni dokument sačuvan unutar elektronske pošte, moguće je koristiti sistem na istraživačkom računaru ili specijalizovani softver kao što je Outlook Extract Pro ili Outlook Export.

Mnogo ispravniji, sigurniji i jednostavniji način je korišćenje forenzičkih alata, kao što su EnCase ili FTK, sa ugrađenim pregledačima koji omogućavaju pregled i snimanje sadržaja baze podataka, kao i njihovo kopiranje na druge medije za dalju analizu. Forenzički alati automatizuju proces skidanja i kopiranja podataka, pa ih je jednostavnije analizirati i generisati izveštaj.

Analiza elektronske pošte zasnovane na internet serverima

Za personalnu komunikaciju često se koriste Web servisi za elektronsku poštu: Google, Yahoo, Hotmail, Gmail.... Ovi se servisi koriste bez upotrebe softvera klijenata elektronske pošte i sačinjavaju klijent-server sistem. Web mail sistem predaje elektronsku poruku koristeći SMTP protokol i POP ili IMAP protokole. Web pošta se ne čuva na lokalnom računaru, osim ako to korisnik izričito ne zahteva, već ona ostaje memorisana na serveru.

Pristup nalogu elektronske pošte na serveru ili prikupljanje podataka o korisničkom nalogu od strane pružaoca usluga umnogome smanjuje količinu posla forenzičkom istražiocu. Ako pristup nije dozvoljen, do web mail poruka može se doći pregledom radne i keš memorije. Kada korisnik proverava poruke, ili sastavlja novu, operativni sistem sačuva podatke sa ekrana na hard disku, pogotovo ako korisniku treba više vreme da sastavi poruku.

Privremeni dokumenti

Operativni sistemi kreiraju privremene dokumente za aplikacije koje šalju i primaju podatke preko mreže. Ti se podaci prvo skladište u radnoj memoriji, a kada se ona popuni, operativni sistem pomera podatke niže na listu prioriteta podataka koji su potrebni aplikacijama i zapisuje ih na tvrdi disk. Ne postoji posebno i jedinstveno područje gde se čuvaju privremeni dokumenti, jer neke aplikacije stvaraju dodatne privremene datoteke uz one što ih stvara operativni sistem.

Aplikacije koje nemaju mogućnost privremenog čuvanja podataka prepuštaju operativnom sistemu da ih memoriše, koristeći swap datoteke ili virtualnu memoriju. Kada aplikaciji zatreba privremeno sačuvani

podatak, operativni sistem ga šalje aplikaciji i briše sa hard diska. Iako se swap datoteke brišu, do podataka je ipak moguće doći, jer još uvek fizički postoje na disku.

Instant poruke

U većim organizacijama komunikacija sa korisnicima se češće obavlja putem instant poruka. Radnici u okviru firme međusobno razgovaraju instant porukama, a veoma se često koriste i za lične međusobne razgovore. Osobe međusobno razmenjuju poruke koje putuju preko servera, a princip rada skoro je identičan kao princip rada elektronske pošte, sa osnovnom razlikom da se odvija u realnom vremenu.

Zaključak

Današnja tehnologija omogućava promenu i manipulaciju digitalnim medijem na načine koji su pre nekoliko godina bili nemogući. Buduća tehnologija gotovo će sigurno omogućiti manipulacije digitalnih medija na način koji se danas čini nemogućim. Kako tehnologija nastavlja svoju evoluciju, biće sve važnije da digitalna forenzika održi korak sa tim razvojem. Kako se razvijaju tehnike i metode za otkrivanje računarskih prevara, razviće se i nove sofisticiranije metode izrade falsifikata koje će biti teže otkriti.

Ključne reči: digitalna forenzika, računarska forenzika, elektronska pošta.

Datum prijema članka/Paper received on: 30. 01. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 20. 02. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 22. 02. 2012.

TRETMAN OTPADNIH VODA

Randjel N. Kitanović^a,
Vanja M. Šušteršič^b

^a Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,
Odeljenje logistike, Beograd

^b Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

DOI: 10.5937/vojtehg61-1749

OBLAST: hemijske tehnologije
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Kvalitet života na Zemlji u budućnosti umnogome će zavisići od količine ispravne vode. Kao najosnovniji izvor života voda se nemilice troši i zagađuje. Da bi se ovaj trend zaustavio, veliki broj zemalja preduzima opsežne mere i ulaže velika sredstva kako bi se zaustavilo zagađivanje vode i u prirodu vratila čista nezagađena voda. Cilj prečišćavanja je dobijanje čiste vode, a kao nusproizvod pri tretmanu nastaje otpadni mulj. Čista voda vraća se u prirodu, a otpadni mulj šalje se na dalji postupak obrade. U ovom radu prikazani su osnovni postupci za prečišćavanje otpadnih voda i postupaka za preradu produkata iz zagađene vode. Rad može poslužiti i kao osnova za dalju razradu.

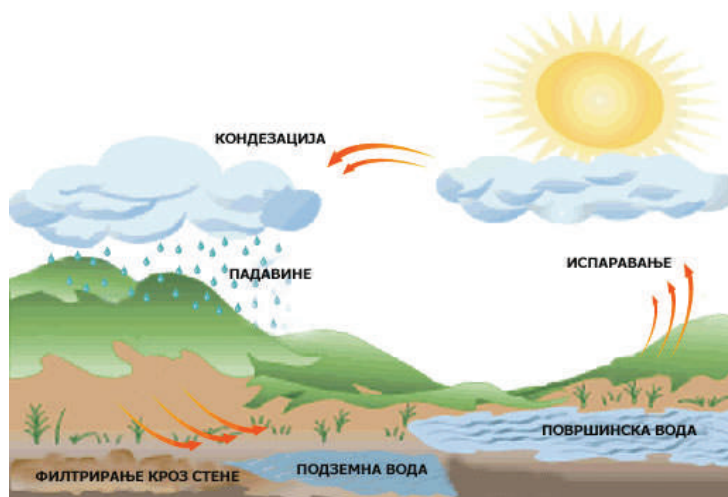
Ključne reči: vode, otpadne vode, tretman, proizvod, procedura, život, čišćenje.

Uvod

Voda koja je zagađena i obeščišćena na bilo koji način jeste otpadna voda (Jahić, 1988). Step en njenog zagađivanja ogleda se u količini štetnih materija koje ona nosi sobom. Ukoliko štetne materije potiču iz industrije govori se o industrijskim otpadnim vodama, a ukoliko dolaze od urbanih sredina i domaćinstava govorimo o komunalnim otpadnim vodama. Da bi se onečišćena voda vratila u prirodu ili dalji postupak, mora se izvršiti njeno prečišćavanje, koje se obavlja mehaničkim, hemijskim i biološkim metodama. Mehaničke metode se u načelu izvode taloženjem i filtriranjem. Mehanički postupci zasnivaju se na uklanjanju fizičkih nečistoća vode i na principu delovanja fizičkih sila (gravitacija, pritisak). Hemijskim procesima prečišćavanja nazivamo procese u kojima se prečišćavanje obavlja pomoću određenih hemijskih reakcija ili određenih fizičko-hemijskih fenomena. Po pravilu, to su aditivni procesi: unose se hemikalije u vodu da bi se uklonilo zagađivanje. Biološki procesi prečišćavanja zasnivaju se na aktivnosti kompleksne mikroflore, koja u toku svog život-

nog ciklusa usvaja organski i deo neorganskih materija koje čine zagađenje otpadne vode, koristeći ih za održavanje životnih aktivnosti i za stvaranje novih ćelija. Otpadni materijal iz procesa prerade otpadnih voda trebalo bi da ima visok udeo izdvojenih komponenata i mali udeo preostale vlage. Kod većine postrojenja za prečišćavanje produkti iz procesa prečišćavanja su u vidu mulja sa masenim udelom vode 96–98%. Izbor postupaka obrade i odlaganja muljeva najviše zavisi od njihovih karakteristika. Muljevi su, u opštem slučaju, veoma različiti, naročito muljevi prečišćavanja industrijskih otpadnih voda. Od količine mulja i koncentracije suspendovanih čestica najviše i zavisi način obrade mulja. *Kompostiranje* je najjednostavniji način obrade biološki razgradivog mulja (Houillon, Joliet, 2005, pp.287-299). To je biohemijski proces prerade komponenata mulja u stabilan proizvod kompost koji je sličan *humusu*. Kompost može da se koristi i u poljoprivredi za poboljšanje sastava zemljišta. Jedna od mogućnosti je primena mulja i prečišćene vode na poljoprivrednim poljima, pod uslovom da ne sadrže teške metale i druge štetne materije u nedozvoljenim količinama (Vouk, Malus, 2011, pp.341-349).

Kitanović, R., i dr., Tretman otpadnih voda, pp. 122–140

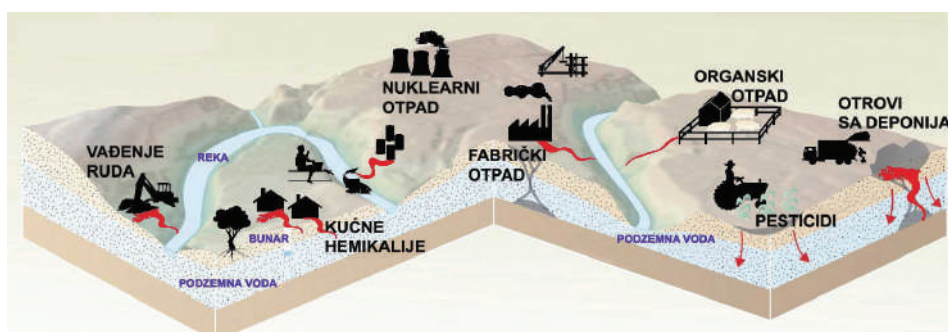


Slika 1 – Kruženje vode u prirodi
Figure 1 – Water Cycle in the Nature

Zagađivanje vode

Voda je osnovni preduslov za život svih živih bića na Zemlji. Zato, voda u kojoj žive ili koju koriste mora imati prirodan hemijski sastav i prirodne karakteristike. Kada se, usled čovekovog delovanja, znatno promeni hemijski sastav vode, kao i odnosi koji u njoj vladaju, kažemo da je

zagađena. Vekovima su ljudi u vodu bacali svoj otpad. Danas vodu zagađuje i vodeni saobraćaj, đubriva i pesticidi sa obradivih površina, rastvarači i deterdženti iz domaćinstava i fabrika, kao i metali iz industrijskih procesa (npr. olovo i živa). Svi ovi zagađivači nalaze svoj put do reka i preko njih dolaze do mora (slika 2).



Slika 2 – Zagađivanje vode
Figure 2 – Water Pollution

Zagađujuće materije dospevaju do vode direktnim i indirektnim putevima. Direktni oblici zagađivanja podrazumevaju formiranje posebnih otpadnih voda u koje čovek ubacuje štetne materije i koje, po pravilu, direktno izliva u rečne tokove. Voda se indirektno zagađuje u procesu spiranja štetnih hemijskih materija u zemljištu. Na tom putu one lagano prelaze u podzemne vode, odakle procesima prirodnog kruženja vode sigurno dolaze do reka, jezera i mora. Zagađenje vode ponekad je i posledica nesreća. Na primer, brodovi koji transportuju naftu ponekad se oštete usled oluje ili sudara. Kada nafta iscure sa broda, ona se razlije po površini otvorenog mora ili reke, a vodenim strujama dolazi i do obale. Tada na hiljade bespomoćnih ptica, riba i drugih životinja strada, a ekološke posledice postaju nemerljive. Masovno uginuće određene grupe organizama u vodi remeti prirodne odnose u biocenozi i izaziva velike promene u čitavom vodenom ekosistemu. Zagađivanje vode otrovnim materijama i patogenim organizmima ima i indirektnu posledicu na čoveka. Jako zagađena voda ne može se koristiti ni za piće, ni za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Da bi se mogla koristiti, neophodno je uložiti velika finansijska sredstva i puno energije za njeno prečišćavanje, kako bi se dovela u upotrebljivo stanje. Osim toga, otpad koji ubacujemo u vodu često završava u telima vodenih životinja, pa nam se mogu vratiti kao hrana. Otrovnne supstance nisu jedini krivci za uništavanje života u vodenim ekosistemima. Otpadne vode, đubrivo i deterdženti bogati su nitratima i fosfatima, supstancama koje biljke koriste za svoj

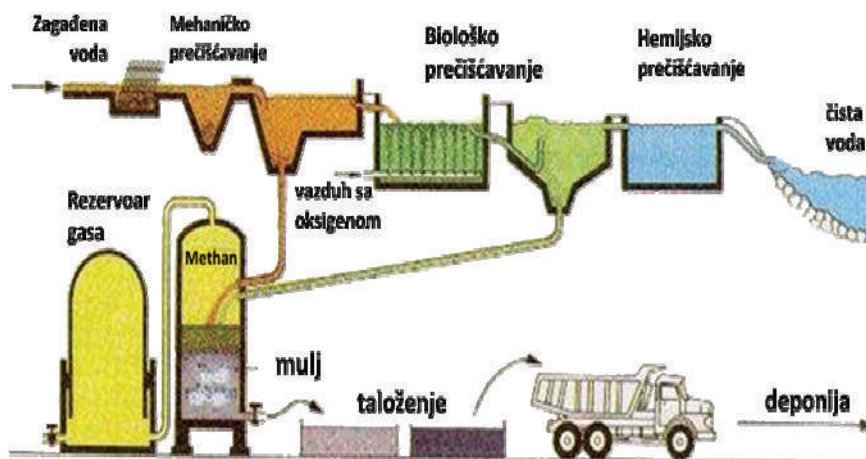
rast. Kada velika količina nitrata i fosfata dospe u vodu, uobičajen rezultat je „populaciona eksplozija“ planktonskih algi. Ova pojava naziva se „cvetanje vode“. Prenamnožene alge su u stanju da potroše gotovo sav kiseonik iz vode, izazivajući uginuća riba i drugih životinja. Višestruki uticaj na promene sastava živog sveta vodenih ekosistema takođe imaju toplotna zagađenja vode. Na mestima izlivanja tople vode koja hladi postrojenja elektrana, temperatura može preći 80°C. Zbog tako visokih temperatura, kao i zbog značajnog smanjenja količine kiseonika na takvim mestima, prirodnu biocenozu zamenjuje siromašna zajednica organizama otpornih prema ekstremnim uslovima života. Dovoljno čiste vode sa očuvanim životnim zajednicama vodenih organizama osnova je čovekovog opstanka na Zemlji. Sve mere zaštite vode mogu se podeliti u tri grupe:

- prva – podrazumeva eliminaciju uzroka zagađivanja,
- druga – smanjenje količine štetnih materija,
- i treća – posebne mere čišćenja vode.

Smanjenje količine zagađujućih materija koje dospevaju do vodenih tokova veoma je značajan vid borbe protiv zagađenja. Ono podrazumeva postavljanje odgovarajućih filtera i posebnih sistema taložnika na mestima gde se izlivaju otpadne vode. Ovde se podrazumeva i obavezno hlađenje toplih voda pre izlivanja u reku. Veoma značajan vid sprečavanja zagađivanja vodenih tokova predstavlja i specijalna zaštita izvorišta, planiranje i postavljanje đubrišta i deponija dalje od vodotokova, smanjenje upotrebe đubriva i pesticida u poljoprivredi, kao i masovno pošumljavanje i čuvanje zemljišta od erozije. Veća zagađenja voda mogu se prečistiti hemijskim i biološkim sredstvima. Hemijska sredstva su različite hemikalije koje se ubacuju u vodu i neutrališu opasne materije. Biološke mere su najefikasnije, jer su bazirane na prirodnim zakonitostima i aktivnostima živih bića. Štednja i racionalno korišćenje predstavljaju jedan od veoma efikasnih načina čuvanja vode od zagađenja. Čiste, pitke vode danas ima vrlo malo, i ima je sve manje, tako da će u budućnosti ona biti sve skuplja. Zbog toga štednja i racionalno korišćenje vode odlažu i njeno neminovno poskupljenje. Pored aktivnih vidova zaštite, vodeni tokovi se štite i odgovarajućim zakonskim sredstvima. Nacionalni i međunarodni zakoni danas ograničavaju izbacivanje otpada u more i kopnene vode. Čiste vode koja se može upotrebiti za piće u prirodi je sve manje, a i količina koja postoji stalno se zagađuje. U reke, jezera i mora ispuštaju se vode iz kanalizacije, otpadne vode iz fabrika, izlivaju nafta i drugi tečni otpaci. Na taj način voda na Zemlji se zagađuje, a troši se i u industriji i poljoprivredi više nego što na Zemlju padne u obliku taloga. Zbog toga se rezerve vode stalno smanjuju, a čovečanstvu preči nestašica vode.

Prečišćavanje vode

Za prečišćavanje vode koriste se: mehanički, biološki i hemijski postupci prečišćavanja (slika 3).



Slika 3 – Proces prečišćavanja vode
Figure 3 – Water Purification Process

Mehanički postupci

Mehanički postupci zasnivaju se na uklanjanju fizičkih nečistoća vode i na principu delovanja fizičkih sila (gravitacija, pritisak). Koji će se postupak primeniti zavisi od karakteristika otpadne vode i traženog stepena prečišćavanja. Mehaničke metode prečišćavanja vode sastoje se od uklanjanja makro i mikrosuspendovanih čestica iz vode, organskog i anorganskog porekla. U tu svrhu koriste se:

- rešetke i sita,
- taloženje,
- flotacija,
- filtriranje,
- centrifugiranje,
- taložnici za pesak,
- hvatači masti,
- primarni taložnici i bazeni za izjednačavanje protoka (Ljubisavljević, Đukić, Babić, 2004).

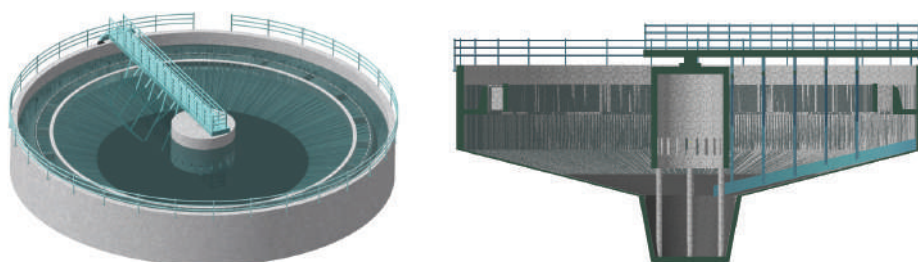
U sklopu ovih postrojenja koriste se i uređaji za aeraciju otpadne vode, kojom se postiže bolje izdvajanje inertnih čestica, flotacija masti i ulja, unos određene količine kiseonika u vodu, kao i desorpcija nekih gasova iz vode.

Rešetke i sita

Pomoću rešetki uklanjaju se krupnije, nerastvorive i plivajuće materije iz otpadnih voda. Njihova uloga je da štite uređaje i cevovode od oštećenja i zagušenja i da olakšaju dalji tretman otpadnih voda. Rešetke pregrađuju dovodni kanal i postavljaju se vertikalno ili pod nagibom, najčešće $40\text{--}70^\circ$.

Taloženje

Taloženje može biti prethodna i završna etapa prečišćavanja vode. Primena rešetki i sita, kao i taložnika za pesak i hvatači masti, mogu se posmatrati kao postupak taloženja sa određenim infrastrukturnim objektima namenjenim za ovi vrstu odvajanja primesa. Infrastrukturni objekti su *taložnici* (slika 4). Dimenzioniranje svih tipova taložnika zavisi od: protoka otpadne vode, koncentracije nerastvorenih komponenti, gustine i mešavine vode i taloga, kinetike taloženja. Nedostatak horizontalnih i radijalnih taložnika je u tome što je izraženo strujanje vode, što izaziva dopunske otpore i sprečava taloženje, kao i problem odvodjenja mulja. U tu svrhu koriste se vertikalni taložnici.



Slika 4 – 3D model primarnog taložnika
Figure 4 – 3D Model of the Primary Clarifier

Flotacija

Isplivavanje čestica na površinu zajedno sa mehurovima vazduha naziva se flotacija. Najbolji efekt postiže se aeracijom mehurova manjeg prečnika na većoj površini. Ubacivanje vazdušnih mehurova u praksi se vrši na sledeći način:

- dodavanjem vazduha u usisnom cevovodu pumpe,
- izdvajanjem mehurova vazduha iz rastvora pri promeni pritiska,
- dispergovanjem vazduha pomoću poroznih elemenata,
- dispegovanjem vazduha pomoću turbinskih uređaja,
- pneumatskim dispergovanjem vazduha.

Filtriranje

Filtriranje je proces koji se u kondicioniranju vode koristi za uklanjanje nerastvorenih materija. Ostvaruje se prolaskom vode kroz sloj granuliranog materijala postavljenog na perforiranu podlogu. Uz odgovarajuće uslove (izbor filterske ispune, brzina filtriranja, dnevna svetlost i sl.) tokom filtriranja mogu se odigravati i neki drugi procesi, kao što su biološka oksidacija amonijaka, katalitičko uklanjanje mangana, sorpcija teških metala, rastvaranje organskih materija, kao i zadržavanje bakterija i virusa. U zavisnosti od toga pod kojim se uslovima primenjuju, tehnike filtriranja se dele na:

- filtriranje koje se odvija u kontrolisanim uslovima i
- filtriranje koje se odvija u prirodnim uslovima.

Centrifugiranje

Centrifugiranje je metoda za izdvajanje čestica iz suspenzije usled delovanja centrifugalne sile koja je višestruko veća od sile gravitacije. Brzina sedimentacije čestica u centrifugalnom polju proporcionalna je prečniku čestica, centrifugalnoj sili i razlici u gustoći čestica i medija, a obrnuto proporcionalna viskozitetu medija. Za veće količine vode nije realno da se centrifugiranje može primeniti kao tehnika prečišćavanja vode.

Taložnici za pesak

Materije sa većom specifičnom težinom od vode, kao što su: pesak, šljunak, kamen, zemlja, šljaka, mineralne čestice itd., talože se u postrojenjima koja se nazivaju hvatači peska. Ovi materijali izazivaju abraziju i ubrzano habanje pokretnih delova uređaja za prečišćavanje otpadnih voda i dovode do usporavanja vode na pojedinim delovima cevovoda, što kao posledicu ima stvaranje naslaga i taloga koji se teško čiste. Princip rada je slobodno taloženje i sedimentacija.

Hvatači masti

Materije lakše od vode: ulja, masti, komadići sapuna, komadići drveta, plute i sl. uklanjaju se hvatačima masti. Najčešće se postavljaju na postrojenjima za tretman otpadnih voda koje potiču iz industrija koje koriste mineralna ulja, industriji nafte, petrohemiji, velikim postrojenjima auto-industrije, pojedinim pogonima mašinske industrije, kao i kod tretmana voda koja potiču iz kuhinja i restorana.

Bazeni za izjednačavanje protoka

Primarnom sedimentacijom omogućava se taloženje organskih i neorganskih suspendovanih čestica koje se iz sistema izdvajaju u obliku mulja. Konstrukcija primarnih taložnika treba da obezbedi uslove za usporeno i ravnomerno kretanje vode, kao i dovoljno dugo zadržavanje otpadne vode kako bi se obezbedilo gravitaciono taloženje suspendovanih čestica. Najpogodniji su taložnici kružne osnove, pri čemu se voda dovodi u centralnu zonu koja obezbeđuje ravnomernu raspodelu toka fluida (slika 4).

Hemijski postupci

Hemijskim procesima prečišćavanja nazivamo procese u kojima se prečišćavanje obavlja pomoću određenih hemijskih reakcija ili određenih fizičko-hemijskih fenomena. Po pravilu to su aditivni procesi: unose se hemikalije u vodu da bi se uklonilo zagađenje. To dovodi do povećanja rastvorenih materija u vodi, što je nepovoljno ukoliko se tako prečišćene otpadne vode ponovo koriste. Hemijski procesi prečišćavanja obično su skupi. Međutim, za uklanjanje pojedinih definisanih zagađenja otpadnih voda hemijski postupak nema alternativu. Osnovni postupci hemijskog prečišćavanja otpadnih voda jesu uklanjanje pojedinih rastvorenih materija:

- hemijskim taloženjem,
- jonskom izmenom,
- oksidacijom,
- produvavanjem gasa i
- adsorpcijom.

Prednosti ovih u odnosu na biološke procese su: jednostavnija i jeftinija oprema, jednostavnija i sigurnija kontrola i vođenje procesa, postrojenja se lako zaustavljaju i ponovo puštaju u rad bez uticaja na proces prečišćavanja. Glavni nedostatak je znatno manja efikasnost prečišćavanja, jer se ne uklanjaju rastvorene materije, kao i povećanje taloga i mulja, čija je obrada skupla.

Hemijsko taloženje

Postupak hemijskog taloženja zasniva se na prevođenju rastvorenih materija otpadnih voda sa pogodnim reagensima u nerastvorna jedinjenja, koja se zatim uklanjaju taloženjem ili flotacijom (za veće koncentracije) ili filtracijom (za manje koncentracije). Postupak je pogodan za uklanjanje materijala koji se zbog svoje toksičnosti ili nerazgradivosti ne mogu biološki pročititi. Za uklanjanje teških metala karakteristična je primena hemijskog taloženja.

Jonska izmena

Jonska izmena mnogo se više koristi kao postupak za pripremu vode, za uklanjanje tvrdoće vode, nego kao postupak za prečišćavanje otpadnih voda. Kako su hemikalije koje se koriste u obradi metala skupe, postoji ekonomski razlog da se one izdvoje iz vode i ponove vrate u proces. Jonskom izmenom moguće je postići oba cilja:

- prečišćavanje otpadne vode i
- regeneraciju i recirkulaciju pojedinih hemikalija.

Jonska izmena može se sa uspehom primeniti za direktno prečišćavanje niza otpadnih voda, kao, na primer, uklanjanje nutrijenata ili radio-aktivnih elemenata, pri čemu se jonska masa ne koristi u daljem postupku već zamenjuje novom.

Oksidacija

Oksidacijom se prevode pojedine organske i neorganske materije u industrijskim otpadnim vodama (fenoli, pesticidi, cijanidi itd.) u jedinjenja koja mnogo manje zagađuju okolinu. Supstance koje se koriste za oksidaciju mogu da utiču na boju, miris i ukus vode, a mnoge od njih su toksične. Najčešće primenjivan oksidans je hlor, a često se koriste i: vodonik-peroksid, kalijum-permanganat i ozon. Za dezinfekciju vode najčešće se koriste hlor i derivati hlora.

Produvavanje gasom

Pojedine rastvorene materije se iz otpadne vode mogu ukloniti *produvavanjem (strippingom) gasom*, običnim vazduhom ili vodenom parom. Za uklanjanje isparljivih materija koje zagađuju vodu (organski zagađivači: metilenhlorid, benzin, tuolen itd.) koristi se *produvavanje vazduhom*. Za uklanjanje teže isparljivih materija iz otpadne vode koristi se *produvavanje vodenom parom*. Najčešće se primenjuje za uklanjanje organskih zagađivača iz pojedinih industrijskih otpadnih voda, pogotovo kada te materije treba izdvojiti da bi se vratile u proces proizvodnje (metanol, fenol, pesticidi i sl.) (Jahić, 1988), (Ljubisavljević, Đukić, Babić, 2004).

Adsorpcija

Adsorpcija je proces akumulacije supstance iz fluida na površinu čvrste faze. Supstanca koja se adsorbuje je *adsorbat*, a faza na kojoj se vrši adsorpcija naziva se *adsorbent*. Karakteristike adsorbenta su porozna struktura i specifična površina. Kao adsorbent mogu se koristiti svi materijali koji imaju veliku specifičnu aktivnu površinu, kao što su: aktivni ugalj, koksni prah, treset, kaolin, strugotina, pepeo, silikogel itd. Prečišćavanje adsorpcijom uglavnom se koristi za otpadne vode sa malim koeficijentima zagađenih komponenti.

Biološki postupci

Biološki procesi prečišćavanja zasnivaju se na aktivnosti kompleksne mikroflore, koje u toku svog životnog ciklusa usvaja organski i deo neorganskih materija koje čine zagađenje otpadne vode, koristeći ih za održavanje životnih aktivnosti i za stvaranje novih ćelija. Nakon završenog prečišćavanja obavi se, na pogodan način, separacija mikroflore i prečišćene otpadne vode, u kojoj zaostaje mala količina organske materije koja je biološki nerazgradiva kao produkt metabolizma koje je mikroflora izlučila u vodu. Biološkim prečišćavanjem moguće je iz otpadne vode ukloniti najveći deo organskog zagađenja, ali je nemoguće potpuno prečišćavanje. U sistemu prečišćavanja otpadnih voda biološka obrada voda odvija se kao sekundarno prečišćavanje, a posle mehaničkog, odnosno primarnog prečišćavanja. Biološko prečišćavanje može se pojaviti i kao nezavisan postupak. U toku biološke obrade nastaje stabilizovani mulj koji se iz vode odstranjuje u sekundarnim taložnicima. Biološko prečišćavanje otpadnih voda u odnosu na druge industrijske biotehnološke postupke razlikuje se u sledećem:

- mikroorganizmi (mikroflora) potiču iz prirodne sredine,
- koncentracija supstrata je obično mala,
- razgrađuje se organski materijal, a ne stvaranje biomase ili produkata metabolizma.

Biološko prečišćavanje primenjuje se za:

- uklanjanje organskih materija,
- uklanjanje azota (nitrifikacijom i denitrifikacijom),
- razgradnju primarnog mulja iz primarne obrade otpadnih voda,
- razgradnju sekundarnog mulja iz procesa biološke obrade otpadnih voda pomoću postupaka stabilizacije muljeva i digestije.

Biološki procesi prečišćavanja mogu se odvijati kao *aerobni* i kao *anaerobni*, uz pomoć aerobnih ili anaerobnih mikroorganizama. Aerobni procesi su mnogo zastupljeniji pri obradi otpadnih voda, sa malom i srednjom koncentracijom organskog materijala, i odvijaju se na dva načina:

- sa suspendovanom mikroflorom (sa aktivnim muljem) i
- sa imobilisanom mikroflorom na inertnom nosaču (biološka filtracija).

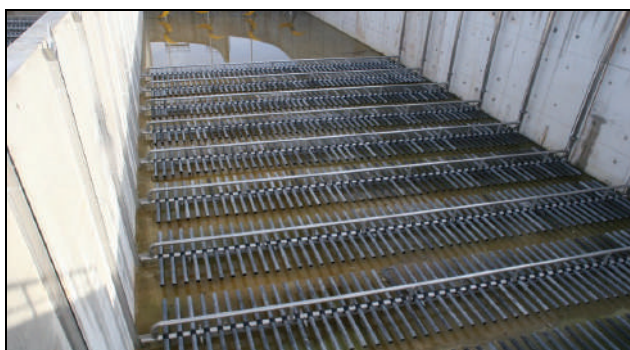
Aerobni postupci sa suspendovanom mikroflorom dele se na:

- postupke sa aktivnim muljem u bioaeracionim bazenima,
- postupke u aerisanim lagunama (biološke lagune) i
- postupke u aerobnim (plitkim) jezerima (biološkim veštačkim jezerima).

Postupci sa suspendovanom mikroflorom koriste se za obradu velikih količina slabo i srednje opterećenih otpadnih voda (npr. komunalne vode), odnosno postupci sa aktivnim muljem koji se odvijaju u bioaeracionim bazenima najčešće su u primeni.

Proces sa aktivnim muljem

Naj rasprostranjeniji biološki postupak za prečišćavanje otpadnih voda danas predstavlja proces sa aktivnim muljem. Prvi put je primenjen u Hjustonu (SAD) 1919. godine i to za prečišćavanje sanitarnih voda. Predstavlja aerobni proces biološkog prečišćavanja otpadnih voda, jer se odvija pomoću aerobne mikrobiološke populacije. Savremeni postupci se mogu primeniti i za uklanjanje azotnih jedinjenja iz otpadne vode. U sistemu sa aktivnim muljem mikroorganizmi se nalaze u lebdećem stanju, odnosno ne obrazuju sloj na zidovima radnih površina (kod filtera). Mikroorganizmi (bakterije, protozoe i metozoe) nalaze se u bazenu za aeraciju, gde se uz pomoć kiseonika u procesu metabolizma obezbeđuje razgradnja supstrata. Mikroorganizmi oksidiraju rastvoreni supstrat u ugljen-dioksid i vodu. Deo organskog materijala sintetiše se u nove ćelije ili se koristi za rast postojećih ćelija, a ostatak se sastoji od otpada i viška mulja. Aeracija otpadne vode vrši se u bioaeracionim bazenima, a nakon aeracije sledi biotaloženje gde se biomasa – mikrobiološki mulj odvaja od efluenta. Deo mulja vraća se u proces (aktivni mulj) gde služi kao aktivator biološkog procesa. Ostatak mulja se odvodi u uređaj za obradu mulja, odnosno odlaže na odgovarajući način. Bistra prečišćena voda (efluent) ispušta se u prijemnik (recipijent) ili, po potrebi, vodi na dodatnu obradu (dezinfekciju, filtriranje i sl.). Najveća količina kiseonika potrebna je u početnom stadijumu, jer tada ima najviše organskih jedinjenja. Novi sistem prečišćavanja otpadnih voda nazvan *biosorpcija* ili *kontaktna stabilizacija* (iz 1951. godine), sastoji se u dobroj pripremi aktivnog mulja i dovođenju otpadaka sa njim u trajanju od oko 30 minuta uz intenzivnu aeraciju u biosorpcionom uređaju. Formirani mulj odvaja se u običnom rezervoaru – taložniku, posle čega se vrši obnavljanje mulja. Aeracija (slika 5) u novijoj tehnologiji vrši se tehničkim kiseonikom umesto vazduhom, a pogodna je za prerađu otpadnih voda u farmaceutskoj industriji, proizvodnji hartije, alkohola i mleka (Milojević, Daković, Maksimović, Ljubisavljević, 1987).



Slika 5 – Aeracija
Figure 5 – Aeration

Proces u aerobnim lagunama

Aerobni biološki način prečišćavanja otpadnih voda sprovodi se u lagunama i plitkim bazenima, gde se obezbeđuje dovoljna količina kiseonika procesom fotosinteze. Primenjuje se u područjima sa povoljnim klimatskim uslovima. U dubljim lagunama primenjuje se mehanička aeracija, unošenjem vazduha difuzorima na dno lagune (primenjuje se u uslovima prekrivenosti ledom).

Proces u plitkim jezerima

Aerobna jezera su veliki i plitki zemljani bazeni u kojima se prečišćavanje otpadne vode odvija uz minimalnu regulaciju, praktično kao prirodno samoprečišćavanje. Neophodna količina kiseonika obezbeđuje se metabolizmom algi, a bakterije koje razgrađuju zagađenje produkuju materijal za rast algi.

Anaerobni postupci

Osnovna razlika između aerobnog i anaerobnog postupaka prečišćavanja otpadnih voda je u tome što anaerobni postupak podnosi veća organska opterećenja i veću koncentraciju zagađenja. Zbog toga se anaerobni proces koristi pri prečišćavanju industrijskih otpadnih voda. Proces anaerobnog prečišćavanja zasniva se na *metanskom vrenju* organskog zagađenja otpadnih voda, gde se organski materijal prevodi u smešu gasova (metan i ugljen-dioksid). Upotreba mikroorganizama u odsustvu kiseonika naziva se *anaerobna digestija*. Proces anaerobne digestije odvija se u digestorima.

Prerada produkata iz procesa prečišćavanja otpadnih voda

Otpadni materijal iz procesa prerade otpadnih voda trebalo bi da ima visok udeo izdvojenih komponentata i mali udeo preostale vlage. Kod većine postrojenja za prečišćavanje produkti iz procesa prečišćavanja su u vidu mulja sa masenim udelom vode 96–98%. Izbor postupaka obrade i odlaganja muljeva najviše zavisi od njihovih karakteristika. Muljevi su, u opštem slučaju, veoma različiti, naročito muljevi prečišćavanja industrijskih otpadnih voda. Od količine mulja i koncentracije suspendovanih čestica najviše i zavisi način obrade mulja.

Postupci obrade muljeva mogu biti:

- ugušćavanje (gravitaciono, flotaciono) (povećanje koncentracije suspendovanih čestica i smanjenje zapremine mulja),
- stabilizacija (anaerobna, aerobna), razgradnja mulja (smanjenje koncentracije suve materije),
- kondicioniranje (dodatak hemikalija, termička obrada), promena u konzistenciji mulja usmerena ka poboljšanju obezvodnjavanja i povećanja koncentracije mulja,
- obezvodnjavanje (vakuum filtracija, centrifugiranje, spori peščani filteri), smanjenje zapremine mulja i formiranje vlažne muljne „pogače“,
- sušenje ili oksidacija (spaljivanje, sušenje, oksidacija vlažnim vazduhom), sušenje (slika 6) ili oksidacija muljne pogače,
- odlaganje (deponije, razbacivanje po obradivom zemljištu, lagune, more) ili korišćenje stabilizovanog mulja.

Prema primenjenoj tehnologiji, postupci prerade mulja mogu biti:

- *biološki*, u kojima fizičko-hemijsku razgradnju komponente iz mulja vrše živi organizmi (deponije, kompostiranje),
- *tehnički* (hemijski) postupci, kod kojih se fizičko-hemijska razgradnja mulja vrši korišćenjem hemijske energije sadržaja u mulju (sagorevanje, piroliza, hidroliza, gasifikacija),
- *mehanički* postupci, koji imaju za cilj samo mehaničku transformaciju pojedinih komponenti ili mulja u celini.

Biološki postupci obrade mulja izvode se radi:

- proizvodnje komposta,
- poboljšanja ostatka mulja za odlaganje (mehaničko-biološki postupci),
- biološke stabilizacije ostatka mulja (postupak stabilizacije).

Kompostiranje je najjednostavniji način obrade biološki razgradivog mulja. To je biohemijski proces prerade komponenata mulja u stabilan proizvod kompost koji je sličan *humusu*. Kompost može da se koristi:

- u poljoprivredi (poboljšanje sastava zemljišta),
- za revitalizaciju zemljišta ogoljenog požarom,
- za poboljšanje kvaliteta zemljišta neposredno uz drumske saobraćajnice.

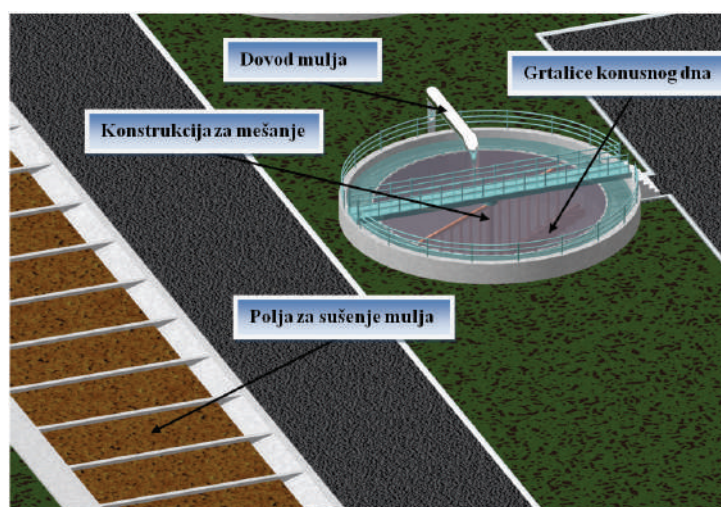
Mehaničko-biološka obrada mulja zasniva se na iskustvima iz zapadnih zemalja i bazira se na procesu mehaničke obrade mulja, pri čemu se vrši izdvajanje korisnih komponenti iz mulja, kao što su: metal, papir, plastika, nemetal, štetne materije koje nije dozvoljeno odlagati na deponije.

Osnovne prednosti mehaničko-biološke obrade mulja su:

- materijali koji nisu podesni za odlaganje izdvajaju se i odlažu u posebne deponije,
- količina deponijskog materijala u telu deponije se smanjuje,
- manja je produkcija deponijskog gasa,
- poboljšava se zbijanje i gustina mulja.

Za razliku od biohemijskih anaerobnih i aerobnih dugotrajnih procesa razgradnje mulja, gorive komponente mulja mogu se obraditi i termički. Pri termičkoj preradi mulja odvijaju se hemijske reakcije pri kojima se oslobađa energija (egzotermna reakcija) ili je potrebno dovoditi energiju (endotermne reakcije).

Termička prerada mulja izvodi se sledećim postupcima: sagorevanje, piroliza i gasifikacija.



Slika 6 – 3D model dela postrojenja za tretman mulja
Figure 6 – 3D Model of the Sludge Treatment Plant

Zaključak

Usled čovekovog delovanja znatno se menja hemijski sastav vode, kao i odnosi koji u njoj vladaju, pa kažemo da je voda zagađena. Vekovima, u većoj ili manjoj meri, čovek svoj otpad direktno ili indirektno baca u vodene tokove do mora, procesima prirodnog kruženja vode. Čovek je svestan da svojim činjenjem, radi svog opstanka, nesvesno uništava osnovni element opstanka na Zemlji. Svestan je da se veoma zagađena voda ne može koristiti ni za piće, ni za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Da bi se mogla koristiti, neophodno je potrošiti velika materijalna sredstva i energiju za njeno prečišćavanje, kako bi se dovela u upotrebljivo stanje. Sve nečistoće koje čovek ubaci u vodu indirektno preko hrane vraćaju se u organizam i uništavaju ga, što predstavlja začaran krug. Stoga je neophodno eliminisati ili smanjiti uzroke zagađenja, smanjiti količinu štetnih materija i preduzeti mere da se tako zagađena voda nakon obra-

de prečišćavanjem vrati ponovo u sistem. Raznim metodama voda se prečišćava i vraća u stanje neštetnosti, mehaničkim, hemijskim i biološkim metodama, a čvrsti deo otpada iz vode, ukoliko nema štetnih materija, koristi se dalje u poljoprivredi. Ovaj rad je dobra osnova za dalje istraživanje načina, postupaka i metoda prečišćavanja otpadnih voda, kao i upoređivanja dosadašnjih dostignuća u svetu, Evropi okruženju i Srbiji.

Literatura

Houillon, G., Jolliet, O., 2005. *Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge: energy and global warming analysis*, Journal of Cleaner Production 13, pp. 287-299,

Jahić M., 1988, *Urbani vodovodni sistemi*, Udruženje za tehnologiju vode, Beograd,

Ljubisavljević D., Đukić A., Babić B., 2004. *Prečišćavanje otpadnih voda*, Građevinski fakultet, Beograd,

Milojević M., Daković S., Maksimović Č., Ljubisavljević D., 1987. *Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda*, (I deo), Građevinski kalendar, SGITJ, Beograd,

Vouk, D., Malus, D., 2011. Tedeschi M., *Muljevi s komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda*, Građevinar 63/ 4, pp.341-349.

WASTEWATER TREATMENT

FIELD: Chemical Technology

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Quality of life on Earth in the future will largely depend on the amount of safe water. As the most fundamental source of life, water is relentlessly consumed and polluted. To halt this trend, many countries are taking extensive measures and investing substantial resources in order to stop the contamination of water and return at least tolerably good water quality to nature. The goal of water purification is to obtain clean water with the sewage sludge as a by-product. Clean water is returned to nature, and further treatment of sludge may be subject to other procedures. The conclusion of this paper is simple. The procedure with purified water is easily achievable, purified water is discharged into rivers, lakes and seas, but the problem of further treatment of sludge remains. This paper presents the basic methods of wastewater treatment and procedures for processing the products from contaminated water. The paper can serve as a basis for further elaboration.

Water Pollution

In order to ensure normal life of living creatures, the water in which they live or the water they use must have a natural chemical composition and natural features. When, as a result of human activities, the chemical composition of water and the ratio of its chemical elements significantly change, we say that water is polluted. When the pollutants come from industrial plants, we are talking about industrial wastewater, and when they come from households and urban areas, we are talking about municipal wastewater. Both contain a huge amount of pollutants that eventually end up in rivers. Then, thousands of defenseless birds, fish and other animals suffer, and environmental consequences become immeasurable. In addition, the waste fed to the water often ends up in the bodies of marine animals, so they can return to us as food. Thermal water pollution also has multiple effects on the changes in the wildlife composition of aquatic ecosystems. Polluted water can be purified by mechanical, chemical and biological agents. Mechanical methods are based on the effect of physical forces. Chemical agents are based on chemical processes. Biological measures are based on natural laws and activities of living beings. Water saving and its rational use are some of the most effective ways of saving water from pollution.

Water treatment

Water treatment is done in two ways: by sedimentation and filtration. Dirt falling on the bottom is called deposition. The passage of clean water through the material is called filtering. Water containing dissolved substances is purified by distillation. To improve the taste of distilled water, aeration should be performed. The sun's ultraviolet rays destroy biological pollutants. Mechanical, biological and chemical methods are used for water purification.

Mechanical methods

Mechanical methods are based on the removal of physical impurities from water and the action of natural forces. For this purpose we use: grids and sieves, sedimentation, flotation, filtration, centrifugation, sand sedimentation tanks, grease traps, primary sedimentation tanks and flow equalization tanks. Wastewater aeration equipment is also used within these facilities.

Grids and Sieves

Larger, insoluble and floating substances in wastewater are removed with grids and sieves.

Sedimentation

The application of grids and sieves as well as sand sedimentation tanks and grease traps can be viewed as a process of deposition using certain infrastructure facilities intended for this type of separation of impurities. Infrastructure facilities are sedimentation tanks. There are vertical, horizontal and radial flow sedimentation tanks.

Flotation

Particle resurfacing with bubbles of air is called flotation. The best effect is achieved by aeration of bubbles of smaller diameters in a larger area.

Filtration

Filtration is a process used in water conditioning to remove insoluble substances. During filtration, water passes through a layer of granular material placed on a perforated surface. Some other processes can also take place during filtration.

Centrifugation

Centrifugation is a method of separating particles from a suspension due to the effect of the centrifugal force that is many times greater than the force of gravity. For larger water quantities, it is not realistic to apply centrifugation as a water purification technique.

Sand sedimentation tanks

Substances with specific gravity higher than water, such as sand, gravel, stone, earth, slag, mineral particles, etc., accumulate in the plants called sand traps.

Grease traps

Substances lighter than water: oil, grease, soap flakes, bits of wood, cork, etc., are removed by means of grease traps.

Flow equalization tanks

They provide conditions for the slow and steady movement of water and retain wastewater long enough to provide gravity sedimentation of suspended particles.

Chemical methods

Chemical purification methods are the processes in which the treatment is carried out by means of certain chemical reactions, or certain physical and chemical phenomena. Basic operations of the chemical wastewater treatment are the removal of suspended and colloidal substances: by coagulation and flocculation, and the removal of some dissolved substances: by chemical deposition, ion exchange, oxidation, gas blowing and adsorption.

Chemical deposition

The process of chemical deposition is based on the conversion of dissolved substances in wastewater to insoluble compounds, using suitable reagents.

Ion exchange

Ion exchange is much more widely used as a water preparation process to remove water hardness than as a wastewater purification process.

Oxidation

Oxidation can convert some organic and inorganic substances in industrial wastewater into compounds that are far less polluting. The most often used oxidant is chlorine.

Gas blowing

Some dissolved substances can be removed from the wastewater by means of blowing gas, ordinary air or steam.

Adsorption

Adsorption is a process of accumulating fluid substances on the surface of the solid phase. A substance being adsorbed is adsorbate, and the phase upon which the adsorption is carried out is called the adsorbent.

Biological methods

Biological purification processes are based on the activities of a complex microflora, which is in the course of their life cycle adopted by organic and parts of inorganic materials causing wastewater pollution, using them to maintain life activities and to create new cells. During a biological treatment, stabilized sludge is precipitated, and removed from the water in secondary sedimentation tanks. Biological purification processes can be aerobic and anaerobic, with the help of aerobic or anaerobic microorganisms. Aerobic processes with suspended microflora are divided into: the processes with activated sludge in bioaeration tanks, processes in aerated lagoons (biological lagoons) and processes in aerobic (shallow) lakes (biological artificial lakes).

Activated sludge process

This is an aerobic process of a biological wastewater treatment, as it occurs due to aerobic microbial population. Microorganisms are found in aeration basins, where, with the help of oxygen in the metabolic process, substrate degradation is provided. Microorganisms oxidize the dissolved substrate into carbon dioxide and water. A part of the organic material is synthesized into new cells or used for the growth of existing ones and the rest consists of waste and excess sludge. A part of sludge is returned into the process (activated sludge) where it has a role of an activator of the biological process. The rest of sludge is discharged into the sludge treatment device or disposed of in a proper

way. Clear purified water (effluent) is discharged into the recipient, or, if necessary, taken to additional processing.

Process in aerobic lagoons

Lagoons and shallow basins, as an aerobic biological wastewater treatment method, provide a sufficient amount of oxygen through photosynthesis.

Process in shallow lakes

Aerobic lakes are large and shallow earthen basins in which wastewater treatment takes place with minimum regulation, practically as natural self-purification.

Anaerobic processes

The anaerobic treatment process is based on the methane fermentation of organic wastewater pollution, where organic material is converted into a mixture of gases. The use of microorganisms in the absence of oxygen is called anaerobic digestion.

Processing products from the wastewater treatment process

Waste materials from the wastewater treatment process should have a high proportion of isolated components and a small proportion of the remaining moisture. Sludge treatment methods may include: thickening, stabilization, conditioning, dewatering, drying or oxidation and disposal. In accordance with the applied technology, sludge treatment processes may be biological, technical and mechanical ones. Biological sludge treatment processes are performed for compost production, to improve sludge residue for disposal, for biological stabilization of sludge residue. Composting is the simplest way of processing biodegradable sludge (humus). Compost can be used in agriculture, to revitalize the soil laid bare by fire and to improve the quality of land next to roads. Mechanical-biological treatment of sludge is based on a process of mechanical treatment of sludge, where valuable components are separated from sludge. These components are metal, paper, plastic, nonmetal or harmful substances that cannot be disposed of in landfills. The thermal treatment of sludge is carried out using the following methods: combustion, pyrolysis and gasification.

Key words: waters, wastewater, treatment, products, procedures, life, cleaning.

Datum prijema članka/Paper received on: 29. 03. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 11. 04. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 13. 04. 2012.

PROJEKTNI PRORAČUN HIDRAULIČKOG SERVOPRAVLJAČA UPRAVLJAČKOG MEHANIZMA MOTORNIH VOZILA

Zoran Đ. Majkić,
Vojska Srbije, Uprava za planiranje i razvoj (J-5) GŠ,
Tehnički opitni centar, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-2017

OBLAST: motori i motorna vozila
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Servoupravljači se projektuju tako da omoguće lako zakretanje u mestu, ne dovodeći veliku silu upravljačkom točku. Do potrebnih dimenzija sistema za upravljanje, u početnoj fazi izrade projekta, obično se dolazi izvođenjem proračuna njihovog opterećenja pri zakretanju točkova u mestu, pri čemu se moment izračunava empirijski. Dakle, polazna osnova pri projekt-nom proračunu hidrauličkog servoupravljača jeste određivanje momenta otpora zakretanju upravljačkih točkova, a na osnovu čega se određuje maksimalna vrednost sile, odnosno momenta na volanu. Proračun servoupravljača sistema za upravljanje sastoji se od određivanja osnovnih parametara, neophodnog kapaciteta pumpe, osnovnih dimenzija razvodnika i cevovoda, i pronalaženja uslova stabilnosti rada sistema upravljačkog mehanizma.

Ključne reči: upravljački točak, točkovi, moment, upravljanje, zahtevi, projekat, upravljački sistem, hidraulika, proračun.

Uvod

Cilj proračuna hidropojačivača jeste da se odrede osnovni parametri njegovih sklopova, koji obezbeđuju ispunjenje zahteva sistema upravljanja (Janković, 2012). Proračuni se obavljaju u nekoliko etapa sa istovremenom sve detaljnijom konstruktivnom razradom sistema upravljanja, postepeno se približavajući najboljoj varijanti. Pri svakoj etapi vrše se projektna i kontrolna proračunavanja hidropojačivača upravljačkog mehanizma. Projektno proračunavanje omogućava da se obavi izbor osnovnih dimenzija elemenata pojačivača, polazeći od usvojene osnovne sastavne šeme i orijentacionih vrednosti opterećenja. Kontrola proračuna vrši se radi preciziranja konstruktivnih rešenja i dobijanja izlaznih karakteristika upravljača sa pojačivačem, prema kojima se procenjuje potencijalna svojstva konstrukcije.

Projektni proračun

Polazni podaci moraju da budu dovoljno pouzdani, tj. da odgovaraju konstruktivnim karakteristikama vozila koje se projektuje i sistema upravljanja, kao i uslovima eksploatacije (Janković, 2012), (Gincburg, 1972), (Lisov, 1961), (Minić, 1992). Obično su konstruktoru dostupni rezultati eksperimentalnih istraživanja i ispitivanja, statistički podaci strane proizvodnje, kao i matematičke poluempirijske zavisnosti.

Takvi polazni podaci, kao maksimalni pritisak u hidrosistemu, prenosni odnos i stepen korisnosti (direktni i povratni) upravljačkog mehanizma određuju se iz uslova unifikacije agregata upravljača, postojećih statističkih podataka za jednotipska vozila ili po postojećem uzorku (sklopu). Po pravilu, za proračun se uzima da se pritisak u hidrosistemu pojačivača upravljača nalazi u granicama 6,5–10 MPa, a prenosni odnosi upravljačkih mehanizama, koji moraju da obezbede mogućnost upravljanja vozilom ako otkáže pojačivač, usvajaju se u granicama 20–30. Stepenn korisnosti upravljačkog mehanizma zavisi od njegovog tipa i može da se menja u širokim dijapazonima: 0,55–0,9 pri direktnom upravljanju i 0–0,8 pri povratnom.

Odlučujući značaj ima pravilno određivanje računskog momenta otpora zakretanju točkova. Momenat otpora zavisi kako od uslova kretanja vrste terena, tako i od konstruktivnih parametara vozila: opterećenja na točkovima, tipa pneumatika, površine otiska ili pritiska vazduha u njemu, uglova nagiba osovinice rukavca, trenja u osovinama rukavca i zglobovima upravljača.

Moment otpora okretanju točkova u mestu

Na veličinu momenta, potrebnog za zaokretanje upravljačkih točkova u mestu, utiču (Janković, 2005), (Gincburg, 1972): 1) opterećenje na točkovima; 2) koeficijent trenja pneumatika o podlogu; 3) dimenzija i oblik otiska pneumatika o podlogu, koji su određeni pritiskom u pneumaticu i njegovom konstrukcijom; 4) bočna krutost pneumatika; 5) radijus zaokretanja upravljačkih točkova; 6) uglovi nagiba osovinice rukavca i nagiba točka; 7) moment trenja u osovinicama rukavca i prenos mehanizma. Da bi se ostvarile odgovarajuće vrednosti momenta otpora zakretanju upravljačkih točkova potrebno je voditi računa o svim navedenim relevantnim faktorima, jer time se obezbeđuje manje opterećenje elemenata u sistemu upravljanja, sa jedne strane, a sa druge strane omogućeno je olakšano upravljanje smanjenjem momenta, odnosno sile na volanu. Postoji više različitih autora po čijim izrazima je moguće odrediti moment otpora zakretanja, a ovom prilikom biće izdvojeni neki od njih.

*Moment otpora zakretanja upravljačkih točkova
u mestu prema Mitinu (Janković, 2005),
(Gincburg, 1972), (Minić, 1992)*

Ukupni moment otpora zakretanja u mestu na obrtnom rukavcu je:

$$M_t = \frac{2}{3} G_t \cdot \mu \cdot q \cdot k_F \quad (1)$$

gde su: G_t – vertikalno opterećenje točka;

μ – koeficijent trenja okretanja pneumatika po podlozi;

$q = \sqrt{a \cdot b}$, a , b – ose elipse otiska pneumatika;

k_F – koeficijent, koji uzima u obzir uticaj oblika otiska, a određuje se pomoću specijalnog grafika.

Koeficijent k_F Mitin je dobio samo za jedan pneumatik, pa je korišćenje ove formule praktično nemoguće.

*Moment otpora zakretanju upravljačkih točkova u mestu
prema Taboreku (Janković, 2005), (Gincburg, 1972),
(Minić, 1992)*

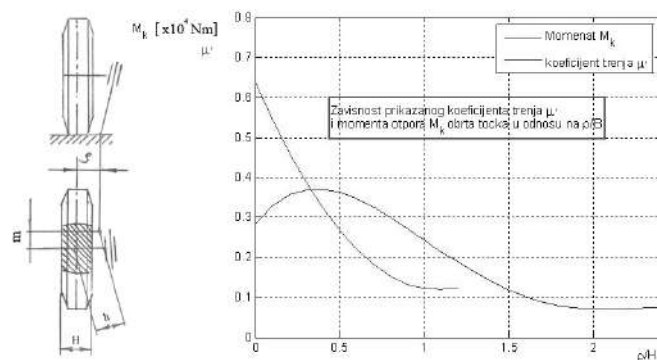
$$M_t = \mu' \cdot G_t \cdot h_r \quad (2)$$

gde je μ' – redukovani koeficijent trenja, koji se određuje u zavisnosti od odnosa radijusa zakretanja točka (e) i širine pneumatika (H) (slika 1);

$$h = \sqrt{\frac{I_0}{A_0} + \rho^2} \quad (3)$$

gde su: I_0 – polarni moment inercije površine otiska pneumatika na podlozi;

A_0 – površina otiska pneumatika.



Slika 1 – Zavisnost prikazanog koeficijenta trenja μ' i momenta otpora M_k obrta točka u odnosu na ρ/H (Demić, et al, 1994)

Figure 1 – Dependence of the given friction coefficient μ' and the moment of resistance M_k of the wheel rotation in relation to ρ/H (Demić, et al, 1994)

Obično se I_0 i A_0 teško određuju pa i ovaj izraz nema nekog praktičnog značaja. U slučaju da je $e^2 \gg I_0 / A_0$, što biva kada se projekcija ose osovinice rukavca A_0 na podlogu nalazi van granica otiska, radijus inercije I_0 / A_0 otiska može se zanemariti, pa proizilazi $h = \rho$.

Podaci proračuna po ovoj formuli pri $e^2 \gg I_0 / A_0$ potpuno se podudaraju sa eksperimentalnim podacima.

Moment otpora zakretanju upravljačkih točkova u mestu prema Lisovu (Janković, 2005), (Gincburg, 1972), (Minić, 1992)

$$M_t = G_t(0,132 \cdot \mu \cdot R_t + f \cdot \rho) \quad (4)$$

gde su: f – koeficijent otpora kotrljanja točkova;

R_t – spoljašnji radijus točka;

ρ – krak zakretanja centra otiska pneumatika, tj. radijus zakretanja točka.

Ova formula uzima u obzir radijus pneumatika, ali ne i pritisak i elastičnu karakteristiku pneumatika.

*Moment otpora zakretanju upravljačkih točkova
u mestu prema Litvinovu (Janković, 2005),
(Gincburg, 1972), (Minić, 1992)*

$$M_t = (0,7 \div 0,75) G_t \cdot \mu \cdot \frac{\sqrt{A_0}}{2} \quad (5)$$

gde je: $0,7 \div 0,75$ empirijski koeficijent.

Za proračun po ovoj formuli neophodno je znati zavisnost površine otiska pneumatika od opterećenja na njemu.

*Moment otpora zakretanju upravljačkih točkova
u mestu prema Goughu (Janković, 2005),
(Gincburg, 1972), (Minić, 1992)*

$$M_t = \frac{G_t^{3/2}}{k \cdot p^{1/2}} \quad (6)$$

gde su: k – empirijski koeficijent (za obične pneumatike $k=2,1$);
 p – pritisak u pneumaticima.

Eksperimentalna istraživanja su pokazala da je ovaj izraz veoma prihvatljiv.

Ovde je prikazano više formula koje treba koristiti radi određivanja momenta otpora zakretanju upravljačkih točkova. Zatim se vrši analiza nabrojanih faktora i njihov uticaj na moment otpora zakretanju upravljačkih točkova.

Na točkovima koji se zaokreću obično se unapred zadaju opterećenja i poznata su sa tačnošću $\pm(5-10\%)$. Koeficijent trenja pneumatika o podlogu (prijanjanje) poznat je i kreće se od 0,7 do 0,9 za suhu asfaltnu ili betonsku oblogu. Veličina otiska pneumatika zavisi od konstrukcije pneumatika i pritiska u njemu. Prema podacima (Gincburg, 1972), pri proračunskom opterećenju pneumatika putničkih automobila pritisak na oslonu površinu blizak je pritisku u pneumaticima. Kod pneumatika teretnih automobila površina otiska je veća, a pritisak na oslonu površinu je manji nego što je pritisak u pneumaticima. Pri smanjenju pritiska u pneumaticima ta razlika se smanjuje, a pri povećanju – raste. Pri nominalnom opterećenju krutost pneumatika se malo odražava na njihov pritisak na oslonu površinu.

U nedostatku podataka o veličini otiska pneumatika površina otiska može se približno odrediti kao odnos opterećenja i pritiska u pneumaticima. Oblik otiska pneumatika, koji utiče na veličinu polarnog momenta inercije, može se odrediti eksperimentalno.

Bočna krutost pneumatika i radijus zakretanja točka (ρ) pokazuju u određenim granicama mali uticaj na moment otpora zaokretanju. Pri poklapanju centra otiska pneumatika sa centrom zakretanja točka, moment otpora zakretanju određuje se izrazom (7):

$$M_t = \mu \cdot \frac{G_t}{r_m} \cdot \frac{I_0}{A_0} \quad (7)$$

gde je: r_m – maksimalno rastojanje od centra do granice otiska.

Pri pomerenom centru zaokretanja u odnosu na centar kontakta (slika 1) javlja se ne samo okretanje pneumatika, nego i valjanje točka i pomeranje njegove ravni simetrije prema osnoj liniji otiska. Moment otpora zaokretanju točka u tom slučaju određuje se po formuli:

$$M_t = \mu \frac{G_t}{r_m} \cdot \frac{I'_0}{A'_0} + G_t \cdot f \cdot \rho + \frac{c \cdot (1 - \cos \theta_p) \cdot (I_0 - \rho \theta_p) \cdot \rho \cdot m}{l_0} \quad (8)$$

gde su: I'_0 – polarni moment inercije površine otiska sa uzimanjem u obzir njegovog smanjenja pri zaokretanju točka za ugao θ_p , pri kojem nastaje proklizavanje;

A'_0 – površina otiska sa uzimanjem u obzir njenog smanjenja pri zaokretanju točka za ugao θ_p ;

c – bočna krutost pneumatika, koja dolazi na jedinicu dužine otiska;

l_0 – dužina osne linije otiska;

m – krak (slika 1).

Ako se uzme da je oblik otiska pravougaonik, onda pri poznatim karakteristikama pneumatika i parametrima ugradnje točka nije teško izračunati zavisnost $M = f(\rho/H)$. Za realne vrednosti parametara ova zavisnost ima oblik kao na slici 1. Pri $(\rho/H) > 1,4-1,6$ momenat M se smanjuje skoro proporcijalno ρ . Pri promeni odnosa ρ/H od 0 do 0,5–0,7 moment M se malo povećava (10–14%).

Tok krive na delu od $(\rho/H) = 0$ do $(\rho/H) = 0,5$ zavisi od veličine kračka (m) i bočne krutosti pneumatika (c). Što su veličine (m) i (c) veće to više raste vrednost momenta.

Dimenzije izvršnog hidrocilindra

Pojačivač upravljačkog mehanizma mora da obezbedi zakretanje upravljačkih točkova u mestu pri sili vozača na upravljačkom točku (volanu), koja ne sme biti veća od 160 do 200[N] u kompletnom dijapazonu uglova zakretanja točkova od $\theta_{\max}$ unutrašnji do $\theta_{\max}$ spoljašnjeg (Gincburg, 1972), (Minić, 1992). Veličina sile F_v kojom vozač deluje na upravljački točak (volan), a koja je potrebna za zakretanje upravljačkih točkova bira se prema preporukama i na tu silu utiču koeficijent korisnog dejstva prenosnog mehanizma, upravljačkog mehanizma, centralne opruge i reaktivnih elemenata. Moment na zakretnoj poluzi upravljačkog točka je:

$$M_{zp} = F_v \cdot R \cdot i_u \cdot \eta_{pm} \cdot \eta_{um} = F_v \cdot R \cdot i_u \cdot \eta \quad (9)$$

gde su: R – radijus točka upravljača;

i_u – ukupni prenosni odnos upravljačkog sistema;

η – ukupni gubici na upravljačkom sistemu od volana do zakretne poluge upravljačkog točka (prenosnog sistema pm , upravljačkog mehanizma um).

Rad koji je potrebno da uloži vozač pri zakretanju upravljačkih točkova u mestu:

$$A_v = M_{zp} \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad (10)$$

gde su θ_1 θ_2 uglovi zakretanja upravljačkih točkova iz jednog krajnjeg položaja u drugi.

Sa druge strane, rad koji je neophodan za zakretanje upravljačkih točkova iz jednog krajnjeg položaja u drugi određuje se po formuli:

$$A = 2 \cdot M_t \cdot \frac{1}{\eta_{uo}} \cdot \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} = M_p \cdot \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad (\text{Gincburg, 1972}) \quad (11)$$

Potreban rad hidropojačivača:

$$A_h = (M_p - M_{zp}) \cdot \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \cdot \frac{1}{\eta_{hc}} = M_{hp} \cdot \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad (12)$$

gde su: η_{hc} – koeficijent korisnog dejstva hidrocilindra;

η_{uo} – koeficijent korisnog dejstva u osovinici,

M_{hp} – moment ostvaren pojačivačem na zakretnoj poluzi.

Radna zapremina hidrocilindra:

$$V_{hc} = \frac{A_h}{P_{max}} = \frac{(M_p - M_{zp})}{2P_{max}} \cdot \frac{\theta_1 + \theta_2}{\eta_{hc}} \quad (13)$$

gde je: P_{max} – maksimalni pritisak, stvoren pumpom pojačivača [P_a];

M_p, M_{zp} – [Nm];

θ_1, θ_2 – [rad]

Usvaja se hod klipa u radnom cilindru, odnosno dužina osovine klipa konstrukcijski prema crtežu.

Sila od hidrocilindra, redukovana na upravljački točak – volan F_{ohc} određena je izrazom (Gincburg, 1972):

$$F_{ohc} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{hc}^2 - d_s^2) \cdot p \cdot i_n = k \cdot (D_{hc}^2 - d_s^2) \quad (14)$$

gde je: D_{hc} – prečnik klipa hidrocilindra;

d_s – prečnik osovine klipnjače klipa radnog cilindra;

$k = \frac{\pi}{4} \cdot p \cdot i_n$ – koeficijent (variranjem vrednosti dobijene su karakteristike prikazane na slici 2).

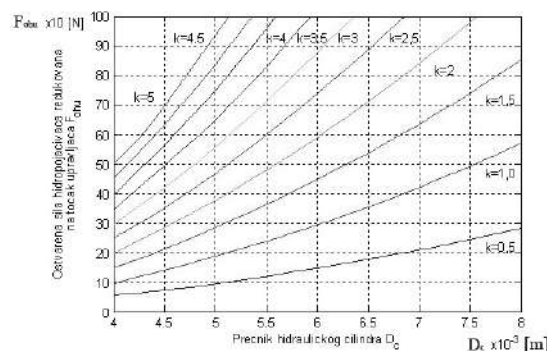
Prečnik hidrocilindra određuje se iz jednakosti zapreminskog protoka:

$$D_{hc} = \sqrt{\frac{4V_{hc}}{\pi \cdot l_s} + d_s^2} \quad (15)$$

gde su: l_s – dužina osovine klipa;

d_s – prečnik osovine klipa.

Na slici 2. prikazana je zavisnost sile F_{ohc} stvorena hidrocilnidrom koja je redukovana na točak upravljača u zavisnosti od prečnika D_{hc} pri različitim vrednostima koeficijenta k .



Slika 2 – Krive maksimalne sile F_{ohc} redukovane sile na točak upravljača, u zavisnosti od prečnika hidrocilindra pri različitim koeficijentima k (Lisov, 1961)

Figure 2 – Curves of the maximum force F_{ohc} of the reduced force on the steering wheel in relation to the hydrocylinder diameter for different coefficients k (Lisov, 1961)

Reaktivni i centrirajući elementi servouređaja

Upravljački sistem bez servouređaja mora da poseduje jednu vrlo važnu osobinu, a to je da razvije sposobnost osećaja kod vozača da ose-ti praćenje konfiguracije puta, naročito pri kretanju u krivinama.

Ovaj osećaj javlja se u tome što se pri povećanju otpora zakretanju upravljačkih točkova pojavljuje i potreba povećanja sile na upravljačkom točku (Gincburg, 1972). Ovu osobinu – osećaj puta, mora da poseduje i upravljački sistem sa servouređajem. Da bi se to ostvarilo, u servouređaj se ugrađuje reaktivni element, čiji je zadatak da vrlo brzo priguše oscilovanje upravljačkih točkova pri povratnom uključenju servouređaja (od upravljačkih točkova ka upravljačkom točku).

Vrednost reakcije određuje se na osnovu povećanja sile koju treba ostvariti na upravljačkom točku pri povećanom otporu zakretanja točkova. Kao pokazatelj reaktivnog dejstva koristi se odnos prirasta sile F na upravljačkom točku sa silama dejstva za svaki prirast sile F' na upravljačkom točku bez servodejstva, tj.:

$$\rho = \frac{\Delta F}{\Delta F'} \quad (16)$$

Danas su uglavnom poznata tri načina ostvarenja reakcije na upravljačkom točku, i to pomoću:

- reaktivnog ventila;
- reaktivnih pluga;
- reaktivnih elemenata.

Jedan od vrlo velikih nedostataka servouređaja jeste njihova sklonost lakog uključivanja pri dejstvu malih sila na njih, koje se mogu pojaviti pri kretanju upravljačkih točkova po neravnom tlu. Povratno uključenje, na primer kod hidrauličkog servouređaja, praćeno je oscilovanjem upravljačkih točkova i „vijuganjem” vozila na drumu.

Da bi se sprečila povratna uključivanja servouređaja, u sistem se ugrađuje centrirajući element hidrauličnog ili opružnog tipa (jedna ili nekoliko prethodno napregnutih opruga). Dok se ne prevaziđe sila kojoj je element za centriranje izložen, servouređaj ne može da stupi u dejstvo i upravljački sistem radi kao sistem bez servouređaja. Na ovaj način ostvarena je jedna vrlo važna osobina sistema za upravljanje, a to je obezbeđenje stabilnosti kretanja vozila na pravom putu, a naročito pri većim brzinama.

Radi obezbeđenja vraćanja upravljačkih točkova elementi za centriranje moraju da budu prednapregnuti silama koje će po vrednosti da budu veće od sile povratnog trenja upravljačkog mehanizma redukovane na sponu razvodnika.

Određivanje dimenzija reaktivnih elemenata i krutosti centrirajućih opruga

Sila F_v kojom vozač deluje na upravljač sastoji se od sile F_{ov} neophodne za sabijanje centralne opruge i sile F_{rev} za savlađivanje reaktivnih elemenata (Janković, 2012), (Gincburg, 1972), (Lisov, 1961):

$$F_v = F_{ov} + F_{rev} \quad (17)$$

Postoji više metodologija izbora tih sila. Jedna od metodologija zasni-va se na pritisku u sistemu:

$$F_{rev} = A_{r,e} \cdot \frac{b}{R} \cdot P \quad (18)$$

gde je: $A_{r,e}$ – površina reaktivnog elementa;

b – dužina ramena koja prenosi proizvod sila $A_{r,e} \cdot P$,

$$b = \frac{l_c}{i_{us} \eta_{us}} \quad (19)$$

gde su: l_c – dužina račve upravljačkog mehanizma;

i_{us} – prenosni odnos upravljačkog sistema.

U slučaju da se razvodnik nalazi na vratilu volana:

$$b = \frac{h}{2\pi\eta_{pm}} \quad (20)$$

gde je h – korak zavojnog mehanizma.

Površina reaktivnog elementa u cm^2 dobija se iz jednačine

$$A_{r,e} = \frac{F_v - F_{ov}}{P_{max} \cdot b} \cdot R \quad (21)$$

Prednapregnutošću centralnih opruga obezbeđuje se vraćanje volana i upravljačkih točkova, pod dejstvom stabilizacionog momenta bez uključenja pojačivača. Za to je neophodno smestiti klip u razvodniku. Sila trenja u upravljačkom mehanizmu mora biti manja od sile prednaprezanja centralnih opruga F_n .

$$F_n \geq \frac{M_{tr}}{l_c \cdot i_n} \quad (22)$$

gde je: M_{tr} – moment trenja sveden na izlaznu polugu upravljačkog mehanizma;

i_n – prenosni odnos dužina poluga, od razvodnika do izlazne poluge.

U slučaju da se razvodnik nalazi na vratilu volana

$$F_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_{tr} \cdot \eta_{opm}}{h} \quad (23)$$

gde je: η_{opm} – koeficijent korisnog dejstva u suprotnom smeru.

Sila na volanu F_{ov} povezana je sa F_n sledećom zavisnošću:

$$F_{ov} = \frac{F_n \cdot l_c}{R \cdot \eta_{pm}} \quad (24)$$

U slučaju da se razvodnik nalazi na vratilu volana:

$$F_{ov} = \frac{F_n \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot \eta_{pm} \cdot R} \quad (25)$$

Crtanje grafika $F_v = f(M_p)$

Uzimajući rezultate statičkog proračuna može se dobiti zavisnost sile F_v od momenta otpora zakretanju upravljačkih točkova M_p . Iz te zavisnosti može se naći P kao funkcija M_p (Demić, et al, 1994).

$$\begin{aligned} M_p &= M_u + M_{z\check{s}} = P \cdot A \cdot l + F_n \cdot R \cdot \eta_u \cdot i_u + F_{re} \cdot R \cdot i_u \cdot \eta_u = \\ &= P \cdot A \cdot l + F_n \cdot R \cdot \eta_u \cdot i_u + P \cdot f \cdot \frac{b}{R} \cdot R \cdot i_u \cdot \eta_u \end{aligned} \quad (26)$$

gde je: l – krak na kojem deluje osovinica klipa cilindra;

A – aktivna površina hidrocilindra.

Moment koji deluje iz pojačivača

$$M_u = P \cdot A \cdot l \quad (27)$$

Moment koji deluje na volanu:

$$M_v = F_n \cdot R \cdot \eta_u \cdot i_u + P \cdot A_{r,e} \cdot b \cdot i_u \cdot \eta_u \quad (28)$$

$$P = \frac{M_p - F_n \cdot R \cdot \eta_u \cdot i_u}{F \cdot l \cdot \eta_{hc} + A_{r,e} \cdot b \cdot i_u \cdot \eta_u} \quad (29)$$

$$F_v = F_n + F_{r,e} = F_n + f_{r,e} \cdot \frac{b}{R} \cdot \frac{M_p - F_n \cdot R \cdot \eta_u \cdot i_u}{F \cdot l \cdot \eta_{hc} + A_{r,e} \cdot b \cdot i_u \cdot \eta_u} \quad (30)$$

Ako je $F_v < F_n$, tad hidropojačivač nije uključen:

$$F_v = \frac{M_p}{i_u \cdot \eta_u \cdot R} \quad (31)$$

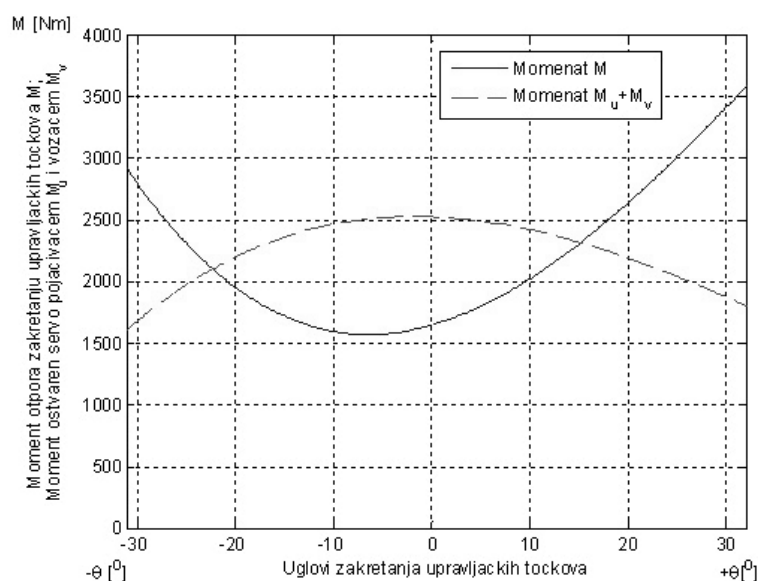
U slučaju $F_n < F_v < F_{\max}$ (sila koja odgovara maksimalnom pritisku u sistemu) veličina F_v određuje se jednačinom:

$$F_v = \frac{M_p - A \cdot l \cdot P_{\max} \cdot \eta_u}{R \cdot i_u \cdot \eta_u} \quad (32)$$

Kontrolni proračun

Kontrolni proračun izvodi se posle izbora opštih elemenata upravljačkog sistema za upravljanje i pojačivača. Kontrolni proračun dozvoljava smanjenje dimenzija pojačivača prenosnim odnosom poluga prenosnog mehanizma, biranjem ramena na koje deluje sila od pojačivača (Gincburg, 1972). Moment na levoj zakretnoj poluzi određuje se kao suma momenata suprotstavljanja levog točka M_1 i desnog $M_2 = M'_2 \cdot \frac{l_1}{l_2}$, gde je: M'_2 - moment zakretanja levog točka. U neutralnom položaju kada je $l_1 = l_2$ sumarni moment na levoj poluzi je:

$$M = M_1 + M'_2 = 2 \cdot M_1 \quad (33)$$



Slika 3 – Momenti otpora zakretanju upravljačkih točkova M [Nm]; moment ostvaren vozačem na upravljačkom mehanizmu M_v [Nm] i moment ostvaren pojačivačem na upravljačkom mehanizmu M_u [Nm] u zavisnosti od ugla zakretanja θ [°] upravljačkih točkova m/v FAP 1118

Figure 3 – Moment of resistance to the turning of drive wheels M [Nm]; moment introduced by the driver on the steering mechanism M_v [Nm] and the moment obtained with the hydraulic servo control on the steering mechanism depending on the turning angle θ [°] of the drive wheels m/v FAP 1118

Pri zakretanju točkova udesno M raste sa smanjivanjem dužine l_2 i povećanjem dužine l_1 , a pri zakretanju ulevo je suprotno. Aproksimacijom eksperimentalnih podataka dobija se kriva zavisnosti sumarnog momenta od ugla θ zakretanja upravljačkih točkova transportnog automobila FAP 1118 (slika 3). Grafik zavisnosti momenta sastoji se od momenta pojačivača M_u i momenta od volana M_v na zakretnoj poluzi zavisno od ugla θ . Ako je opseg pojačivača izabran tako da je podudaran sa projektnim proračunom, krive se presecaju desno od položaja $\theta = 0$. Zakretanje upravljačkih točkova ulevo je lako, a pri zakretanju udesno snaga pojačivača će biti nedovoljna. Zakretna poluga dužine l bira se tako da kriva $M_v + M_u$ prolazi nešto više iznad krive M po čitavom radnom dijapazonu.

Zaključak

Proračunom sistemom upravljanja određuju se osnovni parametri njegovih elemenata i sklopova, obezbeđujući ostvarenje postavljenih zahteva upravljanja vozilom. Osnovni ulazni podatak pri proračunu hidrauličkog servomehanizma je određivanje momenta otpora zakretanju upravljačkih točkova. Da bi se ostvarile odgovarajuće vrednosti momenta otpora zakretanju upravljačkih točkova potrebno je voditi računa o navedenim relevantnim faktorima, jer time se obezbeđuje manje opterećenje elemenata u sistemu upravljanja sa jedne strane, a sa druge strane omogućeno je olakšano upravljanje smanjenjem momenta, odnosno sile na točku upravljača. U ECE pravilniku br. 79 definisana je maksimalna sila koja se može dovesti na točak upravljača. O ovom parametru sistema za upravljanje prilikom razvoja vozila treba voditi računa. Hod klipa i dužina hidrocilindra određuju se za maksimalne uglove obrta upravljačkih točkova i za komponovanu šemu hidrocilindra u okviru upravljačkog sistema vozila. Nakon toga određuje se prečnik klipa hidrocilindra. Sklonošću ka povratnom uključanju hidropojačivača bio bi narušen osnovni zahtev koji se postavlja pred upravljački sistem, a to je vraćanje upravljačkih točkova po izlasku iz krivolinijskog u položaj pravolinijskog kretanja pod dejstvom stabilizirajućeg momenta. Da bi se sprečilo povratno uključanje, u hidraulički servomehanizam ugrađuje se reaktivni i centrirajući element. Prednapregnutošću centralnih opruga obezbeđuje se vraćanje točka upravljača i upravljačkih točkova, pod dejstvom stabilizacionog momenta bez uključanja pojačivača. Sila trenja u upravljačkom mehanizmu mora biti manja od sile prednaprezanja centralnih opruga F_n . Kontrolno proračunavanje obavlja se nakon određivanja svih parametara sistema upravljanja i pojačivača radi provere radne sposobnosti pojačivača i dobijanja

njegovih karakteristika. Pravilno projektovani pojačivač mora da obezbedi da zbirni moment od izvršnog cilindra i vozača premaši moment otpora u čitavom dijapazonu uglova zakretanja upravljačkih točkova.

Literatura

- Demić, M., 2012. *Prilog istraživanju uticaja iskošenosti osovina na potrošnju goriva motornog vozila*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 60, No.1, pp.136-149, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd,
- Demić, M., Pjevac, V., Čalić, S., Vasiljević, M., 1994. *Osnovi projektovanja teretnih motornih vozila*, Mašinski fakultet, Kragujevac,
- Gincburg, L., 1972. *Гидравлические усилители рулевого управления автомобилей*, Машиностроение (Mašinostroenie), Moskva,
- Janković, D., 2005. *Momenti otpora zakretanju upravljanih točkova*, Monografija povodom 30 godina (1975.-2005), pp. 87-96, Mašinski fakultet, Kragujevac,
- Janković, D., 2012. *Lična saopštenja*, Beograd,
- Janković, D., Todorović, J., Ivanović, G., Rakićević, B., 2001. *Teorija kretanja motornih vozila*, Mašinski fakultet, Beograd,
- Lisov, M., 1961. *Рулевые управление автомобилей*, Машиностроение (Mašinostroenie), Moskva,
- Minić, M., 1992. *Sistemi za upravljanje teretnih vozila*, ABC glasnik, Beograd.
- Reimpell, J., 1987. *Шасси автомобиля*, Машиностроение (Mašinostroenie), Moskva.

PROJECT CALCULATION OF THE STEERING MECHANISM HYDRAULIC SERVO CONTROL IN MOTOR VEHICLES

FIELD: Engines and Motor Vehicles
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Hydraulic servo controls are designed to facilitate rotation in place without providing increased power to steering wheels. In the initial design phase, the dimensions required for control systems are usually obtained through the calculation of their load when wheels rotate in place, where the torque is calculated empirically. The starting point in the project calculation is thus to determine the hydraulic power steering torque torsional resistance which is then used to determine the maximum value of force i.e. the torque on the steering wheel. The calculation of the control system servo control consists of determining the basic parameters, the required pump capacity, the main dimensions of the hub and the pipeline and the conditions for the stability of the system control mechanism.

Introduction

The aim of the calculation of the steering control system is to determine the basic parameters of its components which ensure the fulfilment of requirements of the control system. Calculations are performed in several stages with a simultaneous detailed constructive analysis of the control system leading to the best variant. At each stage, design and control calculations of the hydraulic servo of the steering mechanism are performed. The design allows the computation to complete the selection of basic dimensions of the amplifier elements, starting from the approved scheme and the basic building loads of approximate values. Calculations control is carried out to clarify the structural solution and to obtain the output characteristics of the control amplifier which are applied in the estimation of potential properties of the structure.

Project calculation

Baseline data must be sufficiently reliable, ie. must correspond to the construction characteristics of the vehicle design and the control system as well as to service conditions. A proper determination of the torque calculation of torsional resistance in wheels is of utmost importance.

Moment of resistance to wheel rotation in place

The magnitude of the torque required to rotate drive wheels in place, is affected by: 1) load on wheels; 2) coefficient of friction of the tire surface; 3) dimensions and shape of the tire footprint on the surface, as determined by the pressure in the tire and its construction; 4) lateral stiffness of the tire; 5) turning radius of drive wheels; 6) angles of inclination of the pin; 7) moment of friction in pins and steering gear mechanism. To achieve the proper torque values of torsional resistance in drive wheels, it is necessary to take into account all these influential factors, as this provides a lower load on the elements in the control system while enabling easier control and reducing the moment of force on the steering wheel.

Moment of resistance to rotating drive wheels in place according to Mitin

Mitin obtained the coefficient k_F only for one tire so the use of this formula is practically impossible.

Moment of resistance to rotating drive wheels in place according to Taborek

Moment of resistance to rotating drive wheels in place according to Lisov

This formula takes into account the radius of the tire, but does not take into account the pressure and elastic characteristics of tires.

Moment of resistance to rotating drive wheels in place by Litvinov

For the calculation by this formula, it is necessary to know the dependence of the tire footprint surface and the load on it.

Moment of resistance to rotating drive wheels in place by Gough

Experimental studies have shown that this term is very acceptable.

Dimensions of the executive hydraulic cylinder

The control amplifier must provide that the wheels rotate in place when the force of the driver on the steering wheel is not above 160 – 200 N in a complete range of the rotation angles from $\theta_{\max}$ for the inner wheel to $\theta_{\max}$ for the outer wheel.

Reactive and centering elements of the hydraulic servo control

The control system without a hydraulic servo control must have one very important characteristic which is to develop the ability of the driver to feel the road configuration, especially when going around a curve. In order to achieve this, a reactive element is built into the hydraulic servo control, with a task to absorb rapidly drive wheel oscillations during the reverse inclusion of the hydraulic servo control (from the drive wheels to the steering wheel).

Determination of the dimensions of reactive elements and the stiffness of centering springs

Graph of $F_v = f(M_p)$

Taking the results of the static analysis into account, the dependence of force F_v and the torsional resistance in drive wheels M_p can be obtained. From this dependence, P can be found as a function of M_p .

Control calculation

The control calculation is performed after selecting general elements of the control system and the amplifier. The control calculation allows the reduction of amplifier dimensions through the transmission gear mechanism, by selecting the part onto which amplifier force is applied.

Conclusion

The calculation of the control system helps in determining the basic parameters of its elements and assemblies, thus providing the control over the vehicle motion. The main input data in calculating hydraulic servo control is the determination of torsional resistance in drive wheels.

In order to achieve proper torque values in torsional resistance, it is necessary to take into account the given influencing factors since this ensures, on the one hand, lower load on the control system elements and, on the other hand, easier control by reducing the force applied to the steering wheel. ECE Regulation № 79 defines the maximum force that can be applied to the steering wheel, so this parameter of control systems must be taken into account in vehicle design. The piston stroke and the cylinder length are determined for maximum torque angles of drive wheels, followed by the determination of the cylinder piston diameter.

The tendency to reverse the action of the hydraulic servo control would violate the basic requirement to the control system which is to get drive wheels back into straight line motion under the influence of the stabilizing moment. In order to prevent reverse action, a reactive and centering element is installed into the hydraulic servo control. Prestressing of central springs provides the return of the steering and drive wheels under the influence of the stabilizing moment without involving the hydraulic servo control. Friction force in the control mechanism must be lower than the force of prestressed central springs F_n . The control computation is performed after the determination of all parameters in order to test the operating ability of the hydraulic servo control and to obtain its characteristics. A properly designed hydraulic servo control has to provide that the summary execution of torque hydraulic servo control and the driver exceeds the moment of resistance throughout the range of angles of rotation of wheels.

Key words: steering wheel; wheels; torque; steering; requirements; projects; steering system; hydraulics; calculation

Datum prijema članka/Paper received on: 17. 05. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 30. 05. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 01. 06. 2012.

PRIMENA COST-BENEFITANALIZE U VREDNOVANJU I IZBORU JAVNIH PROJEKATA (EKONOMSKI ASPEKT)

Dragana N. Petrović^a,

Branko N. Đedović^b,

Nikola Č. Petrović^a

^a Fakultet za menadžment, Novi Sad

^b Visoka poslovna škola strukovnih studija, Čačak

DOI: 10.5937/vojtehg61-1441

OBLAST: tehnološki razvoj, operaciona istraživanja

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Cost-benefit analiza je celovita analiza koristi i troškova koje jedan projekat donosi samom vlasniku projekta i društvu u celini (uključujući i investitora). Izbor najbolje investicione alternative ostvaruje na osnovu finansijske i ekonomske analize, kao dva integralna dela cost-benefit analize. Prvu od ovih analiza obradila je ista grupa autora u članku „Primena cost-benefit analize u vrednovanju i izboru javnih projekata (finansijski aspekt)“, objavljenom u prethodnom broju časopisa Vojnotehnički glasnik. Predmet obrade ovog rada je ekonomska analiza, kao logički nastavak prethodnog rada. Zbog toga se na brojne oznake tabela, uključenih u sadržaj finansijske analize (1–3), nadovezuju (prema hronološkom redu) oznake tabela koje pripadaju ekonomskoj analizi (6–8).

Sprovođenje ekonomske analize ostvaruje se prema određenoj, dosta složenoj proceduri, a završava se utvrđivanjem kriterijuma ekonomske (društvene) isplativosti projekta. U radu su obrađeni osnovni pokazatelji ekonomskog (društvenog) prinosa projekta, kao što su: neto sadašnja vrednost novčanih tokova i cost-benefit koeficijent.

Ključne reči: javni projekti, investicioni projekti, investicione alternative, životni ciklus, cost-benefit analiza, ekonomska analiza, kriterijum, neto sadašnja vrednost novčanih tokova, cost-benefit koeficijent.

Uvod

Cost-benefit analizom istražuje se isplativost projekta sa stanovišta njegovog vlasnika i društva u celini. Do odgovora na prvo pitanje dolazi se sprovođenjem finansijske analize, za razliku od ekonomske analize koja daje odgovor na pitanje ukupne ekonomske (društvene) efikasnosti projekta (uključujući i investitora). Kao analiza znatno šireg obuhvata od finansijske analize, ekonomska analiza, osim tržišnih, uključuje i netržišne efekte projekta.

Ekonomska analiza sprovodi se prema određenoj proceduri, da bi se došlo do pokazatelja ekonomske isplativosti projekta:

- a) konverzija (prevođenje) tržišno formiranih i administrativno regulisanih cena, u obračunske cene;
- b) monetizacija netržišnih uticaja projekta;
- c) uključivanje dodatnih indirektnih uticaja projekta u ekonomsku analizu;
- d) diskontovanje procenjenih troškova i koristi i
- e) izračunavanje pokazatelja ekonomskog prinosa projekta.

Konverzija tržišnih u obračunske cene

Cost-benefit analizom želi se, u krajnjem, utvrditi društvena vrednost projekta. To se ne može učiniti na temelju iskrivljenih tržišnih cena velikog broja proizvoda i usluga (zbog neperfektnosti tržišta) i administrativno uređenih cena određenih dobara, kao i činjenice da se eksterni efekti projekta (u vidu koristi i šteta društvu) ne mogu novčano valorizovati. Otuda se ukupni troškovi i ukupne koristi preračunavaju u obračunske (društveno prihvatljive) cene, uvažavanjem društvene diskontne stope.

Predlagač projekta (investitor) u mogućnosti je da samostalno utvrđuje obračunske cene za troškove koji mogu nastati kao posledica utrošaka faktora proizvodnje domaćeg porekla. Međutim, obračunavanje troškova materijala ili otpisa opreme iz uvoza ne može se izvršiti na osnovu tržišno formiranog deviznog kursa. U tim uslovima, realno iskazivanje finansijskih efekata (troškova i koristi) od projekta može se ostvariti korišćenjem obračunskih (realnih) cena. Time se postiže realnost ekonomske analize. Konverzija u obračunske cene može se izvršiti na jedan od dva načina (Čupić, 2009):

1. primenom obračunskog, umesto tržišno formiranog deviznog kursa domaće valute. U zemlji sa nekonvertibilnom valutom, kurs domaćeg novca je apresiran (najčešće) ili depresiran, u zavisnosti od ciljeva makroekonomske politike. Zbog toga, ni troškovi ni koristi od projekta ne mogu biti realno izraženi.

2. primenom konverzionog faktora. U određenim slučajevima, za usklađivanje postojećih administrativnih i tržišnih cena sa obračunskim cenama u ekonomskoj analizi koristi se standardni (opšti) ili sektorski konverzioni faktor, u zavisnosti od karaktera proizvoda:

a) Proizvodi koji se kupuju i prodaju isključivo na domaćem tržištu mogu se klasifikovati na osnovne i prateće proizvode. Kada su u pitanju prateći proizvodi, za konverziju tržišnih i administrativnih u obračunske cene koristi se standardni konverzioni faktor (StKF), dok se za osnovne proizvode koriste sektorski konverzioni faktori (SeKF).

U zemljama EU, StKF se izračunava na osnovu podataka o spoljotrgovinskoj razmeni zemlje u prethodnoj godini. Na primer, podaci u milionima evra:

– Ukupan uvoz (U)	10.000
– Ukupan izvoz (I)	12.000
– Uvozne takse (Tu)	3.000
– Izvozne takse (Ti)	600

$$\text{StKF} = \frac{U + I}{(U + Tu) + (I - Ti)} = 0,90$$

Ovo je pojednostavljen postupak izračunavanja StKF, jer bi, osim taksi, trebalo uzeti u obzir i ostale barijere koje zemlja primenjuje u izvozu i uvozu.

Ukoliko nisu utvrđeni konverzioni faktori (ili neki od njih), korigovanje tekućih cena može se izvršiti primenom alternativnih rešenja. Jedan od često korišćenih je pristup „spremnost plaćanja“, zasnovan na preferencijama potrošača.

b) Za proizvode koji se uvoze radi prodaje na domaćem tržištu, kao i proizvode koji se izvoze, u ekonomskoj analizi koriste se granične cene, uobičajeno nazvane CIF i FOB vrednost. To su cene uvozne, odnosno izvozne robe, korigovane za troškove osiguranja i transporta, koji padaju na teret uvoznika (izvoznika).

U zemljama EU, StKF određuju resorna ministarstva na način da odražavaju specifičnosti grane kojoj projekat pripada. U nekim granama proizvodnje, tekuće cene se, manje ili više, razlikuju od obračunskih, u zavisnosti od stanja na tržištu i ciljeva makroekonomske politike. S obzirom na to, ministarstva zemalja EU utvrđuju sektorske (granske) konverzije faktore za ključne stavke troškova: amortizacija opreme, plate zaposlenih, troškovi materijala i sl. Primenom SeKF ostvaruje se konverzija troškova (izraženih u tekućim cenama) u obračunske cene, čime se postiže realnost procene projekta.

U ekonomsku analizu uključuju se troškovi svih faktora proizvodnje, kao i prihodi od projekta. Iz analize, međutim, treba isključiti određene troškove, uključujući i transfere sredstava unutar nacionalne ekonomije (Pamućar, et al, 2008).

U suprotnom, rezultati analize mogli bi navesti na pogrešan zaključak. Reč je o:

a) prethodnim troškovima nastalim pre ocene projekta;

b) porezu na dodatu vrednost (PDV) i drugim indirektnim porezima, sadržanim u ceni proizvoda, koje plaćaju krajnji kupci (potrošači). Iz poreza koje su državi platili građani, država će finansirati projekte koristi za potrošače (građane), tj. za društvo u celini. Na taj način ostvaruje se transfer sredstava, najpre od potrošača ka državi, a zatim od države ka potrošačima.

c) subvencijama. One predstavljaju čist društveni transfer, pa se kao takve isključuju iz ekonomske analize.

Za razliku od pravila o isključivanju poreza i subvencija, ima projekata u čiju ekonomsku analizu ih treba uključiti. Primera radi, država propisuje standarde o maksimalnoj količini štetnih materija koje preduzeće može da ispusti. Negativan uticaj projekta na životnu sredinu može biti uključen u analizu na jedan od dva načina: 1. uključivanjem troškova uvoza i ugradnje ekološke opreme ili 2. uključivanjem poreza, u visini društvenih troškova neophodnih za otklanjanje posledica zagađenja.

Monetizacija netržišnih uticaja

Dok finansijska analiza uključuje finansijske efekte (uticaje) projekta, tržišno valorizovane (kroz novčane iznose procenjenih troškova i očekivanih prihoda preduzeća), ekonomska analiza se orijentiše na uticaje projekta koji se ne valorizuju na tržištu, a značajni su za društvo u celini (Jovanović, 2006).

Monetizacija predstavlja proces novčanog vrednovanja netržišnih uticaja (efekata) projekta. Na primer, most na Adi, preko reke Save, koštaće grad Beograd oko 150 miliona evra. Procenjeni efekti nakon puštanja mosta u saobraćaj su:

- dnevne uštede goriva iznosiće oko 11 tona,
- skraćuje se vreme potrebno za putovanje svima koji prelaze iz starog u Novi Beograd, i obratno (jer se izbegava prolazak vozila kroz centar grada), prosečno 30 minuta dnevno,
- skraćuje se razdaljina i broj pređenih kilometara, dnevno oko 100.000 km,
- sa smanjenjem broja kilometara smanjiće se broj smrtnih slučajeva itd.

Navedene i druge netržišne uticaje (efekte) moguće je novčano izraziti sve dok u nekim zemljama postoji i statistički utvrđena vrednost jednog ljudskog života. Na primer, ukupne uštede u vremenu procenićemo množenjem očekivanog broja korisnika mosta i prosečnog skraćivanja vremena za putovanje od 30 minuta. Ukupne dnevne vremenske uštede mogli bi posebno analizirati u delu vremena koje predstavlja vreme odlaska radnika na posao (ušteđeno radno vreme). Monetizaciju ovog efekta na dnevnom nivou izvršićemo množenjem ušteđenog radnog vremena i prosečne cene sata radnog vremena.

Osim iznetog rešenja, novčano vrednovanje netržišnih efekata projekta može se izvršiti i zavisno od preferencija potrošača, tj. od njihove spremnosti plaćanja. Ilustracije radi, problem vode za piće može biti rešen na više načina: izgradnjom vodovoda, angažovanjem cisterni za vodu, kupovinom flaširane vode i sl. Jedan od načina za procenu društvene koristi od projekta izgradnje vodovoda je ako se prosečna potrošnja vode (u toku jedne godine) pomnoži sa cenom flaširane vode.

Eksterne efekte (eksternalije – efekte prevaljivanja) koje donosi jedan projekat, takođe treba uključiti u analizu njegove ekonomske isplativosti. Eksterne efekte čine štete (negativni eksterni efekti) ili koristi (pozitivni eksterni efekti) koje imaju proizvođači ili potrošači, tj. društvo u celini, zahvaljujući aktivnostima drugih preduzeća ili pojedinaca. Tipičan primer eksternih šteta predstavlja zagađenje vode i vazduha, zbog ispuštanja prljave vode ili dima. Jedan od primera pozitivnih eksternalija je smanjenje opasnosti od poplava, kao rezultat realizacije projekta za izgradnju mreže kanala za odvod vode. Za monetizaciju pozitivnih i negativnih eksternih efekata, najčešće se koristi pristup „spremnost plaćanja“ (Sniedovich, 2005). Na primer, projektu za izgradnju kanala za navodnjavanje zemljišta i sprečavanje poplava građani ne pridaju nikakav značaj negativnoj eksternaliji (sprečavanju poplava). Tada kažemo da je spremnost stanovništva da plati jednaka nuli, zbog čega bi ovaj negativni eksterni efekat bio izostavljen iz ekonomske analize.

Uključivanje dodatnih indirektnih uticaja u analizu

U ekonomsku analizu, osim direktnih, treba uključiti i indirektnu uticaje projekta. Direktni efekti (troškovi i koristi) vezani su za ostvarivanje ciljeva projekta, dok indirektni efekti čine posredni efekti, nastali kao rezultat realizacije projekta (Frame, 2002).

Izgradnjom akumulacionog jezera dugoročno će biti rešen problem pitke vode, sa kojim se suočava stanovništvo nekog grada i poboljšavaju njihovi životni uslovi (direktni efekti). Za izgradnju jezera neophodno je otkupiti zemljište u zahvatu jezera. Nagli skok cene tog zemljišta predstavlja indirektni efekat projekta, koji takođe treba uključiti u ekonomsku analizu. Međutim, postoji mogućnost dvostrukog uključivanja indirektnih uticaja: prvi put samostalno, a drugi put u okviru cene direktnih efekata. Indirektni efekti neće biti uključeni u ekonomsku analizu ukoliko su oni uključeni u obračunsku cenu direktnih efekata (troškova i koristi) ili ako su monetizovani eksterni efekti.

Diskontovanje procenjenih troškova i koristi

Za finansijsku analizu značajni su merljivi (tržišni) efekti, a za ekonomsku analizu relevantni su i nemerljivi (netržišni) efekti. Da bi se utvrdila ekonomska opravdanost projekta, efekte projekta (troškove koristi koji nastaju u različitim periodima), treba diskontovati tj. svesti na prvu godinu planskog perioda projekta, korišćenjem društvene diskontne stope (Stevenson, 2005).

Dok finansijska diskontna stopa (za potrebe finansijske analize) predstavlja minimalnu stopu prinosa, prihvatljivog za investitora (ispod koje projekat postaje finansijski neisplativ), društvena diskontna stopa (za

potrebe ekonomske analize) predstavlja minimalnu stopu prinosa prihvatljivu za čitavo društvo (ispod koje projekat postaje ekonomski neopravdan). Za privatna ulaganja prihvatljiva je diskontna stopa koja je jednaka kamatnoj stopi potrošnje (tržišnoj kamatnoj stopi).

Društvena diskontna stopa može biti jednaka finansijskoj diskontnoj stopi, ali i ne mora. Većina autora smatra da u okviru analize javnih projekata, tržišnu kamatnu stopu ne bi trebalo koristiti kao društvenu diskontnu stopu. Društvenu diskontnu stopu treba odrediti na osnovu kamatne stope na dugoročne kredite, jer se ovi projekti realizuju u dužem periodu. Najčešće je utvrđuje država – parlament, na osnovu predloga centralne banke (Dinkić, 1990).

Za određivanje finansijske diskontne stope relevantne su tržišne cene koje se formiraju u uslovima perfektno konkurencije. Međutim, retki su proizvodi i usluge koji se prodaju u uslovima savršene konkurencije. Danas su retke i zemlje za koje se može tvrditi da u prodaji svih vrsta proizvoda imaju savršenu konkurenciju. U praksi funkcioniše tržište nepotpune, nesavršene konkurencije, sa više pojava oblika: monopol – monopson; duopol – duopson; oligopol – oligopson. Kao rezultat neefikasnosti tržišta, tržišne cene često nisu u skladu sa društvenom vrednošću. Potrošači su bez mogućnosti izbora, prinuđeni da kupuju proizvode i usluge po tržišnim cenama, a ne po njihovoj stvarnoj društvenoj vrednosti (po vrednosti koju proizvodi i usluge imaju za potrošače, na prostoru jedne zemlje). Zaključujemo da troškovi i koristi, utvrđeni na osnovu iskrivljenih tržišnih cena, nisu relevantni sa aspekta društva u celini. Osim toga, cene javnih usluga se administrativno kontrolišu ili se neposredno određuju. Najčešće se odražavaju na nižem nivou od troškova pružanja usluga, zbog potrebe očuvanja životnog standarda građana. Zbog toga, ekonomska analiza, umesto tržišnih, koristi obračunske cene, kao društveno prihvatljive cene (Malešević, 2003).

Razlog korišćenja obračunskih cena nisu samo tržišne nesavršenosti. U periodu eksploatacije projekat ostvaruje određene eksterne efekte (pozitivne i /ili negativne). Eksterni efekti projekta ne mogu se tržišno vrednovati, već se ovim uticajima dodeljuje odgovarajuća vrednost. Postupak vrednosnog izražavanja eksternih efekata putem obračunskih cena naziva se monetizacija. Ona predstavlja ključnu pretpostavku uključivanja nefinansijskih (eksternih) uticaja projekta u ekonomsku analizu.

Izračunavanje pokazatelja ekonomskog (društvenog) prinosa projekta

Sa makroaspekta opravdana je realizacija projekata čije su ukupne očekivane ekonomske koristi veće od ukupno procenjenih troškova. Ocenjivanje ekonomske isplativosti investicionih projekata može se izvršiti primenom određenih kriterijuma – pokazatelja ekonomskog prinosa pro-

jekata. Na osnovu dosadašnjeg toka ekonomske analize, u mogućnosti smo da izračunamo osnovne kriterijume (pokazatelje) društvenog prinosa jednog investicionog projekta, kao što su:

1. neto sadašnja vrednost novčanih tokova (ekonomska tj. društvena) – $NSVNT_{(e)}$, kao osnovni pokazatelj ekonomske (društvene) isplativosti projekta i

2. odnos C/B ratio (cost-benefit koeficijent).

Polazni podaci za izračunavanje indikatora ekonomskog prinosa su podaci iz pregleda ukupnih ulaganja (tabela 1) i pregleda poslovnih troškova i prihoda, formiranih u okviru finansijske analize (tabela 2) (Jovanović, Langović, 2003). Podatke treba korigovati putem konverzionih faktora, a dopuniti monetizovanim indirektnim efektima.

Neto sadašnja vrednost novčanih tokova (ekonomska) – $NSVNT_{(e)}$, kao pokazatelj ekonomske analize, bitno se razlikuje od neto sadašnje vrednosti novčanih tokova (finansijske) – $NSVNT_{(f)}$, kao pokazatelja finansijske analize.

Obračun sadašnje vrednosti u okviru ekonomske analize izvršen je prema pretpostavci da finansijska diskontna stopa iznosi 4%. U ekonomskoj analizi polazimo od pretpostavke da društvena diskontna stopa iznosi 4,5%. Na osnovu ove stope utvrdićemo sadašnju vrednost eksternalija, prihoda, troškova i ukupnih ulaganja.

U ekonomskoj analizi novčani tokovi se manifestuju u vidu novčanih priliva i odliva, šire shvaćenih od priliva i odliva u finansijskoj analizi (Panić, 2006).

Novčane prilive čine:

a) pozitivne eksternalije, novčano izražene primenom nekog od mogućih pristupa monetizacije i

b) konvertovani (korigovani) poslovni prihodi.

Novčani odlivi obuhvataju:

a) negativne eksternalije, novčano izražene (monetizovane),

b) konvertovane (korigovane) poslovne troškove i

c) ukupna ulaganja.

Konverzija poslovnih prihoda i poslovnih troškova izvršena je primenom odgovarajućeg konverzionog faktora.

Poreske korekcije su jednake nuli zbog toga što u stavke priliva i odliva novca nisu uključeni društveni transferi, subvencije ili indirektni porezi.

Uvažavajući potrebu ispravljanja tekućih cena, stavke priliva i odliva novca, kao i ukupna ulaganja, korigovani su na osnovu odgovarajućeg konverzionog faktora.

Tabela 1
Table 1Pregled novčanih priliva i odliva (u 000 RSD)
Summary of cash inflows and outflows (000 EUR)

Novčani tokovi		Godine						
		Konverzioni faktori (KF)	1	2	3	4	5	6
A Poreske korekcije			0	0	0	0	0	0
1	Smanjenje zagađenja vode		0	50	50	50	50	50
2	Smanjenje zagađenja vazduha		0	20	20	20	20	20
B Pozitivni eksterni efekti (1+2)			0	70	70	70	70	70
3	Prihodi od prodaje proizvoda	1,4	0	2.240	6.720	7.000	7.000	8.400
4	Prihodi od aktiviranja proizvoda za sopstvene potrebe	1,1	0	330	0	572	748	0
C Ukupni poslovni prihodi (3+4)			0	2.570	6.720	7.572	7.748	8.400
5	Povećanje buke		0	-20	-20	-20	-20	-20
D Negativni eksterni efekti (5)			0	-80	-80	-80	-80	-80
6	Troškovi materijala	1,3	0	-1.040	-1.131	-1.170	-1.235	-1.300
7	Troškovi zarade	1,2	0	-720	-840	-960	-1.020	-1.020
8	Troškovi prodaje i troškovi uprave	0,9	0	-585	-774	-828	-882	-945
E Ukupni poslovni troškovi (6+7+8)			0	-1.305	-2.745	-2.958	-3.137	-3.265
F Ukupna ulaganja		0,8	-4.536	-304	-864	40	-1.024	24
Neto novčani tok (A+B+C-D-E-F)			-4.536	951	3.101	4.644	3.577	5.149

Tabelom 2, korigovani su i podaci iz tabele 1, tako što su procenjeni nominalni iznosi (pozitivnih i negativnih eksternih efekata, poslovnih prihoda i troškova i ukupnih ulaganja), preračunati u sadašnje vrednosti (po godinama), polazeći od pretpostavke da društvena diskontna stopa iznosi 4,5%. Iz zbira pozitivnih eksternih efekata i poslovnih prihoda, izračunat je iznos sadašnje vrednosti novčanog priliva ($307,28 + 28.486,15 = 28.793,43$). Negativni eksterni efekti, poslovni troškovi i ukupna ulaganja daju iznos neto sadašnje vrednosti novčanog odliva ($-18.378,80$) (Đedović, 2010).

Ukupna ekonomska (društvena) neto sadašnja vrednost priliva novca od projekta iznosi: $28.793,43 - 18.378,80 = 10.414,63$.

Tabela 2
Table 2

Pregled procenjenog nominalnog iznosa
Summary of the estimated nominal value

Godina	Prosečan nominalni iznos					Izraz (1 + i) ⁿ (6)
	pozitivnih eksternih efekata (1)	poslovnih prihoda (2)	negativnih eksternih efekata (3)	poslovnih troškova (4)	ukupnih ulaganja (5)	
1.	0	0	0	0	-4.536	(1+0,45) ⁰ =1,00000
2.	70	2.570	-80	-1.305	-304	(1+0,45) ¹ =1,04500
3.	70	6.720	-80	-2.745	-864	(1+0,45) ² =1,09202
4.	70	7.572	-80	-2.958	40	(1+0,45) ³ =1,14116
5.	70	7.748	-80	-3.137	-1.024	(1+0,45) ⁴ =1,19251
6.	70	8.400	-80	-3.265	24	(1+0,45) ⁵ =1,24618
U k u p n o:						

Tabela 3
Table 3

Pregled izračunate sadašnje vrednosti ukupnih efekata (u 000 RSD, po godinama)
View of the calculated present value of total effects (in 000 RSD per year)

Godina	Izračunat iznos sadašnje vrednosti u godinama eksploatacije projekta					
	Pozitivnih eksternih efekata (1= 1: 6)	poslovnih prihoda (2 =2 : 6)	negativnih eksternih efekata (3 = 3 : 6)	poslovnih troškova (4=4 : 6)	ukupnih ulaganja (5=5:6)	Sadašnja vrednost novčanih tokova u celokupnom periodu eksploatacije projekta (1+2+3+4+5)
1.	0	0	0	0	-4.536,00	-4.536,00
2.	66,98	2.459,33	-76,55	-1.248,80	-290,91	910,05
3.	64,10	6.153,73	-73,26	-2.513,69	-791,19	2.839,69
4.	61,34	6.635,32	-70,10	-2.592,08	35,05	4.069,53
5.	58,69	6.497,18	-67,08	-2.630,56	-858,69	2.999,54
6.	56,17	6.740,59	-64,20	-2.620,00	19,26	4.131,82
	307,28	28.487,15	-351,19	-11.605,13	-6.422,48	10.414,63

Napomena: podaci koji su prikazani u tabeli 3 izračunati su na osnovu podataka koji su dati u tabeli 2.

1. Neto sadašnja vrednost novčanih tokova (ekonomska tj. društvena) – NSVNT_(e). Služeći se podacima o neto novčanom toku (tabela 6), u okviru ekonomske analize možemo da utvrdimo neto sadašnju vrednost novčanog toka (ekonomske, tj. društvene) – NSVNT_(e). Postupak izračunavanja NSVNT_(e) identičan je postupku za izračunavanje neto sadašnje

vrednosti novčanog toka (finansijske) – $NSVNT_{(f)}$, s tom razlikom što uzimaju različite cene:

finansijska analiza razmatra finansijsku isplativost projekta za vlasnika (investitora) i finansijere (Đedović, Nadoveza, 2008).

a) Za njih je ključno pitanje da li je projekat opravdan sa stanovišta tekućih cena (formiranih na tržištu ili administrativno regulisanih). Zato se $NSVNT_{(f)}$ izračunava na osnovu neto novčanog toka, u koji nisu uključeni eksterni i drugi indirektni efekti (jer su ovi efekti značajni za društvo u celini).

b) Ekonomska analiza ispituje ekonomsku (društvenu) isplativost projekta za čitavo društvo, uključujući i isplativost samog vlasnika projekta. Zbog toga se izračunavanje $NSVNT_{(e)}$ ostvaruje na osnovu obračunskih cena svih efekata (uticaja) koje projekat donosi. Dakle, $NSVNT_{(e)}$ se ne formira na osnovu iskrivljenih tekućih cena (koje se koriste za izračunavanje $NSVNT_{(f)}$), već na osnovu obračunskih, tj. korigovanih tekućih cena:

$$NSVNT_{(e)} = SVNT_o + SVNT_1 + SVNT_2 + \dots + SVNT_n$$

$SVNT_{(o-n)}$ – novčani tokovi od godine ulaganja (označene oznakom „o“), do „n“ godina eksploatacije projekta.

S obzirom na različit pristup utvrđivanju ovih pokazatelja, može se desiti da jedan projekat bude finansijski neisplativ (ako je $NSVNT_{(f)}$ manja od nule). U našem primeru, prema tabeli 4, ukupna neto sadašnja vrednost novčanih tokova – $NSVNT_{(f)}$ iznosi 786.470 RSD. Prema tabeli 1, ukupna ekonomska (društvena) neto sadašnja vrednost novčanih tokova projekta – $NSVNT_{(e)}$ iznosi 10.414.630 RSD. Projekat se može smatrati ekonomski efikasnim ukoliko je kriterijum sadašnje vrednosti neto koristi (koje se mogu očekivati u celokupnom periodu eksploatacije projekta) veći od nule. Ako je manji od nule, odnosno ako je neto sadašnja vrednost projekta manja od investicionih ulaganja, projekat je ekonomski neisplativ, pa će kao takav biti odbačen. Ukoliko je u pitanju više projekata, društveno je opravdan projekat koji ima najveću pozitivnu vrednost neto koristi (Raković, 2007).

Ako bi se primenio samo kriterijum neto sadašnja vrednost, izbor bi pao na projekat koji ima najveću neto sadašnju vrednost (Nikolić, Borović, 1996).

Ipak, ovaj projekat može podrazumevati najveće troškove. Kriterijum neto sadašnja vrednost ne daje odgovor na pitanje izbora projekta za predračun troškova koji odgovara investicionim mogućnostima finansiranja projekta. Zato se za ocenu ekonomske efikasnosti ulaganja koristi i drugi kriterijum: cost-benefit koeficijent, koji se zasniva na uporednom praćenju koristi i troškova, odnosno priliva i odliva novca.

2. Odnos C/B racio (cost-benefit koeficijent). U tabeli 3 novčani tokovi (prilivi i odlivi) po svim osnovama svedeni su na godinu inicijalnog ulaganja (godina „o“). Zato smo u mogućnosti da utvrdimo odnos C/B racio, izražen kao odnos ukupne sadašnje vrednosti svih novčanih priliva i ukupne sadašnje vrednosti svih novčanih odliva (Hilton, et al, 2003).

Ukupna sadašnja vrednost priliva novca (koristi od projekta) izračunata je kao zbir sadašnje vrednosti:

- pozitivnih eksternih efekata.....307,28 RSD
- poslovnih prihoda.....28.486,15 RSD

U k u p n o : 28.793,43 RSD

Ukupnu sadašnju vrednost odliva novca (troškovi i ulaganja) utvrdimo kao zbir sadašnje vrednosti:

- negativnih eksternih efekata.....- 351,19 RSD
- poslovnih troškova.....- 11.605,13 RSD
- ulaganja u projekat.....- 6.422,48 RSD

U k u p n o :- 18.378,80 RSD

$$C/B \text{ ratio} = \frac{28.793,43}{18.378,80} = 1,57$$

Cost-benefit koeficijent (C/B) pokazuje koliko jedinica koristi (novčano izraženih) donosi svaka jedinica utrošenih sredstava. Ukoliko prilivi nadmašuju odlive novca, u pitanju je finansijski isplativ projekat, i obrnuto. Iz odnosa C/B racia saznajemo da se na svaki RSD odliva, ostvaruje 1,57 RSD priliva novca, što na svoj način potvrđuje finansijsku opravdanost projekta. Da bi zaključili da je projekat još i ekonomski (društveno) isplativ i opravdan za realizaciju, neophodno je da su ispunjeni sledeći uslovi (Petrović, 1993):

a) da je razlika diskontovanih koristi i troškova, tj. ukupna neto sadašnja vrednost novčanih tokova (ekonomska - društvena) – $NSVNT_{(e)}$ veća od nule i

b) da je C/B ratio veći od jedan.

U našem primeru, oba uslova su zadovoljena: $NSVNT_{(e)} = 10.414.630$ RSD, dok je C/B ratio = 1,57, odnosno koristi nadvisuju troškove za 57%. Ukoliko, pak, analiziramo dva i više projekata, prednost će biti na strani projekta koji ima najveću neto sadašnju vrednost i najveću vrednost cost-benefit koeficijenta. Projekat koji ima negativnu $NSVNT_{(e)}$ ne bi trebalo realizovati, kao ni projekat čiji je C/B ratio manji od jedan.

Nakon izbora najpovoljnije investicione alternative, ostvaruje se proces pribavljanja neophodnih investicionih sredstava i, na toj osnovi, omogućava otpočinjanje procesa fizičke realizacije projekta.

Zaključak

Ekonomska analiza je celovita analiza efikasnosti projekta. Ekonomski efekti (novčano izraženi) uvećavaju se za novčani iznos neekonomskih efekata: direktnim troškovima koji se predviđaju tokom realizacije projekta pridodaju se i novčano procenjeni indirektni troškovi. Nakon utvrđivanja, sumiraju se ukupno predviđeni troškovi (direktni i indirektni) i procenjeni efekti koristi. Sledi njihovo međusobno suprotstavljavanje, da bi se mogla izvršiti procena da li efekti nadmašuju ulaganja.

Izračunavanje ekonomskog prinosa projekta ostvaruje se utvrđivanjem osnovnih kriterijuma (pokazatelja) ekonomske (društvene) isplativosti projekta, kao što su: neto sadašnja vrednost novčanih tokova i cost-benefit koeficijent. Projekat je ekonomski isplativ i društveno opravdan za realizaciju, ukoliko je prvi kriterijum veći od nule, a drugi veći od jedan. U slučaju alternativnog izbora, biće izabran projekat koji ima najveću sadašnju vrednost novčanih tokova i najveću vrednost cost-benefit koeficijenta.

Literatura

- Čupić, M., 2009. *Cost-benefit – benefit analiza*, Business Start – up centre, Kragujevac,
- Dinkić, M., 1990. *Upravljanje razvojem zajedničkih potreba, Cost-benefit . benefit analiza*, Ekonomski institut, Beograd,
- Đedović, B., 2010. *Vodjenje i vrednovanje projekata*, Fakultet za menadžment malih i srednjih preduzeća, Beograd,
- Đedović, B., Nadoveza, B., 2008. *Kvantitativne metode u menadžmentu*, Fakultet za MSP, Beograd,
- Frame, J., 2002. *The New Projekt Management*, Second edition, Jossey – Bass, San Francisco,
- Hilton, R., Maher, M., Selto, F., 2003. *Cost-benefit Management: Strategies for Business Decisions*, McGraw – Hill, New York,
- Malešević, E., 2003. *Upravljanje investicijama*, Građevinski fakultet, Subotica,
- Panić, P., 2006. *Investicije, ocena i upravljanje projektima*, Fakultet spoljne trgovine, Bijeljina,
- Petrović, N., 1993. *Analiza „troškovi – rezultati“ u izboru projekata tehničke modernizacije*, Novi glasnik, br. 4-5.
- Raković, R., 2007. *Kvalitet u upravljanju projektima*, Građevinska knjiga, Beograd,
- Jovanović, M., Langović, A., 2003. *Upravljanje projektom*, Megatrend Univerzitet primenjenih nauka, Beograd,
- Jovanović, P., 2006. *Upravljanje projektom*, FON, Beograd,
- Nikolić, I., Borović, S., 1996. *Višekriterijumska optimizacija*, Beograd,
- Pamućar, D., 2008. *Primena SWOT analize na sistem integralnog transporta Vojske Srbije*, Vojnotehnički glasnik, vol. 56, no. 2, pp. 237–247,
- Sniedovich, M., 2005. *Towards an AoA – Free Courseware for Critical Path Method*, The University of Melbourne, Australia,
- Stevenson, W., 2005. *Operations Management*, McGraw – Hill, New York.

APPLICATION OF THE COST-BENEFIT-BENEFIT ANALYSIS IN THE EVALUATION AND SELECTION OF PUBLIC PROJECTS (ECONOMIC ASPECT)

FIELD: Technology Development, Operations Research
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

The cost-benefit-benefit analysis is a comprehensive analysis of benefits and cost-benefits of a project which that project brings to the project owner and to the society as a whole (including investors). The selection of the best investment alternative is realized on the basis of financial and economic analyses, as two integral parts of the cost-benefit-benefit analysis. The first of these was dealt by the same group of authors in the article „Application of the cost-benefit-benefit analysis in the evaluation and selection of public projects (financial aspect)“, published in the previous issue of the Military Technical Courier. The subject of this paper is the processing of an economic analysis as a logical extension of the previous work. Therefore, the number of labels included in the table of the financial analysis content (1-5) supplements (in the chronological order) label tables that belong to the economic analysis (6-8).

The application of the economic analysis is achieved by a certain, quite complex procedure, and ends by establishing the basic criteria (indicators) of the economic (social) cost-benefit of the project, such as a net present value of cash flows and a cost-benefit-benefit ratio. The project is economically viable and socially justified for implementation if the first criterion is greater than zero, and the second criterion is greater than one. In the case of alternative choices, the project with the highest present value of cash flows and the highest value of the cost-benefit-benefit ratio will be selected.

This paper processes all the issues regarding a gradual realization of the economic analysis in order to determine the economic viability of the project.

Conversion of market prices to accounting prices

The first question pointed out to the need of calculating the total cost-benefits and benefits into calculation (socially acceptable) prices, as a condition of the reality of the economic analysis. For the correction of current prices into accounting ones, the conversion factors or the limit prices of the CIF and FOB values are used.

Monetization of non-market impacts

The second question stresses the need for a monetary valuation of the project effects that cannot be assessed in the market. Among others, these effects include positive and negative external effects.

Including additional indirect effects in the analysis

The third issue deals with the analysis of direct and indirect effects. Direct effects (cost-benefits and benefits) are related to the achievement of projects. Indirect effects are the effects resulting from the realization of a project, and as such, they should be included in the economic analysis.

Discounting estimated cost-benefits and benefits

The subject of the analysis of the fourth question is discounting estimated cost-benefits and benefits. To determine the economic feasibility of the project, the cost-benefits and benefits of the project should be discounted, i.e. reduced to the first year planning period of the project, using the total discount rate.

Calculation of the indicators of the economic (social) returns of the project

This Section starts from the assumption that a reasonable implementation of the project is the one whose total expected benefits exceed the total estimated cost-benefits. The economic viability of the project is evaluated by calculating the basis indicators of the social returns of the project, i.e. the net present value of cash flows and the cost-benefit-benefit ratio.

Conclusion

In conclusion, it was pointed out that the project is economically viable and socially justified for implementation if the first criterion (net present value of cash flow) is greater than zero and the other criterion (cost-benefit-benefit ratio) greater than one. In the case of alternative choices, the project with the highest present value of cash flows and the highest value of the cost-benefit-benefit ratio will be selected.

Key words: public projects, investment projects, investment alternatives, life cycle, cost-benefit-benefit analysis, economic analysis, criterion, net present value of cash flows, cost-benefit-benefit ratio.

Datum prijema članka/Paper received on: 31. 01. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 25. 03. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 27. 03. 2013.

ODREĐIVANJE ŽIVOTNOG VEKA CEVI ORUĐA – ORUŽJA

Nebojša P. Hristov^a
Gordana R. Jovičić^b

^a Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,
Odeljenje za logistiku, Beograd

^b Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac

DOI: 10.5937/vojtehg61-2062

OBLAST: mehanika, tehnologija održavanja
VRSTA ČLANKA: stručni članak

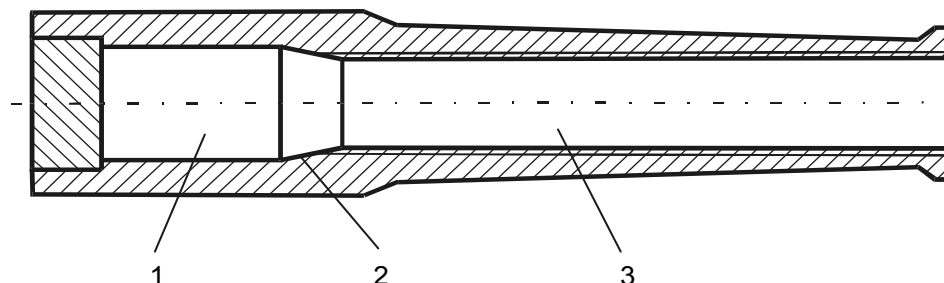
Sažetak:

U radu se opisuju dinamički procesi unutar cevi oruđa u toku procesa opaljenja za vreme eksploatacije. Definišu se načelno osnovni principi konstruisanja elemenata cevi i prikazuje narušavanje osnovne geometrije unutrašnjosti cevi usled habanja, kao i posledice prouzrokovane njima tokom eksploatacije. Takođe, definisani su osnovni empirijski modeli, kao i model zasnovan na mehanici loma za proračun upotrebnog – životnog veka cevi, kao i drugi elementi bitni za sigurnu upotrebu cevi kao osnovnog elementa oružja – oruđa. U radu se vrši i analiza uzroka erozije i način kontrole i umanjenja habanja radi produženja životnog veka cevi oruđa i daju smernice za reparaciju cevi kojima su istrošeni resursi. U zaključku se navode elementi koji najviše utiču na habanje cevi i načini za izvršenje modifikacije postojećih sistema, prvenstveno barutnih punjenja, radi produženja životnog veka cevi oruđa. Predložene su i smernice za pravilno određivanje životnog veka na osnovu ocene stanja cevi.

Ključne reči: habanje – erozija, životni vek cevi, kontrola habanja cevi.

Uvod

Cev je osnovni element svakog oruđa – oružja i predstavlja toplotnu mašinu u kojoj se odvijaju dinamički procesi pretvaranja potencijalne hemijske energije baruta u kinetičku i toplotnu energiju u veoma kratkom intervalu. Svi procesi i pojave su impulsnog karaktera, jer je vreme za koje se odvijaju reda nekoliko μs , a oslobođena energija reda MJ. U cevi se vrši opaljenje metka i lansiranje projektila sa definisanom početnom brzinom i pravcem leta. Prema konstruktivnom rešenju, cev je načelno debelozidni cilindar čija se unutrašnja šupljina naziva kanal cevi, slika 1.



Slika 1 – Presek monoblok cevi
Figure 1 – The intersection of the mono-block barrel

Kanal cevi sastoji se od ležišta metka 1, prelaznog konusa 2 i vodišta projektila 3. Ležište metka je deo u koji se smešta metak. Prelazni konus spaja ležište metka sa vodištem projektila. Vodište projektila je prednji deo cevi po kojem se kreće projektil za vreme opaljenja.

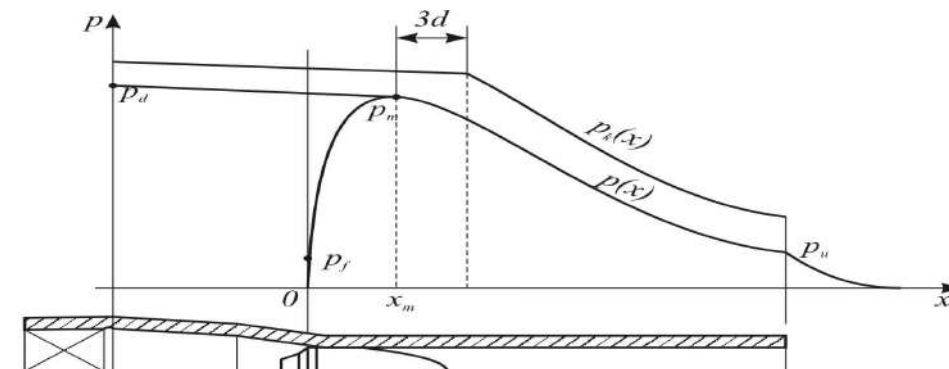
Oblik izrade navedenih elemenata cevi zavisi od punjenja i vođenja projektila u cevi. Zidovi cevi takođe mogu biti različito izvedeni. Po svojoj spoljašnjoj konfiguraciji pojedini delovi cevi mogu biti samo cilindrični ili konusni. Za cev se čvrsto vezuju zadnjak sa zatvaračem, omotač, gasna kočnica ili zaštitnik usta cevi, delovi neophodni za povezivanje cevi sa protivtrzajućim uređajem (PTU), odnosno ogrlice i dr.

Zavisno od načina izrade vodišta projektila u kanalu cevi, postoje cevi sa ožlebljenim (olučenim) i glatkim vodištem.

Prvi i osnovni zahtev za cev kao glavni deo oruđa proističe iz njegove namene – obezbeđenja zahteva balistike, tj. da se iz cevi zadanog kalibra d pri opaljenju metka projektilu određene mase m saopšti početna brzina v_0 i obezbedi stabilnost leta u potrebnom pravcu. Iz toga se vidi da je pre nego što se pristupi projektovanju cevi, neophodno imati elemente metka i unutrašnje balistički proračun (Cvetković, 1998), (Tančić, 1998). Potrebno je sagledati i mogućnosti UB proračuna za kombinovana barutna punjenja (Hristov, Savić, 2011. pp.158-173).

Najvažniji zadatak UB je određivanje zakonitosti kretanja projektila i razvoja pritiska barutnih gasova u cevi oruđa – oružja u toku procesa opaljenja. Ukupno povećanje UB krive pritiska iznosi približno (30–40)%. Na taj način dobija se kriva konstrukcionog pritiska $p_k(x)$. Proračun debljine zidova cevi izvodi se dalje prema ovom fiktivnom pritisku, odnosno sili, po određenoj metodologiji.

Ovaj postupak je relativno jednostavan i služi za proračune i provere otpornosti monoblok cevi, a tačnija metodologija pri projektovanju cevi oruđa je sa aspekta njene čvrstoće (Čuev, 1976), koja je i eksperimentalno potvrđena.



Slika 2 – Kriva poželjne otpornosti $p_k(x)$

Figure 2 – A desirable resistance curve

Radi pojednostavljenja proračuna otpornosti cevi uzima se da pritisak deluje normalno na površinu kanala cevi, da je presek cevi kružni prsten koji se ravnomerno deformiše i da je materijal cevi homogen i izotropan. Neophodno je da se osnovni dijagram krive pritiska barutnih gasova koriguje izvesnim koeficijentima sigurnosti. Da bi se došlo do krive poželjne otpornosti prikazanoj na slici 2.

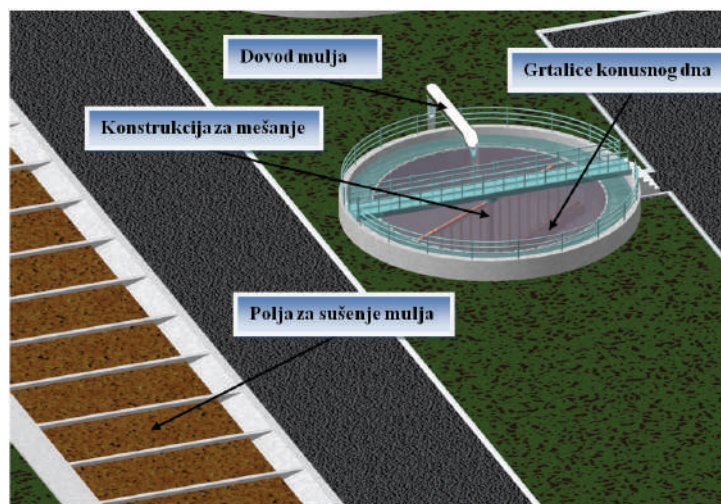
Habanje kanala cevi i deformacije

Svaka cev oruđa izrađena je od kvalitetnih materijala sa potrebnom rezervom čvrstoće, koja obezbeđuje sve konstruktivne zahteve u skladu sa Pravilnikom o kvalitetu proizvoda (PKP) u procesu opaljenja. Tokom eksploatacije postepeno se haba (troši) usled čega više ne zadovoljava postavljene zahteve. Smatra se da je cev završila svoj životni vek kada posle određenog broja ispaljenih projektila više ne zadovoljava najvažnije zahteve PKP (početnu brzinu projektila v_0 , veličinu kalibra d i tačnost gađanja). Brojni pristupi su upotrebljavani u karakterizaciji mehanizama habanja–erozije cevi, tj. proračunu životnog veka cevi oruđa. Preko jednostavnih termomehaničkih i termohemijskih modela još uvek nije dobijen jedinstven valjan model za proračun erozije i životnog veka cevi.

Erozija cevi prikazana na slici 3 (Progress in Astronautics and Aeronautics, 1984) može se definisati kao progresivno oštećenje površine cevi i proširenje kalibra usled normalne eksploatacije, koja bitno utiče na pad početne brzine projektila, tačnost i efektivnost oruđa.

Za razliku od biohemijskih anaerobnih i aerobnih dugotrajnih procesa razgradnje mulja, gorive komponente mulja mogu se obraditi i termički. Pri termičkoj preradi mulja odvijaju se hemijske reakcije pri kojima se oslobađa energija (egzotermna reakcija) ili je potrebno dovoditi energiju (endotermne reakcije).

Termička prerada mulja izvodi se sledećim postupcima: sagorevanje, piroliza i gasifikacija.



Slika 6 – 3D model dela postrojenja za tretman mulja
Figure 6 – 3D Model of the Sludge Treatment Plant

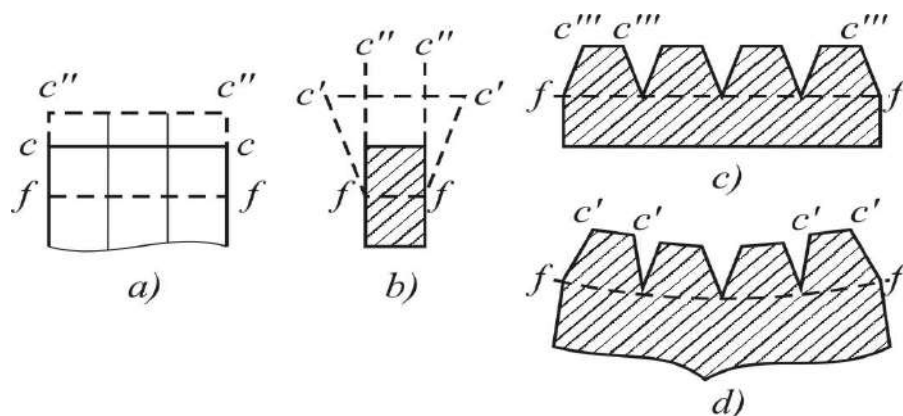
Zaključak

Usled čovekovog delovanja znatno se menja hemijski sastav vode, kao i odnosi koji u njoj vladaju, pa kažemo da je voda zagađena. Vekovima, u većoj ili manjoj meri, čovek svoj otpad direktno ili indirektno baca u vodene tokove do mora, procesima prirodnog kruženja vode. Čovek je svestan da svojim činjenjem, radi svog opstanka, nesvesno uništava osnovni element opstanka na Zemlji. Svestan je da se veoma zagađena voda ne može koristiti ni za piće, ni za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Da bi se mogla koristiti, neophodno je potrošiti velika materijalna sredstva i energiju za njeno prečišćavanje, kako bi se dovela u upotrebljivo stanje. Sve nečistoće koje čovek ubaci u vodu indirektno preko hrane vraćaju se u organizam i uništavaju ga, što predstavlja začaran krug. Stoga je neophodno eliminisati ili smanjiti uzroke zagađenja, smanjiti količinu štetnih materija i preduzeti mere da se tako zagađena voda nakon obra-

Smatra se da je kod streljačkog naoružanja osnovni faktor habanja dejstvo projektila na cev, a kod cevi artiljerijskog oruđa erozivno dejstvo barutnih gasova. Habanje cevi razvija se postepeno, uz određene manifestacije.

Prvo što se može primetiti u kanalu cevi je bakarisanje njene površine. Posle nekoliko opaljenja (slika 3a i 3b), jasno se vide slojevi bakra vodećeg prstena na radnim bokovima polja i u dnu žlebova. Na drugim delovima površine kanala bakarisanje se manje primećuje. Nanošenje materijala vodećeg prstena (bakra) na površine kanala nastaje usled dejstva barutnih gasova koji prodiru kroz najmanje zazor između vodećeg prstena i cevi. Čestice bakra skidaju se sa prstena projektila silama trenja i slažu u slojevima na površinu kanala cevi. Posle nekoliko desetina opaljenja, bakarisanje površine se sve više uvećavaju, a u oblasti prelaznog konusa i početka ožlebljenja površina kanala cevi poprima taman „matirani“ izgled. Pregledom matirane površine kanala cevi mogu se uočiti različita posebna mesta ili tačke i mali risevi paralelno usmereni duž cevi ili po obimu njegovog poprečnog preseka. Posle nekoliko stotina opaljenja (slika 3c i 3d) na početku ožlebljenja jasno se uočava mreža kratkih i plitkih pukotina koja se sve više širi sa produženjem gađanja i pokriva celu površinu kanala cevi na dužini 2 do 3 kalibra prema ustima cevi. Mreža pukotina javlja se i u ležištu metka, pogotovo tamo gde cev nije zaštićena čaurom. Dubina pukotina se naročito brzo povećava u podnožju polja sa obe strane polja i može da dostigne vrednost do 2 mm. Jasno je da će pod delovanjem sile urezivanja vodećeg prstena F_N lako doći do smicanja takvog polja na manjoj ili većoj dužini.

Proces obrazovanja pukotina D Černov (Ristić, 2010) objašnjava na sledeći način: pri gađanju površinski sloj metala cevi cf (na slici 4a) zagreva se i širi izazivajući suženje kanala cevi.



Slika 4 – Šema formiranja pukotina u površinskom sloju cevi
Figure 4 – Scheme of cracks formation in the surface layer of the tube

Ako se izdvoji poseban prstenasti element sloja čiji je uzdužni presek dat na slici 4b, i ako se apstrahuju susedni elementi, površinske tačke c za vreme zagrevanja cevi premeštaju se u tačke c' , a postepenim hlađenjem ponovo se vraćaju u početni položaj (tačka c). Istovremeno susedni elementarni slojevi sprečavaju osnu deformaciju izdvojenog sloja i povećavaju radialne deformacije, zbog čega se tačka c pri zagrevanju površine cevi ne premešta u tačku c' već u tačku c'' . Pri tome materijal površinskog sloja cevi trpi osne (uzdužne) deformacije, koje prelaze granicu elastičnosti σ_e . U prekidi-ma ili zastojima u toku gađanja, površinski sloj se hladi i tačka c'' se premešta u tačku c''' (slika 4c), izazivajući na taj način posle nekog broja opaljenja (ciklusa zagrevanja – hlađenja) pojavu pukotina u tangencijalnom pravcu.

Analogno se mogu opisati pojave koje nastaju u uzdužnim elementima cevi (slika 4d). Pri merenju prečnika kanala cevi po poljima utvrđeno je povećanje prečnika na početnom delu ožlebljenja. Polja se pokazuju kao znatno smekšana i pohabana.

Delovanje vodećeg prstena projektila na polja p_v i radne bokove žleba p_o , može dovesti ne samo do krzanja metala već i smicanja celog polja, posebno kod tvrdih (keramičkih ili bimetalnih) vodećih prstenova.

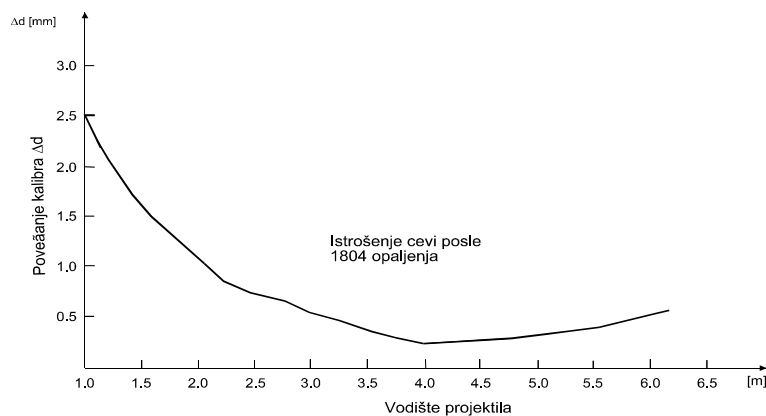
Bakarisanje kanala cevi se jako povećava ka srednjem delu kanala, a takođe znatno raste i u preseku usta cevi, a sasvim je zanemarivo u predelu najvećeg habanja cevi (prelazni konus i početak ožlebljenja). U ovom delu preseka cevi čestice materijala prstena i metal cevi odnose se snažnim dejstvom gasne struje koja se iz barutne komore kreće ka projektilu. Merenjem pomoću mikrometarske zvezde može se takođe ustanoviti povećanje kalibra u preseku usta cevi.

Po Šarbonjeu (Ristić, 2010), kretanje projektila kroz cev praćeno je odbijanjem talasa barutnih gasova o dno projektila i dno cevi, pri čemu je brzina talasa do 1500 m/s. Prelaz sa ležišta metka na vodište projektila predstavlja „prigušnicu“ struje gasova, gde zbog nagle kontrakcije ili širenja mlaza nastaju prazni prostori sa vrtlozima. Nesagorele čestice baruta ubacuju se strujom gasova u ove vrtloge, pri čemu deluju kao „abrazivi“ koji skidaju materijal cevi na tim mestima. Na mestima gde mlaz potpuno ispunjava presek kanala cevi, tih vrtloga nema, pa se tamo lako deponuju čestice bakra i čestice čelika skinutog sa prelaznog konusa. Po ovom autoru, životni vek cevi definiše se, pre svega, erozivnim delovanjem gasova. Nesumnjivo je pokazano da erozija cevi, uporedo sa drugim faktorima, doprinosi trošenju, tj. habanju kanala cevi, ali sigurno je da ona nema odlučujuću i dominantnu ulogu u procesu habanja kanala cevi.

Pri ispitivanju kanala cevi, posle 1000 do 2000 opaljenja, mogu se uočiti znatno veće i dublje pukotine i iskrzana polja. Neka polja mogu biti delimično ili potpuno skinuta na delu dužine do jednog kalibra. Merenjem se uočava povećanje dužine ležišta metka. Cela površina ožlebljenog kanala je matirana. Sa povećanjem broja opaljenja dužina ležišta metka neprekidno raste. Polja se sve više stanjuju i zaokrugljuju po ivici radnog

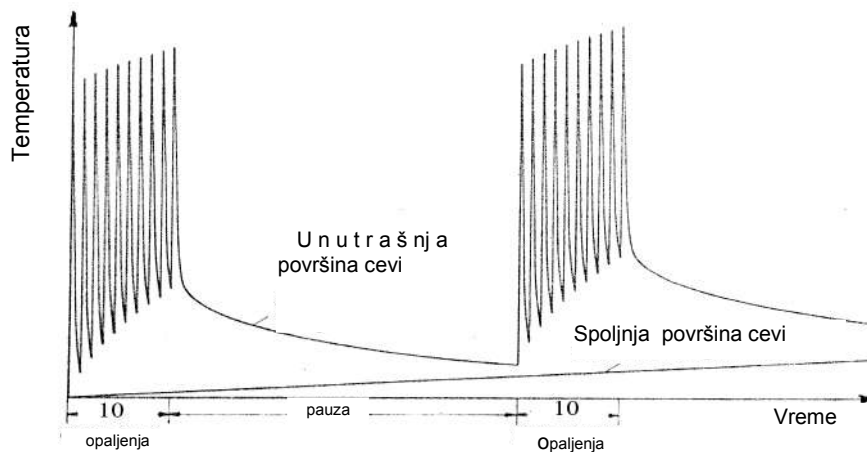
boka polja, a na površini kanala cevi stalno se povećava širina i dubina pukotina. Cev postaje neupotrebljiva, jer je prekomerno istrošena.

Na slici 5 prikazan je dijagram trošenja po dužini kanala cevi 155 mm XM 199 američke proizvodnje, posle ispaljenih 1804 projektila. Maksimalno habanje ili istrošenost cevi je na početku ožlebljenog dela vodišta, najmanje na srednjem delu cevi, a znatna ishabanost cevi javlja se u preseku usta cevi.



Slika 5 – Dijagram habanja cevi po njenoj dužini
Figure 5 – Diagram of the tube wear along the tube length

Opisani proces habanja cevi je intenzivniji pri većem tempu ili režimu gađanja, npr. kod automatskih topova bez hlađenja, što se objašnjava intenzivnim zagrevanjem i hlađenjem zidova kanala cevi (slika 6).



Slika 6 – Promena temperature cevi pri rafalnoj paljbi sa pauzom
Figure 6 – Change of the tube temperature during burst fire with a break

Kako se vidi, proces habanja je veoma složen i zavisi od mnogih faktora. Oni se mogu razvrstati u dve grupe koje imaju najveći uticaj.

Prvu grupu faktora čine **toplotni faktori** koji pojačavaju proces habanja kanala cevi i to:

- zagrevanje cevi neposredno barutnim gasovima pri opaljenju, čije temperature dostižu 2000 do 3500 K, zagrevanje površine kanala cevi toplotom usled rada sile trenja na mestu kontakta prstena i cevi,
- zagevanje cevi toplotom od rada unutrašnjih sila trenja u slojevima materijala cevi pri njegovim deformacijama i udarnog delovanja centrirajućeg prstena projektila po poljima.

Drugu grupu čine faktori koji izazivaju neposredno habanje zagrejanе cevi usled mehaničkog skidanja materijala sa površine kanala cevi strujom barutnih gasova u prostoru iza projektila i u zazorima između vodećeg prstena projektila i površine kanala cevi.

Razmatranje fizičkog modela habanja cevi dovodi do zaključka da intenzitet ovog procesa zavisi od:

- temperature barutnih gasova T_g ,
- mase projektila m_p ,
- kalibra cevi d ,
- početne brzine projektila v_0 .

Kada cev zbog prekomernog habanja ne obezbeđuje definisane kriterijume PKP i nije više za upotrebu, kažemo da je doživela „**balističku smrt**“ i ona se rashoduje.

Život cevi obično se izražava ukupnim brojem ispaljenih metaka do njenog odbacivanja. Mera ili kriterijumi za odbacivanje ili „deklasiranje“ cevi mogu biti različiti, a obično se definiše: padom početne brzine projektila v_0 za $\geq 10\%$ (za protivoklopne – PO i protivavionske – PA topove), proširenjem kalibra Δd iznad dozvoljene granice i povećanjem rasturanja pogodaka na cilju (Tančić, 1998), (Hristov, Savić, 2011. pp.158-173).

S obzirom na to da je cev najvažniji deo oruđa, vrlo skup za projektovanje i proizvodnju, a da se neminovno haba pri svakom opaljenju, od interesa je da se razmotre mogućnosti i mere kako se njen životni vek može produžiti. U vezi s tim, na osnovu brojnih istraživanja upotrebljivanih cevi došlo se do određenih zaključaka koji su relevantni za ovaj problem:

1. Svi uobičajeni materijali za cevi daju približne ili slične rezultate, tako da se njihov uticaj na životni vek cevi može smatrati slabim, odnosno zanemarivim.

2. Temperatura zida cevi je najveća na ustima cevi, gde je zid cevi najtanji. Utvrđeno je da se može dozvoliti svaki režim gađanja kod kojeg temperatura unutrašnje površine cevi na ustima cevi ne prelazi 300-350°C. Ovaj kriterijum načelno vredi do kalibra 105 mm.

3. Vodeći prsten (VP) projektila od sinterovanog gvožđa ne izaziva eroziju i pomeranje prelaznog konusa, ali, zbog većeg koeficijenta trenja po čeliku, habanje na radnim bokovima polja je intenzivnije u prednjem delu vodišta, a najčešće i na ustima cevi. Situacija je obrnuta kada je VP projektila od bakra. Zato je povoljnija primena VP od gvožđa za veće kalibre (od 100 do 150 mm), a za kalibre ispod 50 mm povoljnija je primena bakarnog prstena. Za kalibre između 50 i 100 mm primena jednog ili drugog VP daje slične rezultate.

4. Bolje je primeniti barute manje kalorične moći (hladni baruti). Tada se može povećati gustina punjenja, pa se uz isti intenzitet habanja dobijaju veće početne brzine projektila v_0 .

5. Ugao ožlebljenja vodišta projektila, naročito sa progresivnim uvijanjem, ima niz prednosti s obzirom na habanje. Još je bolje kombinovano ožlebljenje sa uglom uvijanja $\alpha = \alpha_0 = 0^\circ$ sve do mesta maksimalnog pritiska gasova. Odatle se uzima trasa za silu urezivanja $F_N(x) = \text{const}$, a od 3 ÷ 4 kalibra pre usta cevi ugao uvijanja $\alpha = \alpha_u = \text{const}$.

6. Za smanjenje delovanja vrtložnih struja gasova pri projektovanju ležišta metka treba izbegavati nagle promene poprečnih preseka kanala.

7. Prelaz od polja na žlebove treba da bude što zaobljeniji – sa većim radiusom zaobljenja.

8. Da bi se usporilo bakarisanje cevi u punjenje treba stavljati leguru od oko 63% Sn i 37% Pb, kojom se bakar vezuje, topi i izbacuje sa gasovima za projektilom.

9. Strogo pridržavanje uputstava i mera o propisanoj eksploataciji i održavanju oruđa.

Ishabana cev, kod koje je utvrđena „balistička smrt“, ne mora biti i doslovno odbačena. Ako se na velikom broju oruđa istog modela deklasiraju cevi, onda je svrsishodno da se na neki način te cevi obnove tj. renoviraju. Renoviranje cevi može se izvesti tzv. „prekalibrisanjem“. Obično se neki top prekalibriše u haubicu (npr. top 145 mm M1916 u haubicu 155 mm M1).

Drugi način prekalibrisanja izvodi se pomoću tzv. „košuljica“. Košuljica je relativno tanka cev, u čijem kanalu su izrađeni ležište metka i ožlebljeno vodište. Ishabana cev se iznutra obradi znatno dublje nego kod prekalibrisanja i u nju se ubacuje košuljica, koja može biti istog kalibra. Materijal košuljice obično je znatno kvalitetniji od materijala cevi, tako da granica σ_e često bude $\sigma_e > 1000 \text{ N/mm}^2$. Cev se zagreva na 200–300°C, a onda se u nju ubaci košuljica, koju cev tokom hlađenja sve više steže. Zbog toga se ove košuljice zovu „ojačane košuljice“.

Ako između cevi i košuljice postoji određeni zazor onda se radi o „slobodnim košuljicama“. Kada se kanal košuljica ishaba, umesto nje se istim postupkom može zameniti nova košuljica. Pretpostavlja se da se u jednoj cevi može do tri puta zamenjivati „ojačana košuljica“.

Pomoću košuljica istrošena cev se može ne samo renovirati već i modernizovati, tj. osposobiti za veće pritiske i početne brzine. To posebno važi za slobodne cevi, pomoću kojih se može povećati dužina cevi, jer slobodna cev ne mora po celoj dužini biti pokrivena starom cevi, kao što je to slučaj kod košuljice. Slobodne cevi po dužini mogu biti sastavljene od više delova, što još više povećava ekonomičnost, jer je habanje najveće na početku vodišta do mesta x_m (mesto postizanja maksimalnog pritiska gasova u cevi), pa se uglavnom menja samo ta sekcija.

Što se tiče povećanja pritiska, modernizacija je lakša pomoću ojačanih košuljica. Danas se ojačane košuljice u cevi stavljaju sa malim zazorom, a zatim se pod pritiskom koji se ostvaruje ili sagorevanjem baruta ili hidraulički, ovaj pozitivni zazor poništi i promeni u negativni (stezanje). Tako se ostvaruje u suštini autofretovani sastav cevi. Proračun ojačane košuljice je u suštini isti kao i proračun za sastavljene dvoslojne cevi, dok je proračun slobodne košuljice nešto složeniji.

Metode proračuna životnog veka cevi oruđa – oružja

Životni vek cevi može se obezbediti samo „programiranim“ gađanjem, tj. odgovarajućim izborom određene dužine paljbe i prekidima između opaljenja. Prinudno hlađenje kanala cevi samo neznatno dozvoljava veću dužinu rafalne (brze) paljbe i skraćivanje vremena prekida gađanja. Eksperimenti su pokazali da životni vek cevi naglo pada sa rastom početne brzine projektila v_0 i pri nekoj njenoj vrednosti postaje nedopustivo kratak.

Posebno oštri zahtevi u pogledu životnog veka cevi postavljaju se u slučaju projektovanja artiljerijskih sistema velike moći, kod kojih je koefi-

cijent moći $K_e = \frac{mv_0^2}{2d^3} \cong 4 \cdot 10^9 J / m^3$. U tom slučaju, jedan od mogućih

načina za povećanje životnog veka cevi je primena potkalibarnih projektila koji imaju male vrednosti koeficijenta mase projektila K_m . Takođe, ustanovljeno je da se u slučaju povećanja mase punjenja m_b , koja iznosi do $\geq 25\%$ mase projektila, životni vek cevi približno smanjuje za četiri puta.

Proračun životnog veka cevi klasičnim poluempirijskim metodama

Prva razmatranja fizičkog modela trošenja kanala cevi pokazuju da intenzitet ovog procesa zavisi od: temperature barutnih gasova, mase projektila, kalibra cevi i početne brzine projektila. Matematički izraz za

određivanje dopuštenog broja metaka N koje se može ispaliti iz cevi oruđa, se uzima za meru životnog veka cevi, koji su razni autori definisali na različite načine (Ristić, 2010). U literaturi se susreće čitav niz zavisnosti, uglavnom poluempirijskog karaktera. Tako, na primer, formula Justrova ima sledeći oblik:

$$N = \frac{xy}{d^2} \frac{c_m v_0^2}{\lambda} \frac{\sigma \varepsilon}{\mu k_1} \quad (1)$$

gde su: $x = f_1(p_m, R, k) = 3$ – empirijska konstanta,

$y = f_2(d, n) = 4,5$ – empirijska konstanta,

n – tempo gađanja,

d – kalibar cevi,

$\lambda = L_c / d$, L_c – dužina cevi,

c_m – koeficijent mase projektila,

σ – naprezanje materijala cevi,

ε – relativna tangencijalna deformacija zidova cevi,

μ – koeficijent trenja vodećeg prstena projektila i

k_1 – otpornost na sabijanje materijala vodećeg prstena.

Prema Linteu, zavisnost za ocenu veka trajanja cevi po kriterijumu pada v_0 , ima sledeći oblik:

$$N = 350 \frac{n_0}{n} \frac{d^2 \sigma_v}{\sigma_e W}, \quad (2)$$

gde su: n_0, n – propisani i stvarni tempo gađanja,

σ_v, σ_e – granica tečenja i elastičnosti materijala cevi i

$W = mv_0 / 2$ – moment kretanja projektila.

Francuski naučnik Gabo postavio je relaciju za život cevi, blisku hipotezi Šarbonijea u obliku:

$$N = N_0 e^{-\beta t}, \quad (3)$$

gde su: $\beta = \frac{k(1-\lambda)}{\theta}$ – eksponent,

N_0, λ – koeficijenti koji zavise od svojstava metala, vrste baruta i uslova punjenja,

k – koeficijent,

θ – temperatura prelaza materijala u stanje tečenja i

t – temperatura površine kanala cevi.

Prema relaciji Orlova, životni vek cevi približno se određuje prema:

$$N = \frac{K_t}{C_m^x v_0^y d^z}, \quad (4)$$

gde su: K_t – temperaturni koeficijent koji zavisi od kalorične moći baruta i mehaničkih karakteristika cevi,

$K_t \cong 7 \cdot 10^{24}$ za oruđa srednjeg kalibra i

$K_t \cong 10^{24}$ za streljačka oružja,

C_m – koeficijent mase projektila,

$x \cong 3$, $y \cong 4,5$, $z \cong 2,5$ – veličine eksponenata (empirijske konstante).

Životni vek cevi oruđa ograničen je padom početne brzine projektila, obično za 10% u odnosu na nominalnu vrednost, odnosno vrednošću dopuštenog istrošenja kanala cevi. Kod glatkih cevi istrošenje se manifestuje povećanjem kalibra d , a kod ožlebljenih povećanjem kalibra, prečnika po dnu polja i pomeranjem prelaznog konusa prema ustima cevi, odnosno produženjem ležišta metka.

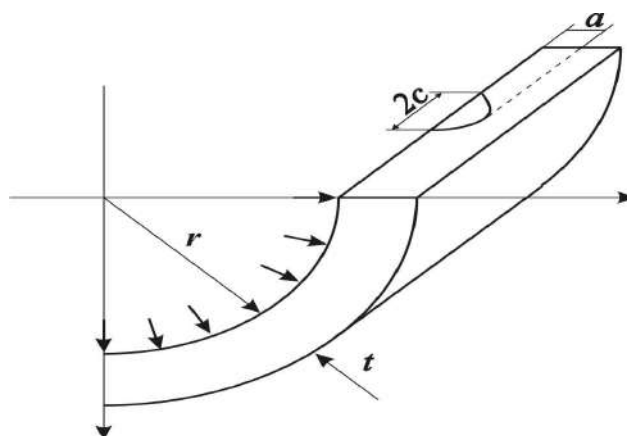
Na osnovu datih relacija za životni vek cevi jasno je da neke relacije ne samo da ne daju dobre proračunske rezultate već su i u fizičkom smislu problematične. Tako, na primer, prema (1) vidi se da životni vek raste sa rastom C_m i v_0 , a prema (2) sa rastom kalibra cevi d , što naravno nije tačno i u suprotnosti je sa rezultatima eksploatacije oruđa u praksi.

Proračun životnog veka cevi usled zamora materijala (princip mehanike loma)

U novije vreme se kao drugi kriterijum za ocenu životnog veka cevi uvodi zamor materijala (principi mehanike loma), jer je konstatovano da se kod cevi oruđa dešavaju rasprskavanja i havarije iako su deformacije pri opaljenju bile u oblasti linearne elastičnosti (Ristić, 2010).

Na cevi koja nije posebno površinski tretirana u slučaju kada nema dodataka za smanjivanje habanja, već posle prvih opaljenja na unutrašnjem sloju cevi debljine $(40 \div 60) \mu\text{m}$, dolazi do strukturalnih promena koje se metalografski vrlo jasno uočavaju. U ovom sloju, naime, dolazi do velikog difundiranja azota i ugljenika (iz barutnih gasova) i stvaranja mreže mikroskopskih prskotina jače izraženih u predelu prelaznog konusa. Istovremeno, dejstvo visokih mehaničkih opterećenja (pritisk gasova) i termičkih opterećenja (toplota pri sagorevanju baruta), stvara u najopte-

rećenijim zonama cevi cementirani sloj velike tvrdoće. Razlika u mehaničkim svojstvima cementiranog sloja i osnovnog materijala cevi doprinosi, takođe, stvaranju i prostiranju prskotina (slika 7).



Slika 7 – Prskotina (inicijalna) na unutrašnjoj površini cevi
Figure 7 – Crack (initial) on the inner surface of the tube

Ukupan broj opaljenja pri kojem će se uzdužna početna prskotina dubine a povećati do kritične veličine a_k nakon koje dolazi do loma, tj. rasprskavanja cevi, određuje se primenom metode mehanike loma, prema relaciji (zakon Parisa):

$$N = \frac{1}{C p^m M^m} \frac{2}{m-2} \left(\frac{1}{a_p^{\frac{m}{2}-1}} - \frac{1}{a_k^{\frac{m}{2}-1}} \right) \quad (5)$$

gde su: a – dubina prskotine,

C, m – konstante koje zavise od vrste materijala cevi i termičke obrade, (obično su: $C \cong 2 \cdot 10^{-10}$, $m = 2,5$),

M – koeficijent koji zavisi od oblika prskotine i zida cevi gde se ona nalazi ($M \cong 0,9$) i

p – pritisak barutnih gasova u cevi.

Brzina prostiranja prskotine može da se odredi sledećim izrazom:

$$\frac{da}{dN} = C \Delta K_I^m, \quad (6)$$

gde je ΔK_I – promena faktora intenziteta naprezanja u toku jednog opaljenja.

Kritična veličina prskotine zavisi od kritične vrednosti koeficijenta intenziteta naprezanja K_{IC} (žilavost loma pri ravanskoj deformaciji) i određuje se izrazom:

$$a_k = \frac{K_{IC}^2}{M^2 p^2} \cdot \quad (7)$$

U slučaju autofretovane cevi, tangencijalna naprezanja na unutrašnjem sloju cevi teže da zatvore prskotinu, odnosno sprečavaju njeno otvaranje. Pošto je ovo naprezanje veće od tangencijalnog naprezanja usled dejstva pritiska barutnih gasova, ukupno naprezanje ima karakter naprezanja na sabijanje, pa je prostiranje prskotine znatno usporeno u odnosu na monoblok cev.

Da bi se u toku eksploatacije oruđa proverilo stanje zamora materijala, cev se mora pregledati posle određenog broja opaljenja metaka (npr. svakih $N/10$ od proračunske vrednosti broja opaljenja N) i odgovarajućom mernom opremom utvrditi veličina najveće prskotine. Ukoliko je ta veličina blizu kritične dubine prskotine a_k sa određenim stepenom sigurnosti, cev se odbacuje i zamenjuje novom.

Ako se, prema navedenim autorima, uporede dobijeni rezultati korišćenjem izraza za izračunavanje životnog veka cevi sa brojem ispaljenih projektila iz cevi za neka oruđa (100 mm M44, 130 mm M46 i 152 mm M84) do njihovog deklasiranja (odbacivanja), uočava se da su izrazi nepouzdati i daju nerealan (veći ili manji) životni vek cevi. Zbog toga nema ju veću upotrebnu vrednost u praksi, osim za neke dosta grube procene životnog veka cevi. Najrealnije vrednosti dobijene su u slučaju primene metode mehanike loma, ali uz tačno ispitivanje i utvrđivanje ΔK_I i K_{IC} – faktora intenziteta naprezanja.

Prema našim istraživanjima, najrealnije vrednosti dobijene su korišćenjem korigovane metode Smit-O'Braski. Korigovani obrazac ima izgled:

$$\left. \begin{aligned} T_w &= T_i \cdot 1,096 \cdot 10^{-3} (T_f - \Delta T_c - 600) \frac{\sqrt{Cp}}{d} \\ T_i &= 1,465 \cdot 10^{-5} (T_f - \Delta T_c - 600) C^{0,75} \sqrt{R} \frac{(N-1)^{0,6}}{d^{1,5}} \\ W &= 0,04216 e^{0,0049(T_w - T_i)} \\ N &= \frac{W_u}{W} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

U relacijama (8) oznake su:

- T_w – najveća temperatura kanala cevi, K,
- T_c – jedinični porast temperature unutrašnjosti cevi, K,
- T_f – adijabatska temperatura barutnih gasova, K,
- ΔT_c – korekcija temperature gasova zbog uticaja flegmatizatora, K,
- W – povećanje prečnika cevi usled habanja, pri jednom opaljenju, μm ,
- d – prečnik kanala cevi, mm,
- C – masa barutnog punjenja, kg,
- W_u – ukupno dozvoljeno povećanje kalibra, μm ,
- v – brzina projektila, m/s,
- p – najveći pritisak gasova u komori cevi, MPa,
- R – brzina gađanja, metaka/min. i
- N – broj opaljenja.

Koristeći dobijene rezultate može se izračunati faktor ekvivalentnog punjenja (FEP) na osnovu Rielove empirijske formule:

$$FEP = \left(\frac{p_m}{p_{m0}} \right)^{0,4} \left(\frac{m_b}{m_{b0}} \right)^2 \frac{v_0}{v_{00}} \frac{e}{e_0}, \quad (9)$$

gde su: p_m – maksimalni pritisak u barutnoj komori,

m_b – masa barutnog punjenja,

v_0 – početna brzina projektila,

e – specifična energija baruta,

a indeks „0“ označava puno punjenje.

Preko relacije (9) može se svesti ukupan broj ispaljenih metaka na metak sa punim punjenjem pri normalnoj temperaturi. Ovom relacijom se, takođe, može oceniti životni vek cevi pri korišćenju smanjenih punjenja.

Koristeći dobijene rezultate FEP se može izračunati i preko relacije:

$$FEP = \frac{W_p}{W_0}, \quad (10)$$

gde su W_p , W_0 – povećanje kalibra po jednom opaljenju sa smanjenim ili tormentačnim, tj. punim punjenjem.

Prema američkim standardima postoje dva kriterijuma za ocenu istrošenosti cevi: 1,7% i 2% povećanje kalibra cevi na udaljenosti jedne širine vodećeg prstena od početka ožlebljenog dela cevi. Prema tim kriteri-

jumima dopuštena je sledeća erozija (povećanje kalibra) za prsten širine $h = 35$ mm:

- kriterijum 1,7% – 2,5908 mm,
- kriterijum 2% – 3,048 mm.

U PKP za oruđe je propisan sledeći režim gađanja:

- 4 metka za 1 minut,
- 15 metaka za 5 minuta,
- 40 metaka za 20 minuta i
- 90 metaka za 60 minuta.

Proračunom životnog veka cevi oruđa 152 mm M84 prema (8), pri gađanju brzinom od 2 metka/min, grupe od 40 metaka (tzv. treći režim gađanja), dobijeno je 342 EBM (ekvivalentni broj metaka) za kriterijum 1,7% i 403 EBM za kriterijum 2%. Za ocenu opravdanosti ovih rezultata rezultati su upoređeni sa podacima dobijenim merenjem unutrašnjosti cevi. Tako su vrednosti povećanja kalibara dobijene merenjem za tri ispitivane cevi iznosile (tabela 1):

Mereno i proračunato povećanje kalibra

Tabela 1

Measured and calculated caliber increase

Table 1

Cev	Povećanje kalibra izmereno u m	Povećanje kalibra izračunato u m
1	0,00003	0,0000228
2	0,00002	0,0000195
3	0,00003	0,0000323

Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da se primenom ove metode može korektno proceniti životni vek cevi.

Kontrola habanja i produžetak životnog veka cevi oružja – oruđa

Na osnovu prethodnih razmatranja može se konstatovati da su glavni uzročnici habanja u cevi oruđa: visoka temperatura, visoki pritisak barutnih gasova, hemijska interakcija barutnih gasova u kontaktu sa površinom cevi, interakcija vodećeg prstena projektila sa površinom cevi i nepotpuno zaptivanje barutnih gasova (Ilić, 2007).

Aдекватно tome, osnovni pristup u pokušaju da se erozija cevi smanji mora da uključi sledeće mere:

- smanjenje temperature površine cevi,
- korišćenje takozvanih "hladnih" baruta,
- primena manje erozivnih barutnih punjenja,

– smanjenje veličine naprezanja vodećeg prstena i cevi konstrukcijski boljim oblikovanjem vodećeg prstena i ožlebljenja, kao i korišćenjem tzv. “inertnih” materijala vodećeg prstena koji obezbeđuju potrebnu rotaciju projektila i pouzdano zaptivanje barutnih gasova duž vodišta cevi i

– korišćenje poboljšanih vrsta materijala cevi ili upotreba prevlaka i omotača (lajnera) cevi koji su otporni na tri glavna uzroka erozije.

Sprovedena su brojna istraživanja radi smanjenja temperature površine cevi. Kao rezultat tih istraživanja proistekle su četiri danas poznate metode (Progress in Astronautics and Aeronautics, 1984) za redukciju temperature na površini cevi:

1. spoljašnje hlađenje cevi,
2. pomoću FISA protektora,
3. pomoću ablativa i
4. pomoću aditiva u barutnom punjenju, koji obezbeđuju laminarno hlađenje površine cevi.

Prve tri metode poznate su još od Drugog svetskog rata. Spoljašnje hlađenje cevi uglavnom je razvijeno za cevi avionskih automatskih topova. Kod oruđa zemaljske artiljerije ovaj metod nije našao veću primenu zbog dodatnog povećanja mase oruđa.

FISA protektori sastoje se od tankog sloja mekog čelika koji je prevučen preko projektila, tako da je zadnji kraj u dodiru sa čaurom i punjenjem. Korišćenje ovih protektora eksperimentalno je pokazalo najbolje rezultate u smanjenju erozije kod protivavionskog topa kalibra 37 mm.

Korišćenje ablativa razvijali su, Bracuti, Mark i Brown (Bracuti, 1988) u Engleskoj i SAD. Suština metode jeste stvaranje termičke barijere između površine cevi i barutnih gasova pomoću tzv. inertnih ulja. Na primer, silikonsko ulje smešteno u PVC kapsulama smanjilo je temperaturu površine cevi za oko 302°K na početku ožlebljenog dela cevi. Da bi se ostvario puni učinak primene ablativa, potrebno je da se razviju takvi oblici barutnog punjenja u koje će biti ugrađene ablativne kapsule uz minimalnu promenu gustine punjenja.

Sredinom 50-tih godina prošlog veka prikazan je laminarni omotač cevi sa barutnim gasovima duž unutrašnjosti cevi za vreme opaljenja. Dickenson i McLennon (Dickenson, McLennon, 1968) predložili su korišćenje poliuretanske pene za obezbeđenje hlađenja tela omotača. Efekti poliuretanske pene na životni vek usled erozije za neka oruđa dati su u tabeli 2.

Efekti poliuretanske pene na životni vek oruđa

Tabela 2

Effects of polyurethane foam on the barrel lifetime

Table 2

Kalibar [m]	Metak	Tip	Pritisak [MPa]	Početna brzina [m/s]	Životni vek cevi [broj projektila]	
					standardna municija	municija sa poliuretanskom penom
0,090	M318	APT	358	914	700	1900
0,105	M392	APDS	379	1478	200	400
0,120	M358	APT	372	1066	300	700

Glavni doprinos u smanjenju trošenja cevi pomoću hlađenog omotača cevi ostvarili su švedski naučnici Ek i Jacobson (Ek, Jacobson, 1962). Oni su predložili korišćenje omotača koji se sastoji od 46% titan dioksida, 53% voska i 1% stearil alkohola. Rezultati za nekoliko vrsta ispitivanih oruđa prikazani su u tabeli 3. Naravno, korišćenje ovih aditiva ne podrazumeva uvek univerzalni uspeh. Tako, na primer, kod tenkovskog topa 105 mm M68 primenjeni aditiv vrlo efikasno je smanjio eroziju cevi sa projektilom M392 APDS, dok je njegova primena sa projektilom M490 HT imala znatno manji uspeh. Slično se desilo i kod eksperimentalnih ispitivanja sa haubicama 105 mm XM204 i 155 mm XM115, gde primenjeni aditivi nisu pokazali zadovoljavajuće rezultate. U radu (Lawton, 2001) prikazan je uticaj aditiva na smanjenje temperature u cevi tokom opaljenja. Korišćene su dve nove cevi kalibra 155 mm i pucano je sa dve vrste baruta, od kojih je jedna sadržala adekvatne aditive. Merenja sa 50 ispaljenih projektila pokazala su da je sa modifikovanim barutnim punjenjem temperatura u cevi smanjena za 600 do 950°K. U više radova koji su tretirali primenu aditiva utvrđeno je da su pored titan dioksida i drugi oksidi, posebno oni sa većim specifičnim toplotnim kapacitetom bili još efektivniji.

Efekti TiO₂ i voska na životni vek oruđa

Tabela 3

Effects of TiO₂ and wax on the barrel lifetime

Table 3

Kalibar [m]	Metak	Tip	Pritisak [MPa]	Početna brzina [m/s]	Masa aditiva [kg]	Životni vek cevi [broj projektila]	
						municija bez aditiva	municija sa aditivom
0,090	M431	HEAT-T	365	1200	0,113	240	2100
0,090	M353	APT	358	914	0,170	700	2100
0,105	M456	HEAT-T	400	1173	0,127	125	1000
0,105	M392	APDS-T	379	1478	0,226	100	10000
0,120	M469	HEAT-T	282	1143	0,481	350	1750
0,175	M65			914		375	1200
0,155	XM119	M30			0,368	700	2100

Tako je Pikard (Picard, Ahmad, 1977) razmatrao brojne okside i silikate i pronašao da je hidratizirani magnezijum silikat ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) sa toplotnim kapacitetom od 300 kcal/kg u poređenju sa TiO_2 čiji je toplotni kapacitet 193 kcal/kg bio mnogo efikasniji. Superiornost mešavine talka sa voskom u odnosu na mešavinu TiO_2 sa voskom pokazana je na brojnim eksperimentima izvršenim na različitim artiljerijskim oruđima. Slična istraživanja izveli su 2001. autori (Franco, Peter, 2001) koji su eksperimentisali sa silicijumdioksidom kao izolacionim materijalom na zidu cevi. Pokazali su da je potrebna veća temperatura u cevi za oko 150°K kako bi došlo do topljenja čelika, jer silicijumdioksid predstavlja dobar izolacioni materijal.

T. Brousseau i J. Ward (Brousseau, Ward, 1975) merili su smanjenje temperature u blizini površine cevi sa poliuretanskim omotačem i mešavinom (TiO_2 – vosak). Utvrdili su da je prolaz toplote na površinu cevi preko oba aditiva bio skoro isti na početku ožlebljenog dela cevi i vrlo sličan duž cevi. Eksperimentišući sa dve vrste baruta M203 osnovno i M203A1 sa aditivom od TiO_2 autori (Kruczynsk, Stobie, 1989 a) pokazali su, u eksperimentu u kojem su ispalili 1000 projektila, da je stanje cevi koja je koristila barutno punjenje sa aditivom i ukupno ispaljenih 3726 projektila isto kao stanje cevi koja nije imala aditive u barutnom punjenju, a ukupno je ispalila 1800 projektila.

U slučaju municije malih kalibara bilo je dosta teško da se obezbede omotači sa prevlakom aditiva. I pored toga zabeleženi su određeni uspesi. Tako je istraživač Fedyna (Progress in Astronautics and Aeronautics, 1984) objavio da se dodatkom 0,5% mešavine MoO_3 i CaCO_3 jednobaznom barutnom punjenju koje se koristilo kod municije 7,62 mm M80, povećao životni vek cevi za oko 7750 projektila u odnosu na projektovani koji je iznosio 10420. Nastavljajući dalja istraživanja u ovom smeru, Alkidas i dr. (Alkidas, Summerfield, 1977) razmatrali su brojne mehanizme ovih aditiva koji su uključeni u smanjenje trošenja cevi. Neki od njihovih mehanizama koji su bili primećeni su:

- organski sastojci na bazi krečnjačkih aditiva i smanjenje temperature barutnih gasova duž kanala cevi;
- organski sastojci za reakciju sa barutnim punjenjem radi povećanja odnosa CO/CO_2 u laminarnom omotaču, čineći tako da barutni gasovi budu manje hemijski erozioni;
- neorganski sastojci u aditivima uticali su na smanjenje turbulencije u blizini zida cevi, npr. dispergovani vosak i apsorbovanje viška toplotne energije, u nekim slučajevima i uspostavljanje endotermnih reakcija (dehidratacija talka).

Zaključak

Na osnovu do sada iznetog zaključna razmatranja mogu da obuhvate sledeće činjenice:

- Habanje cevi uključuje interakciju većeg broja termičkih, hemijskih i mehaničkih faktora sa površinom cevi, koji aktivno deluju pri svakom opaljenju i promenljivim intenzitetom duž vodišta cevi.
- Mehanizam delovanja erozije, zbog međusobne uslovljenosti relevantnih faktora, vrlo je složen i do današnjih dana još uvek ne postoji realan i pouzdan model određivanja habanja i životnog veka cevi.
- U literaturi postoje brojni manje ili više pojednostavljeni termo-mehanički i termo-hemijski modeli koji su dobro postavljeni, ali koji samo parcijalno rešavaju neke od problema habanja i određivanja životnog veka cevi.
- Prema izvršenim istraživanjima i merenjima dominantan uticaj na eroziju cevi ima termički faktor, zatim hemijski i na kraju mehanički. Ovu gradaciju faktora erozije treba shvatiti uslovno, jer su navedena tri faktora međusobno uslovljena. Drugim rečima, najefikasniji rezultati u smanjenju habanja mogu se postići smanjenjem temperature na površini vodišta cevi, čime bi se povećao životni vek cevi.
- Razvijena su brojna kontrolna merenja, uređaji i tehnike za identifikaciju stanja cevi usled delovanja erozije, a od njih su najizraženiji: proširenje prečnika (kalibar) cevi, pad početne brzine projektila, pad pritiska barutnih gasova u cevi zbog lošeg zaptivanja i pad preciznosti gađanja.
- Kao novije metode istraženi su i drugi prateći elementi erozionog procesa u cevi (mikroprslina, bele mrlje, kidanje polja), koji se uz primenu teorije mehanike loma mogu koristiti kao relevantni dijagnostički alat za praćenje životnog veka cevi.
- Niže temperature sagorevanja baruta, odnosno korišćenje takozvanih "hladnih" baruta, znatno utiče na povećanje životnog veka cevi.
- Ustanovljeno je da hemijski sastav baruta, odnosno glavni produkti sagorevanja baruta, utiču na životni vek cevi. Preporučuje se da smeša barutnih gasova sadrži što manje koncentracije CO, CO₂ i H₂O, a da se povećaju koncentracije H₂ i N₂.
- Pojedini aditivi, kao što su TiO₂, talk, etil centralit, MoO₃, KCO₃, CaCO₃ i ZnCO₃ koji se dodaju barutima značajno utiču na povećanje životnog veka, pri čemu se, prema literaturi (Bracuti, 2002), kao najefikasniji aditiv izdvaja KCO₃.

- Razvojem materijala od kojih se izrađuje vodeći prsten projektila može se uticati na povećanje životnog veka cevi. Korišćenje organskih polimera, posebno poliamida, za vodeći prsten projektila (Kruczynski, Stobie, 1989 b) utiče se na smanjene sile urezivanja, bolje zaptivanje barutnih gasova i ujednačeno trošenje cevi u vertikalnoj i horizontalnoj ravni.
- Optimizacijom konstrukcije unutrašnje trase cevi, posebno vodišta projektila, takođe je moguće povećanje životnog veka. U tom smislu poželjni su manji uglovi koničnosti u forsirnom konusu, manji uglovi uvijanja polja i žlebova, a posebno polazni ugao, manja dubina žleba odnosno visina polja i veći odnos širina žleba – polje.
- Korišćenje legiranih čelika sa Mo, Co, Cr i V za cevi artiljerijskih oruđa pokazali su veliku otpornost prema eroziji.
- Dobru otpornost na tri glavna uzroka erozije pokazale su i cevi sa prevlakama na bazi hroma i tantala.
- Problematika erozije cevi, iako odavno otkrivena (XIX vek), sa nesmanjenom pažnjom i dalje se istražuje kao važno pitanje ne samo konvencionalnih oruđa velikih kalibara već i budućih – novih koncepcija oruđa, kao što su tečni i gasni topovi, elektromagnetni topovi i dr. Sa sigurnošću se predviđa da će biti potrebno vršiti pravilnu identifikaciju materijala i konstrukcije radi povećanja životnog veka i za nekonvencionalna artiljerijska oruđa.

Problem erozije cevi i definisanja metoda za predviđanje životnog veka cevi je, po problematici koju rešava, vrlo složen i multidisciplinaran. Za rešavanje ovog problema neophodan je timski rad stručnjaka kojim bi bile pokrivene oblasti: mehanike naoružanja, unutrašnje i spoljašnje balistike, mehanike fluida, termodinamike, otpornosti materijala, mehanike loma, metalurgije, fizičke hemije i održavanja, odnosno dijagnostike. Objektivna ocena stanja cevi daje dobar preduslov da se izvrši relativno pouzdana prognoza životnog veka cevi u budućnosti.

Literatura

- Alkidas, A., Summerfield, M. 1977. *Erosive effects of high pressure and high temperature gases on steel*, ASME Journal of Engineering Materials and Technology,
- Bracuti, A., i dr, 1988. *Wear reducing additives-role of the propellant*, Gun Propulsion Technology, American Institute of Aeronautics, Washington,
- Bracuti, A.J. 2002. *Wear Reducing Additives*, US Army Armament Research, Development and Engineering Center, ARWEC-TR-02006, Watervliet, New York,
- Brousseau, T. and Ward, J. 1975. *Reduction of heat transfer to gun barrels by wear reducing additives*, Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground,
- Cvetković, M. 1998. *Unutrašnja balistika*, SŠONID-VTA VJ, Beograd,
- Čuev, B. 1976. *Proektirovanie stvolnih kompleksov*, Mašinostroenie, Moskva,

Dickenson, D., and McLennon, D. 1968. *Improvement of firing accuracy and the effectiveness of gases through the use of urethane foams*, Journal of Cellulose Plastic,

Ek, S. and Jacobson, D. 1962. *Engineering study of barrel wear Reducing additive*, Wegematic Cooperation, Pt.A,

Franco, P., Peter, H. 2001. *Study of thermally insulating layers*, 19/ti internacionalni simpozijum iz balistike, Interlaken, Švajcarska,

Hristov, N., Savić, S. 2011. *Modelovanje dvofaznog strujanja u cevima oruđa sa kombinovanim punjenjem*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 4, pp.158-173,

Ilić, S. 2007. *Razvoj modela održavanja prema stanju sredstava naoružanja*, Doktorska disertacija, Vojna akademija,

Kruczynski, D., Stobie, I. 1989a. *Gun tube-charge-projectile interactions and gun tube wear*, Technical report, Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, Mayland,

Kruczynski, D., Stobie, I. 1989b. *The effects of obturators on gun tube wear*, Technical report, Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, Mayland,

Lawton, B. 2001. *Temperature and Heat transfer at the commencement of rifling of a 155 mm gun*, 19-ti internacionalni simpozijum iz balistike, Interlaken, Švajcarska,

Picard, J. and Ahmad, I. 1977. *Proceedings of the Tri-Service Gun Tube Wear and Erosion*, Monterey, California,

Progress in Astronautics and Aeronautics, 1984. *Problem of gun barrel erosion – an overview*, Gun Propulsion Technology, American Institute of Astronautics and Aeronautics, vol. 109. Washington,

Ristić, Z. 2010. *Mehanika artiljerijskih oruđa*, Vojna akademija, Beograd,

Tančić, Lj. 1998. *Zbirka zadataka iz unutrašnje balistike*, SŠONID-VTA VJ, Beograd, TU SSNO,

WEAPONS BARREL LIFE CYCLE DETERMINATION

FIELD: Mechanics, Technology of Maintenance

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

This article describes the dynamic processes within the gun barrel during the firing process in exploitation. It generally defines the basic principles of constructing tube elements, and shows the distortion of the basic geometry of the tube interior due to wear as well as the impact it causes during exploitation. The article also defines basic empirical models as well as a model based on fracture mechanics for the calculation of a use-life of the barrel, and other elements essential for the safe use of the barrel as the basic weapon element. Erosion causes are analysed in order to control and reduce wear and prolong the lifetime of the gun barrel. It

gives directions for the reparation of barrels with wasted resources. In conclusion, the most influential elements of tube wear are given as well as possible modifications of existing systems, primarily propellant charges, with a purpose of prolonging lifetime of gun barrels. The guidelines for a proper determination of the lifetime based on the barrel condition assessment are given as well.

Introduction

The barrel as the basic element of each weapon is described as well as the processes occurring during the firing that have impulsive character and are accompanied by large amounts of energy. The basic elements of barrel and their constructive characteristics are described. The relation between Internal ballistics, ie calculation of the propellant gas pressure in the firing process, and structural elements defined by the barrel material resistance is shown. In general, this part of the study explains the methodology of the gun barrel structural elements calculation, ie. barrel geometry, taking into account the degrees of safety in accordance with Military Standards.

Tube wear and deformations

The weapon barrel gradually wears out during exploitation due to which it no longer satisfies the set requirements. It is considered that the barrel has experienced a lifetime when it fails to fulfill the most important requirements of Military Standards (muzzle velocity, caliber size and shooting accuracy). In studies of barrel wear, there are numerous theories that explain barrel wear as thermal, mechanical and chemical effects of the projectile and propellant gas on the inner tube surface. It was found that barrel wear is a result of simultaneous effects of all factors mutually linked and very complex, so that, theoretically speaking, they cannot be uniformly determined. The extent of effects of particular factors in the wear process depends on the type of weapon systems and exploitation conditions (mode of fire, intensity and mode of barrel cooling, maintenance, storage conditions, etc.).

It is considered that, for small arms, the main factor of wear is the effect of projectiles on the barrel while for artillery weapon barrels it is the erosive effect of powder gases. A life-death barrel which is determined by "ballistic death," is not necessary to be discarded, ie reparation can be done by "new calibration". The procedure of barrel reparation is economically acceptable and gives the possibility of extension of working lifetime and modification of the gun barrel.

Methods of barrel life-time calculation

The conditions for calculating the gun barrel lifetime are described. Since the barrel lifetime depends primarily on the exploitation regime, the usage procedure (shooting program in the military terminology) is prescribed for each individual weapon in particular.

The lifetime empirical calculation methods discussed here comprise the methods of French and Russian scientists, i.e. Justrov, Linte, Gabo and Orlov. They are mainly based on empirical constants and elements of the barrel, bullet, projectile velocity and mode of fire. These methods are only partially reliable and cannot predict with certainty the barrel lifetime, - for example, some expressions state that lifetime increases with the increase in initial velocity and barrel caliber, which is incorrect and contrary to the results of the exploitation in practice.

As far as modern methods are concerned, the principles of fracture mechanics according to the Paris expression and the modified expression of Smith-O'Braski are discussed. A reference value is the crack dimensions, i.e. material fatigue, and, due to the regime of exploitation, temperature, material, pressure, etc. are also taken into account.

For the purpose of controlled wear and extension of the barrel lifetime, the following means for wear reduction are used: agents for lowering the tube surface temperature; so-called "cold" gunpowders; less erosive propellant charges; reduction of the leading ring stress using so-called "inert" materials which provide the necessary rotation of projectiles and reliable sealing of propellant gases along the tube and the use of improved types of barrel materials or the use of coatings and layers (liners) resistant to three main causes of erosion. The application of these barrel materials significantly increases the barrel lifetime (Tables 2 and 3).

Conclusion

The problem of tube wear and the definition of a method for predicting tube lifetime is very complex and multidisciplinary. This problem requires a team work of experts that would cover the following fields: mechanics of weapons, internal and external ballistics, fluid mechanics, thermodynamics, strength of materials, fracture mechanics, metallurgy, physical chemistry, maintenance and diagnostics. Since diagnostics, i.e. the determination of the tube technical conditions, precedes a prognosis of the tube service lifetime, it is logical that the first step towards solving this complex problem is to estimate the conditions, which should serve as a good basis for a proper evaluation of the tube lifetime.

Key words: wear-erosion, barrel lifetime, control of barrel wear.

Datum prijema članka/Paper received on: 31. 05. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 18. 07. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 20. 07. 2012.

TRANSPORT UBOJNIH SREDSTAVA

Dragan S. Kostadinović,
Vojska Srbije, Mešovita artiljerijska brigada, Niš

DOI: 10.5937/vojtehg61-2777

OBLAST: saobraćaj, bezbednost u saobraćaju
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

U radu su opisana ograničenja u pogledu transporta mešovitog opasnog tereta u istom vozilu, s težištem na opasnim teretima klase 1 (eksplozivne materije i predmeti sa eksplozivnim materijama) koje su, s obzirom na namenu, karakteristične za Vojsku Srbije. Takođe, opisani su uslovi kada se prilikom transporta opasnog tereta ne primenjuju posebni zahtevi koji moraju da budu ispunjeni, kao i način obeležavanja vozila kojima se vrši prevoz ubojnih sredstava.

Ključne reči: transport, ubojna sredstva, opasan teret, grupe kompatibilnosti.

Uvod

Opasan teret je materija, predmet ili otpad koji je, prema ispunjenim uslovima utvrđenim propisima, razvrstan u opasan teret (Službeni glasnik RS, 2010a).

Postojanje rizika za nastajanjem akcidenata u procesu izvršenja transporta opasnog tereta nameće potrebu za preduzimanjem pravovremenih mera radi sprečavanja nastajanja ili umanjenja rizika i posledica koje mogu da prouzrokuju.

U pogledu zajedničkog pakovanja, zabrane zajedničkog transporta u istom vozilu, odnosno istom prostoru za smeštaj tovara, i isključenja opasnog tereta iz transporta primenjuju se odgovarajuće odredbe potvrđenih međunarodnih sporazuma, odredbe Zakona o transportu opasnog tereta i odredbe podzakonskih akata koje regulišu transport opasnih tereta u pojedinim granama saobraćaja.

Kada se radi o transportu opasnih tereta za potrebe civilnih institucija i preduzeća, u drumskom saobraćaju, primenjuju se odgovarajući ADR propisi, dok se prilikom transporta vojnim vozilima za potrebe Vojske Srbije (VS), pored „još uvek važećeg“ Uputstva o postupku jedinica i ustanova pri transportu naoružanja, municije i eksplozivnih materija (*Službeni vojni list*, 1977) primenjuju i propisi definisani Uputstvom za rad skladišta ubojnih sredstava (UbS) u VS (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002).

S obzirom na to da se ADR propisi menjaju i dopunjuju svake druge godine, kao i da postojeće Uputstvo u odnosu na njih ima izvesnih odstupanja, radi bezbednog izvršenja transporta za potrebe VS, pored poznavanja propisa iz Uputstva, potrebno je znati i odgovarajuća pravila koja su definisana ADR propisima.

Pojam roba, opasan teret i opasna materija

Opasnim materijama smatraju se sve one materije koje imaju takve osobine da mogu, usled nepoštovanja strogo definisanih procedura ili zakonskih odredbi, ili bilo kakve nezgode u toku proizvodnje, transporta, skladištenja ili rukovanja, izazvati posledice štetne po zdravlje ili okolinu.

Ova opšta definicija nema praktičnu primenu, jer ne definiše uslove, odnosno kriterijume za razvrstavanje opasnih materija, zbog toga što opasna materija ne predstavlja istu opasnost u toku transporta i u toku njene upotrebe. Različit položaj opasne materije u odnosu na okolinu zahteva upotrebu odgovarajućih termina koji definišu taj položaj.

Termini „**opasna roba**“, „**opasan teret**“ i „**opasne materije**“ često se koriste kao sinonimi, što nije ispravno, jer po definiciji predstavljaju različite pojmove (Kostadinović, 2011, str. 3–22).

Termin „**roba**“ je prvenstveno ekonomski pojam i predstavlja proizvod rada koji je namenjen tržištu, što u nekim slučajevima transporta opasnih materija nije tačno i može stvoriti zabunu kada se koristi za definisanje tog pojma u transportu, te se zbog toga ne preporučuje.

Termin „**opasan teret**“ može da se smatra najpogodnijim za objašnjenje položaja opasne materije u toku transportnog procesa kada se ona nalazi u odgovarajućoj ambalaži ili prevoznom sredstvu. Za takve uslove potrebno je da se odrede kriterijumi koji definišu potencijalnu opasnost od opasne materije. Oni se nalaze u Preporukama Ujedinjenih nacija za transport opasnog tereta različitim vidovima saobraćaja.

Termin „**opasna materija**“ odnosi se na samu materiju sa njenim fizičko-hemijskim osobinama koje je karakterišu i koje se utvrđuju na osnovu odgovarajućih kriterijuma. Takođe, može se reći da sa hemijskog gledišta ni termin „opasna materija“ nije odgovarajući za objašnjenje navedenog pojma, već termin „**opasna supstanca**“.

Klase opasnih tereta prema **ADR-u** (European Agreement concerning the International Carriage of **D**angerous Goods by **R**oad) – Evropskom sporazumu o međunarodnom drumskom transportu opasnog tereta su sledeće:

- Klasa 1: Eksplozivne materije i predmeti sa eksplozivnim materijama.
- Klasa 2: Gasovi.
- Klasa 3: Zapaljive tečne materije.
- Klasa 4.1: Zapaljive čvrste materije, samoreagujuće materije i desenzitizovane eksplozivne čvrste materije.

- Klasa 4.2: Samozapaljive materije.
- Klasa 4.3: Materije, koje u dodiru sa vodom, razvijaju zapaljive gasove.
- Klasa 5.1: Oksidirajuće materije.
- Klasa 5.2: Organski peroksidi.
- Klasa 6.1: Otrovne materije.
- Klasa 6.2: Zarazne materije.
- Klasa 7: Radioaktivne materije.
- Klasa 8: Nagrizajuće materije.
- Klasa 9: Razne opasne materije i predmeti.

Grupe opasnosti klase 1 opasnih tereta

Opasni tereti klase 1 obuhvataju eksplozive, eksplozivne supstance i predmete koji sadrže jednu ili više eksplozivnih supstanci, izuzev onih koje su suviše opasne za transport ili onih kod kojih dominirajuća opasnost odgovara drugoj klasi (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002).

Eksplozivne materije (eksplozivi, baruti i raketna goriva) osetljive su na toplotu i mehaničke uticaje (udar zrna streljačke municije, parčadi projektila, potresa i sl.), usled čega može doći do njihovog neželjenog aktiviranja, što može imati katastrofalne posledice (Jeremić, Grbović, 2005, str. 157–167).

U zavisnosti od konstrukcije, eksplozivnih karakteristika (očekivana opasnost) i načina pakovanja, sve vrste UbS moguće je razvrstati u grupe opasnosti, kao što je prikazano u tabeli 1. Svaka grupa opasnosti označava karakter dominantne opasnosti pri akcidentnim situacijama.

Artikli UbS, koji pored eksplozivnih sadrže i otrovne (toksične) ili infektivne supstance, mogu se u izvesnim slučajevima razvrstati u klasu 1, s obzirom na uzgrednu eksplozivnu opasnost, mada u opštem slučaju ovi artikli pripadaju klasi 6 opasnih tereta, u skladu sa pravilima definisanim **ADR**-om. Zbog toga se, prema Jeremiću (Jeremić, 2004, p. 194), opasnost pri skladištenju, manipulaciji i transportu UbS mora sagledati sa aspekta osetljivosti, stabilnosti i toksičnosti materija.

Tabela 1 – Grupe opasnosti UbS za skladištenje i transport (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)
Table 1 – Ordnance danger groups for storage and transport
(GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)

Oznaka grupe opasnosti	Svojstva artikla i vrsta očekivane opasnosti	Stepen očekivane opasnosti	Karakteristični primeri	Primedba
1.1	Supstance i predmeti koji imaju svojstvo da detoniraju, sadrže opasnost, da detoniraju u masi, tj. ako se bilo koji artikal u gomili aktivira praktično će u istom trenutku detonirati celokupna masa na gomili.	Izražen je rizik od vazdušnog udarnog talasa i uzgredni rizici od parčadi velike brzine i toplotnog dejstva.	Eksplozivi za rušenje, pt mine, avio-bombe, dubinske mine.	Za određivanje rastojanja razdvajanja dominantno je dejstvo vazdušnog udarnog talasa.

1.2	Supstance i predmeti, koji imaju svojstvo da detoniraju, sadrže opasnost usled razletanja komada, krhotina i parčadi, ali ne i opasnost od detonacije u masi.	Izražen je rizik od razbacivanja teške i lake parčadi, zapaljivih komada i neeksplozivnih komada UbS, koji mogu da eksplodiraju u tački udara i da se tako proširi požar ili eksplozija.	Artiljerijski projektili i bojeve glave raketnih projektila do kalibra 155 mm (pod uslovom da su upakovani na odgovarajući način).	Za određivanje rastojanja razdvajanja dominantno je dejstvo vazdušnog udarnog talasa.
1.3	Supstance i predmeti kod kojih postoji opasnost od snažnog požara. Pojava može da bude praćena manjim eksplozijama i razletanjem, ali ne i opasnošću od detonacije u masi.	Izražen je rizik od velikog požara i ugređni mali rizici od razbacivanja gorive materije i zapaljene ambalaže.	Klasični i raketni baruti, manevarska municija i sl.	Za određivanje rastojanja razdvajanja uzima se intenzitet toplotnog fluksa.
1.4	Supstance i predmeti, koji ne predstavljaju veću opasnost. Prisutna je opasnost od umerenog požara. Efekti su u većoj meri ograničeni na pakovanje (ambalažu), a razletanje većih fragmenata i dometa se ne očekuje.	Postoje rizici banalnog požara, prvenstveno ograničeni na ambalažu i na UbS koja se u njoj nalaze.	Streljačka municija i UbS za specijalnu namenu upakovana na odgovarajući način.	Nema ograničenja za rastojanje razdvajanja, ako se artikli skladište u objektima zasutim zemljom.
1.5	Veoma neosetljive supstance, ali kod kojih postoji opasnost od detonacije u masi.	Izražen je rizik od vazdušnog udarnog talasa i uzgredni rizici od parčadi velike brzine i/ili toplotnog dejstva.	Neke vrste amonijum-nitrata eksploziva.	Rastojanja razdvajanja računaju se isto kao i za grupu 1.1.

Pored navedenih grupa opasnosti koje predviđa Uputstvo za rad skladišta UbS, ADR propisi definišu i šestu grupu opasnosti koja se odnosi na ekstremno neosetljive predmete, koji nemaju opasnost masovne eksplozije. Ovi predmeti sadrže samo ekstremno neosetljive detonirajuće materije i pokazuju neznatnu verovatnoću slučajnog paljenja ili širenja.

Transport mešovitih opasnih tereta

Transport opasnih materija je specifična oblast koja zahteva primenu određenih procedura radi obavljanja bezbednog transporta i sprečavanja eventualnih akcidentalnih situacija i stanja opasnih po ljude i životnu sredinu (Gaćeša, 2012, p. 313).

Potpisivanjem i ratifikovanjem SEECAP deklaracije – Declaration South Eastern Europe Common Assessment Paper on Regional Security Challenges and Opportunities, Srbija je preuzela obaveze iz oblasti bezbednosne procene mogućeg rizika, opasnosti i izazova, kao i sprečava-

nja mogućeg ugrožavanja regionalne bezbednosti, odnosno preventiva u nesrećama i katastrofama (Krstić, 2009). Prema dokumentu „Strateški okvir i ključni prioriteti Pakta za stabilnost Jugoistočne Evrope“ iz 2001. godine (Stability Pact for sout Eastern Europe), neophodno je da nacionalni sistemi država jugoistočne Evrope ispunjavaju odgovarajuće uslove za pravovremeno sprečavanje vanrednih situacija i blagovremeno delovanje u uslovima akcidenata (Kostadinović, 2010, 2012 str. 216–239).

Promet, skladištenje i transport opasnih tereta definisani su posebnim zakonima, uputstvima i propisima, a rad sa opasnim materijama u toku transporta dozvoljen je samo osposobljenim licima, koja su uspešno savladala obuku i poseduju odgovarajući sertifikat (Službeni list SFRJ, 1991).

Prilikom rukovanja i transporta opasnog tereta, ukoliko lica nisu osposobljena za pravilan rad, mogu da nastanu nesagledive posledice po ljude, tehniku i okolinu. Opasnost se dodatno uvećava zbog toga što pojedine opasne materije mogu burno da reaguju kada dođu međusobno u kontakt.

Najveći stepen sigurnosti kod transporta i skladištenja moguće je obezbediti ako se svaki artikal ili vrsta UbS skladišti odvojeno. Međutim, ovakvo idealno skladištenje i transport u opštem slučaju nije izvodljivo. Zbog toga propisi o transportu opasnog tereta sadrže zabranu mešovitog tereta.

Ograničenje za mešovite terete utvrđuje se prema listicama opasnosti koje se nalaze na pakovanjima i u skladu sa ADR propisima (tabela 2). Iz tabele 2 uočava se da UbS (osim onih sa klasifikacionim kodom 1.4S) i materije kojima je eksplozivnost dodatna opasnost, kao i eksplozivno pogodne materije, ne smeju da se transportuju ni sa jednom drugom opasnom materijom.

Tabela 2 – Zabrana mešovitog tereta za opasne materije (United Nations, 2011)
Table 2 – Prohibition of mixed loads of dangerous goods (United Nations, 2011)

Broj listice opasnosti	1	1.4	1.5	1.6	2.1 2.2 2.3	3	4.1	4.1+1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.2+1	6.1	6.2	7A 7B 7C	8	9
1	Za ove materije detaljniji opis dat je u tabelama 3 i 4.										d							b
1.4					a	a	a		a	a	a	a		a	a	a	a	abc
1.5																		b
1.6																		b
2.1																		
2.2		a																
2.3																		
3		a																
4.1		a																
4.1+1																		
4.2		a																
4.3		a																

[illegible]

Pravila u pogledu mešovitog tereta opasnih materija definisana ADR propisima (tabela 2) ogledaju se u sledećem (*Službeni glasnik RS*, 2010a):

	Dozvoljen mešoviti teret.
	Zabranjen mešoviti teret.
a	Dozvoljen mešoviti teret sa materijama i predmetima čiji je klasifikacioni kôd 1.4S.
b	Dozvoljen mešoviti teret između opasnih materija klase 1 i sredstava za spasavanje klase 9 (UN brojevi 2990, 3072 i 3268).
c	Dozvoljen mešoviti teret gasnih generatora za vazdušne jastuke, modula vazдушnih jastuka ili zatezača pojaseva potklase 1.4, grupe kompatibilnosti G (UN broj 0503) sa gasnim generatorima za vazdušne jastuke, modulima vazдушnih jastuka ili zatezačima pojaseva klase 9 (UN broj 3268).
d	Dozvoljen mešoviti teret između brizantnih eksploziva (osim UN broj 0083-eksploziv brizantni, tip C) i amonijum-nitrata ili neorganskih nitrata klase 5.1 (UN brojevi 1942i 2067), pod uslovom da se celokupan teret po pitanju obeležavanja, razdvajanja, skladištenja i maksimalno dozvoljene količine tereta tretira kao brizantni eksploziv klase 1.

Transport mešovitih tereta klase 1

Mešoviti tereti materija klase 1, zbog njihove specifičnosti, mogu se transportovati istim vozilom samo ukoliko su ispunjeni uslovi definisani u pogledu grupa kompatibilnosti–srodnosti (tabela 5). Uslovi koji su predviđeni ADR propisima prikazani su u tabeli 3.

Navedene napomene u tabeli imaju sledeće značenje (United Nations, 2011):

a) Paketi sa predmetima grupe kompatibilnosti B smeju da budu zajedno u vozilu sa paketima koji sadrže materije i predmete grupe kompatibilnosti D, pod uslovom da se prevoze u odvojenim kontejnerima ili odeljcima, za koje su nadležne vlasti, ili od njih ovlašćena tela, dala dozvolu, kao i da je između kontejnera ili odeljka onemogućeno prenošenje eksplozije od predmeta grupe kompatibilnosti B na materije ili predmete grupe kompatibilnosti D.

b) Različite vrste predmeta potklase 1.6 grupe kompatibilnosti N mogu biti prevoženi zajedno, kao predmeti potklase 1.6 grupe kompatibilnosti N, kada je ispitivanjem ili zaključivanjem po analogiji dokazano da nema dodatne opasnosti od detonacije usled međusobnog sudejstva predmeta. U drugim slučajevima one se tretiraju kao predmeti potklase 1.1.

c) Kada su predmeti grupe kompatibilnosti N zajedno utovareni sa materijama i predmetima grupe kompatibilnosti C, D ili E, tada predmete grupe kompatibilnosti N treba tretirati kao da imaju osobine grupe kompatibilnosti D.

d) Paketi sa materijama i predmetima grupe kompatibilnosti L smeju da budu zajedno u vozilu ili kontejneru sa paketima koji sadrže iste materije i predmete ove grupe kompatibilnosti.

Tabela 3 – Mogućnost zajedničkog transporta različitih opasnih materija klase 1
(United Nations, 2011)

Table 3 – Possibility of joint transportation of different Class 1 hazardous materials
(United Nations, 2011)

Grupa kompatibilnosti	A	B	C	D	E	F	G	H	J	L	N	S
A	X											
B		X		a)								X
C			X	X	X		X				b) c)	X
D		a)	X	X	X		X				b) c)	X
E			X	X	X		X				b) c)	X
F						X						X
G			X	X	X		X					X
H								X				X
J									X			X
L										d)		
N			b) c)	b) c)	b) c)						b)	X
S		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X

Napomena: Grupa kompatibilnosti K nije navedena u tabeli 3, jer u skladu sa ADR propisima nije dozvoljena za transport.

Transport ubojnih sredstava za potrebe Vojske Srbije

U slučaju izvršenja transporta UbS za potrebe VS vojnim vozilima primenjuju se pravila definisana Uputstvom za rad skladišta UbS, koje takođe uzima u obzir kompatibilnost grupa UbS prilikom transporta i skladištenja (tabela 4).

Tabela 4 – Mogućnost zajedničkog transporta različitih kompatibilnih grupa UbS
(GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)

Table 4 – Possibility of joint transportation of various compatible ordnance groups (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)

Grupa kompatibilnosti	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	S
A	X ^{a)}	O										O
B	O ^{b)}	X										X
C	^{c)}		X	O	O		O					X
D			O	X	X							X
E			O	X	X							X
F						X						X
G			O				X					X
H								X				X
J									X			X
K										O		
L ^{d)}												
S	O	X	X	X	X	X	X	X	X			X

Napomene u tabeli 4 imaju sledeće značenje (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002):

a) Oznaka „X“ na preseku u datoj tabeli ukazuje na to da te dve kompatibilne grupe mogu da budu kombinovane pri skladištenju i transportu.

b) Oznaka „O“ ukazuje na to da te dve kompatibilne grupe mogu da budu kombinovane pri skladištenju i transportu, ali samo kada je to opravdano iz operativnih razloga ili usled nepostojanja skladišnog prostora i kada bezbednost nije ugrožena. U ovom slučaju mora da postoji naređenje ili odobrenje nadležnog stručnog organa pretpostavljene komande.

c) Ukoliko na preseku dve kompatibilne grupe nema nikakve oznake, njihovo kombinovanje pri skladištenju i transportu je zabranjeno.

d) Artikli grupe L imaju takve karakteristike i svojstva koja ne dozvoljavaju mešanje s artiklima iz drugih kompatibilnih grupa, pa čak ni međusobno.

Ubojna sredstva se ne smeju transportovati i skladištiti s artiklima iz drugih klasa opasnih tereta koje predstavljaju opasnost po UbS (na primer: zapaljive ili sagorive supstance, kiseline, supstance koje izazivaju koroziju i slično).

Odstupanje u mešanju artikala izvan propisane tabele može se odobriti (odobrenje izdaje Uprava za logistiku GŠ VS) u količinama manjim od 500 kg u pakovanju za transport, izuzev UbS iz kompatibilnih grupa A, B i L.

Različite vrste UbS mogu se zajedno transportovati na jednom vozilu ili skladištiti u istom magacinu, samo ako je obezbeđena njihova kompatibilnost, odnosno ako su im svojstva i osetljivost podudarni (tabela 5), te se kao takva mogu skladištiti zajedno, bez značajnijeg povećanja mogućnosti da dođe do nesreće (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002).

Ubojna sredstva se razvrstavaju u odgovarajuću kompatibilnu grupu za skladištenje, ako su im svojstva i osetljivost podudarni, te se kao takva mogu skladištiti zajedno, bez značajnijeg povećanja mogućnosti da dođe do nesreće ili za datu količinu povećanja efekta takvog udesa.

Tabela 5 – Kompatibilne grupe UbS za skladištenje i transport
(GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)
Table 5 – Ordnance compatibility groups for storage and transportation
(GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)

Grupa	Opis artikla	Primeri
A	Eksplozivi za iniciranje.	Vlažni: azid olova, stifnat olova, fulminat žive, tetrazen.
B	Inicijalna sredstva koja nemaju dva ili više nezavisnih osiguranja, tj. artikli koji sadrže eksplozive za iniciranje i projektovani su tako da neprekidno imaju otvoren inicijalni lanac.	Detonatori, detonatorske kapisle, kapisle za streljačku municiju, neosigurani upaljači.
C	Baruti, barutna punjenja, čvrsta goriva za raketne motore i UbS, koja sadrže čvrsta pogonska punjenja.	Jednobazni, dvobazni i trobazni barut, kompozitivna goriva za raketne motore, raketni motori na čvrsto gorivo, barutna punjenja, artiljerijska manevarska i vežbovna municija, municija sa inertnim projektilom.
D	Crni barut, brizantni eksploziv i artikli koji sadrže brizantni eksploziv, a ne sadrže uređaj za iniciranje i pogonsko punjenje i uređaji za iniciranje, kod kojih je prekinut inicijalni lanac.	Eksplozivi za rušenje, većina razornih projektila, avio-bombe, protivtenkovske mine, dubinske bombe, bojeve glave torpeda i dr.

Grupa	Opis artikla	Primeri
E	Ubojna sredstva, koja sadrže brizantni eksploziv, bez sopstvenog načina iniciranja (upaljača), ali sa čvrstim pogonskim punjenjem.	Većina artiljerijske municije, rakete i vođene rakete.
F	Ubojna sredstva, koja sadrže brizantni eksploziv, sa sopstvenim načinom iniciranja, sa ili bez čvrstog pogonskog punjenja.	Ručne odbrambene bombe, PA municija preko 25 mm, mine za MB.
G	Pirotehničke smeše, koje nakon aktiviranja ispoljavaju osvetljavajući, zapaljivi, dimni ili suzni efekat, UbS koja sadrže ove pirotehničke smeše ili ona koja sadrže i njih i eksploziv, osim UbS koja se aktiviraju u prisustvu vode ili vazduha i onih koja imaju zapaljivu tečnost ili gel.	Signalne rakete i municija, traseri, UbS za specijalnu namenu s osvetljavajućim, zapaljivim i dimnim projektilima, kao i ostali uređaji koji proizvode gas ili suzavac.
H	Ubojna sredstva, koja sadrže eksploziv i beli fosfor ili drugu vrstu samozapaljive (piroforne) materije.	Ubojna sredstva sa dimnim projektilom čije je punjenje beli fosfor, plastificirani beli fosfor ili neka druga samozapaljiva materija.
J	Ubojna sredstva, koja sadrže zajedno i eksploziv i zapaljivu tečnost ili gel, drugačija od onih koja se aktiviraju u dodiru sa vodom ili vazduhom.	Zapaljiva UbS sa tečnim ili želatinastim punjenjem, uređaji s aerosolnim eksplozivima, tečno gorivo za rakete i torpeda.
K	Ubojna sredstva, koja sadrže eksploziv i toksične (otrovne) hemijske agense.	Sve vrste UbS punjene smrtonosnim ili onespособljavajućim hemijskim agensima.
L	Ubojna sredstva, koja nisu uključena u druge kompatibilne grupe i koja zahtevaju specijalnu izolaciju pri skladištenju i transportu.	Uređaji koji se aktiviraju vodom, raketni motori prepakovani tečnim hipergolnim pogonskim gorivom, izvesni uređaji s aerosolnim eksplozivima, trietil-aluminijum, kao i oštećena i sumnjiva UbS bilo koje grupe.
S	Ubojna sredstva, koja ne predstavljaju značajnu opasnost.	Streljačka i artiljerijska municija bez razornih projektila (zaključno 25 mm); upaljači bez detonatora i dr.

Transportne oznake na vozilima za prevoz UbS

Pri transportu UbS na vozilima, železnicom i drugim sredstvima kopnenog transporta, pored uslova koje vozila moraju da ispunjavaju (Jovanović, 2004), postavlja se transportna oznaka, koja prvenstveno ukazuje na stepen opasnosti pri transportu.

Transportna oznaka određuje se prema artiklima najveće opasnosti, ukoliko se transportuju UbS različitih grupa opasnosti. Stepenn opasnosti pri transportu označava se velikim latiničnim slovima A, B ili C (tabela 6).

Transportna oznaka (slika 1) određuje se prema artiklima najveće opasnosti, ukoliko se transportuju UbS različitih grupa opasnosti.



Slika 1 – Transportna oznaka stepena opasnosti C (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)
Figure 1 – Transportation label of the danger C level (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)

Jedinica ili ustanova odgovorna za prevoženje UbS obavezna je da postavi transportne oznake neposredno pre utovara, a da ih skine posle završenog istovara UbS. Transportna oznaka mora da bude postavljena na najmanje dve suprotne strane sredstva za transport, tako da bude uočljiva pri prevozu, utovaru ili istovaru.

Tabela 6 – Grupe kompatibilnosti i klasifikacione oznake UbS
(GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)
Table 6 – Ordinance compatibility groups and classification codes
(GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)

R. br.	Vrsta ubojnog sredstva ili elementa UbS	Grupa kompatibilnosti	Klasifikaciona oznaka	Transportna oznaka
1	Inicijalni eksploziv.	A	1.1.A	A
2	Artikal, koji sadrži inicijalni eksploziv, a nema dve ili više nezavisno sigurnosne osobine.	B	1.1.B 1.2.B 1.4.B	A A C
3	Barut (klasični i raketni, izuzev crnog baruta) i artikli koji sadrže ove barute sa pripalom kapislom ili bez nje.	C	1.1.C 1.2.C 1.3.C 1.4.C	A A B C
4	Crni barut, brizantni eksploziv i artikli koji sadrže brizantni eksploziv, bez sopstvenog iniciranja i bez pogonskog punjenja ili artikal koji sadrži inicijalni eksploziv i pri tome ima dve ili više nezavisno sigurnosne osobine.	D	1.1.D 1.2.D 1.4.D 1.5.D	A A C C
5	Artikal, koji sadrži brizantni eksploziv, sa sopstvenim načinom iniciranja, sa čvrstim pogonskim punjenjem ili bez njega.	E	1.1.E 1.2.E 1.4.E	A A C
6	Artikal, koji sadrži brizantni eksploziv, sa sopstvenim načinom iniciranja, sa čvrstim pogonskim punjenjem ili bez njega.	F	1.1.F 1.2.F 1.3.F 1.4.F	A A B C
7	Pirotehnička smeša ili artikal koji sadrži pirotehničku smešu ili artikal koji sadrži zajedno i eksplozivnu supstancu (barut i eksploziv) i pirotehničku smešu (sveteleću, zapaljivu, suzavac ili dimnu smešu), osim onog artikla koji se aktivira u prisustvu vode ili vazduha i onog koji ima zapaljivu tečnost ili gel.	G	1.1.G 1.2.G 1.3.G 1.4.G	A A B C
8	Artikal koji sadrži i eksplozivnu supstancu i beli fosfor.	H	1.2.H 1.3.H	A B

9	Artikal koji sadrži i eksplozivnu supstancu i zapaljivu tečnost ili gel.	J	1.1.J 1.2.J 1.3.J	A A B
10	Artikal koji sadrži i eksplozivnu supstancu i otrovni hemijski agens.	K	1.2.K 1.3.K	A B
11	Eksplozivne supstance ili artikli koji sadrže eksplozivne supstance, a nisu uključeni u druge grupe i oni koji zahtevaju specijalnu izolaciju pri skladištenju i transportu.	L	1.1.L 1.2.L 1.3.L	A A B
12	Supstanca ili artikal pakovan ili sačinjen tako da opasni efekti, nastali usled slučajnog aktiviranja, budu ograničeni unutar pakovanja, osim ako pakovanje nije oštećeno vatrom. U tom slučaju efekti eksplozije ili razletanja fragmenata ne ometaju niti sprečavaju gašenje požara ili druge radove u najbližoj okolini pakovanja.	S	1.4.S	C

Klasifikaciona (identifikaciona) oznaka sadrži klasu opasnih tereta, grupu opasnosti i grupu kompatibilnosti svake materije (tabela 6), a sastoji se od brojeva i slova prema sledećem (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002):

X. Y. P

gde je:

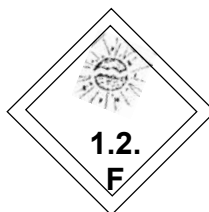
X – brojna oznaka klase opasnih tereta (uvek je 1);

Y – brojna oznaka grupe opasnosti (ima vrednost od 1 do 5);

P – slovna oznaka kompatibilne grupe.

Klasifikaciona oznaka nanosi se nalepnicom ili štampanjem. Za oznake na svim pakovanjima i sredstvima koriste se arapski brojevi i velika latinična slova. Oblik i izgled nalepnice klasifikacione oznake prikazan je na slici 2.

Klasifikaciona oznaka postavlja se na jednom mestu pakovanja za transport ili sredstva i to na čeonu (prednju) stranu ili na poklopcu sanduka i na slobodnom prostoru pored ostalih oznaka, za ostale oblike pakovanja.



Slika 2 – Klasifikaciona oznaka za grupe opasnosti 1.1., 1.2. i 1.3.
(GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)

Picture 2 – The classification codes of dangers groups 1.1., 1.2. i 1.3.
(GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002)

Pored navedenih pravila, pošiljalac, odnosno lica zadužena za uto-var opasnih materija, moraju da znaju i maksimalno dozvoljene količine po transportnoj jedinici, za materije klase 1 (tabela 7).

Tabela 7 – Maksimalno dozvoljena masa punjenja materija klase 1, po transportnoj jedinici, u kg (United Nations, 2011)

Table 7 – Maximum allowed weight of Class 1, materials per transport unit in kg (United Nations, 2011)

Transportna jedinica	Potklasa	1.1		1.2	1.3	1.4		1.5 i 1.6	Prazna neočišćena ambalaža
	grupa kompatibilnosti	1.1A	sve osim 1.1A			sve osim 1.4S	1.4S		
Tip vozila EX/II		6,25	1000	3000	5000	15000	neograničeno	5000	neograničeno
Tip vozila EX/III		18,75	16000	16000	16000	16000	neograničeno	16000	neograničeno

„EX/II vozilo“ ili „EX/III vozilo“ označava vozilo namenjeno za transport eksplozivnih materija i predmeta (klasa 1), a karakteristike koje mora da ispunjava definisane su Pravilnikom Evropske ekonomske komisije (ECE regulation – jednoobrazni propisi za odobrenje vozila namenjenih za transport opasnog tereta u odnosu na njihove specifične konstrukcijske karakteristike).

Transport pod režimom „male količine“

Prilikom transporta opasnih materija pod režimom „male količine“ ne važe svi ADR propisi koji su predviđeni za transport opasne robe, odnosno, postoje oslobađanja od posebnih zahteva u pogledu: obeležavanja vozila, pisanih uputstava o posebnim merama bezbednosti, posebne obuke vozača, prevoza putnika, mesta utovara i istovara, posebnih zahteva koje moraju ispunjavati vozila (kod transporta nekih gasova potrebna je ventilacija).

Jedinica mere koja se upotrebljava pri određivanju slobodne količine za transport pod režimom „male količine“, zavisi od vrste i pakovanja opasne materije (tabela 8).

Tabela 8 – Jedinice mere klasa opasnog tereta (Petrović, 2004)

Table 8 – Units of measure of dangerous goods classes (Petrović, 2004)

Neto masa eksplozivne materije (kg)	za eksplozivne materije i predmete klase 1
Bruto masa (kg)	za pakovanja gasa pod pritiskom – doze spreja
Neto masa (kg)	za čvrste materije, tečne gasove, duboko rashlađene tečne gasove i gasove rastvorene pod pritiskom
Stvarni sadržaj posude (l)	za tečne materije i komprimovane gasove

U zavisnosti od stepena i vrste opasnosti opasne materije, izvršena je podela na 5 transportnih kategorija (tabela 9):

– za opasne materije, koje su svrstane u transportnu kategoriju 0 ne važe olakšice pri transportu, odnosno, ne mogu da se transportuju pod režimom „male količine“,

– za opasne materije, koje su svrstane u transportnu kategoriju 1, najveća dozvoljena ukupna količina po jedinici transporta je 20 jedinica mere (za materije navedene u fusnoti (5) dozvoljeno je 50 jedinica mere),

– za opasne materije, koje su svrstane u transportnu kategoriju 2, najveća dozvoljena ukupna količina po jedinici transporta je 333 jedinice mere,

– za opasne materije, koje su svrstane u transportnu kategoriju 3, najveća dozvoljena ukupna količina po jedinici transporta je 1000 jedinica mere,

– za opasne materije, koje su svrstane u transportnu kategoriju 4, važe olakšice pri transportu, odnosno, mogu se transportovati pod režimom „male količine“ bez obzira na količinu (ne sme biti veća od nosivosti vozila).

*Tabela 9 – Opasan teret dozvoljen za transport pod režimom „mala količina“
(Petrović, 2011, str. 3-37)*

Table 9 – Quantities of dangerous goods allowed for transportation under the regime of "small quantities" (Petrović, 2011, pp. 3-37)

Transportna kategorija	Materije ili predmeti – ambalažna grupa ili klasifikacioni kôd/grupa ili UN broj	Najveća dozvoljena ukupna količina po jedinici prevoza
0	Klasa 1: 1.1A, 1.1L, 1.2L, 1.3L, i UN-broj 0190 Klasa 3: UN-broj 3343 Klasa 4.2: Materije koje spadaju u ambalažnu grupu I Klasa 4.3: UN-brojevi 1183, 1242, 1295, 1340, 1390, 1403, 1928, 2813, 2965, 2968, 2988, 3129, 3130, 3131, 3134, 3148, 3396, 3398 i 3399 Klasa 5.1: UN-broj 2426 Klasa 6.1: UN-brojevi 1051, 1600, 1613, 1614, 2312, 3250 i 3294 Klasa 6.2: UN-brojevi 2814 i 2900 Klasa 7: UN-brojevi 2912 do 2919, 2977, 2978, 3321 do 3333 Klasa 8: UN broj 2215 (Anhidrid maleinske kiseline, topljeni) Klasa 9: UN brojevi 2315, 3151, 3152 i 3432, kao i uređaji koji sadrže ove mešavine, i neočišćena prazna pakovanja koja su sadržala materije iz ove transportne kategorije, izuzev ambalaže koja pripada UN-broju 2908	0
1	Materije i predmeti koji su raspoređeni u ambalažnu grupu I, a ne spadaju u transportnu kategoriju 0, kao i materije i predmeti sledećih klasa: Klasa 1: 1.1B do 1.1J ¹ , 1.2B do 1.2J, 1.3C, 1.3G, 1.3H, 1.3J i 1.5D ¹ Klasa 2: Grupe T, TC ¹ , TO, TF, TOC i TFC Aerosoli: Grupe: C, CO, FC, T, TF, TC, TO, TFC i TOC Klasa 4.1: UN-brojevi 3221 do 3224 i 3231 do 3240 Klasa 5.2: UN-brojevi 3101 do 3104 i 3111 do 3120	20 (kod mešovitog utovara faktor korekcije 50)

¹ Za UN brojeve 0081, 0082, 0084, 0241, 0331, 0332, 0482, 1005 i 1017 maksimalno dozvoljena ukupna količina po jedinici prevoza iznosi 50 kg (kod mešovitog utovara faktor korekcije je 20).

2	Materije i predmeti koji su raspoređeni u ambalažnu grupu II, a ne spadaju u transportnu kategoriju 0, 1 ili 4, kao i materije i predmeti sledećih klasa: Klasa 1: 1.4B do 1.4G i 1.6N. Klasa 2: Grupa F Aerosoli: Grupa F Klasa 4.1: UN-brojevi 3225 do 3230 Klasa 5.2: UN-brojevi 3105 do 3110 Klasa 6.1: Materije i predmeti raspoređeni u amb. grupu III Klasa 9: UN-broj 3245	333 (kod mešovitog utovara faktor korekcije 3)
3	Materije i predmeti koji su raspoređeni u ambalažnu grupu III, a ne spadaju u transportnu kategoriju 0, 2 ili 4, kao i materije i predmeti sledećih klasa: Klasa 2: Grupe A i O Aerosoli: Grupe A i O Klasa 3: UN-broj 3473 Klasa 8: UN-brojevi 2794, 2795, 2800, 3028 i 3477 Klasa 9: UN-brojevi 2990 i 3072	1000 (kod mešovitog utovara faktor korekcije 1)
4	Klasa 1: 1.4S. Klasa 4.1: UN-brojevi 1331, 1345, 1944, 1945, 2254 i 2623 Klasa 4.2: UN-brojevi 1361 i 1362 grupe pakovanja III Klasa 7: UN-brojevi 2908 do 2911 Klasa 9: UN-broj 3268, kao i prazna neočišćena ambalaža koja je sadržala opasne materije, sa izuzetkom onih koje spadaju u transportnu kategoriju 0.	neograničeno

Faktor korekcije značajan je u slučaju da se u vozilu (transportnoj jedinici) nalazi više vrsta opasnih materija koje spadaju u različite transportne kategorije. Sabiranje njihovih jedinica mere (kg, litar) nije moguće zbog različitih potencijalnih opasnosti i različitih mernih jedinica. Zbog toga je potrebno količinu opasnih materija, izraženu u odgovarajućim mernim jedinicama, pomnožiti sa faktorom korekcije koji važi za tu transportnu kategoriju, da bi se dobila jedinična vrednost koja može da se sabira. Zbir proizvoda količine opasnih materija različitih transportnih kategorija i njihovih faktora korekcije ne sme biti veći od 1000.

Pravila za režim transporta „male količine“ koriste se kada nisu preporučene određene količine, odnosno slobodne količine. Način izračunavanja slobodne količine opasnog tereta za mešoviti teret različitih transportnih kategorija u jednoj transportnoj jedinici prikazan je u tabeli 10.

Tabela 10 – Izračunavanje slobodne količine opasnih materija za mešoviti transport (United Nations, 2011)

Table 10 – Calculating the quantities of dangerous goods available for joint transport (United Nations, 2011)

Transportna kategorija	Količina	Faktor korekcije	Jedinična vrednost
1	10	50	500
2	50	3	150
3	200	1	200
			Zbir: 850

Iz tabele se vidi da je ukupna jedinična vrednost količine opasnih materija različitih transportnih kategorija 850, što je manje od 1000 i da navedene različite opasne materije mogu da se transportuju pod režimom „male količine“ u jednoj transportnoj jedinici.

Ako se transportuju opasne materije koje su svrstane u jednu istu transportnu kategoriju, olakšice za transport smeju da se koriste samo kada nije prekoračena količina po transportnoj jedinici za transportnu kategoriju, odnosno vrednost jedinica mere koja se koristi za tu opasnu materiju kao slobodna količina, koja je prikazana u krajnjoj desnoj koloni tabele.

Zaključak

Da bi se izbegle neželjene posledice usled nestručnog smeštaja opasnog tereta, bilo u vozilu ili u skladištu, potrebno je pridržavati se određenih zabrana mešanja pojedinih opasnih materija, kao i ograničenja količina za pojedine opasne materije koje se smeju utovariti u vozilo (transportnu jedinicu).

Zato je, pored upotrebe odgovarajuće ambalaže, potrebno da se vodi računa i o sadržaju pakovanja sa različitim opasnim materijama u tovarnom prostoru vozila ili kontejnera.

Navedeni propisi u pogledu mogućnosti transporta različitih klasa opasnog tereta, uz uslov pravilne primene, omogućavaju preduzimanje preventivnih mera zaštite radi bezbednog transporta i rukovanja opasnim teretom.

Imajući u vidu da se ADR propisi menjaju i dopunjuju svake druge godine i da je 2010. godine u Srbiji usvojen Zakon o transportu opasnog tereta, a da su važeći propisi u VS koji regulišu transport opasnog tereta zastareli, stvorila se potreba i obaveza da se izvrši završavanje i usklađivanje postojećih pravila i uputstava u VS sa savremenim dostignućima u oblasti opasnih tereta.

Literatura

Gaćeša, N.N. 2012. Prikaz monografije Opasne materije autora Vlade Radića. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 60(1), str. 312-315.

GŠVS Sektor za logistiku TU. 2002. *Uputstvo za rad skladišta UbS (TU-V, 5105)*. Beograd.

Jeremić, R., & Grbović, L. 2005. Eksplozivne materije za neosetljiva ubojna sredstva. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 53(2), str. 157-167. Preuzeto sa <http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0042-84500502157J0>.

Jeremić, R. 2004. Neki aspekti primene različitih metoda u ispitivanju eksplozivnih materija. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 52(2), str. 194-205. Preuzeto sa <http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0042-84690402194J0>.

Jovanović, V.D. 2004. *Transport opasnih materija*. Beograd: Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

Kostadinović, D.S. 2010. *Istraživanje mogućnosti povećanja bezbednosti transporta opasnih materija za potrebe sistema odbrane*. Vojna akademija.

Kostadinović, D.S. 2011. Mere bezbednosti pri transportu opasnog tereta. U: 5. Stručni skup sa međunarodnim učešćem Bezbednost vojnih učesnika u saobraćaju, 2011-05-26, Beograd, str. 3-22

Kostadinović, D.S. 2012. Model for improving safety in transporting dangerous goods for the Serbian Army. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 60(3), str. 216-239.

Krstić, S.(2009). *Analiza rizika pri udesima i zaštita*. Preuzeto sa <http://www.yugoimport.com/forum/viewtopic.php> 2012 Feb 11.

Petrović, Lj. 2004. *Transport opasne robe u drumskom saobraćaju*. Beograd: Trigon inženjering.

Petrović, Lj. 2011. Upravljanje transportom opasnog tereta u malim količinama. U: 5. Stručni skup sa međunarodnim učešćem Bezbednost vojnih učesnika u saobraćaju, 2011-05-26, Beograd, str. 3-37

Službeni glasnik RS 2010a. Zakon o potvrđivanju evropske konvencije o međunarodnom transportu opasnog tereta u drumskom saobraćaju (ADR2007). *Službeni glasnik RS*, broj MU 2-10.

Službeni glasnik RS 2010b. Zakon o transportu opasnog tereta. *Službeni glasnik RS*, 88.

Službeni list SFRJ 1991. Pravilnik o stručnom osposobljavanju vozača motornih vozila kojima se prevoze opasne materije i drugih lica koja učestvuju u prevozu tih materija. *Službeni list SFRJ*, 17.

Službeni vojni list 1977. Uputstvo o postupku jedinica i ustanova jugoslovenske narodne armije pri transportu naoružanja, municije i eksplozivnih materija. *Službeni vojni list*, 8.

United Nations. 2011. *European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road-ADR*. New York, Geneva: United Nations.

ORDNANCE TRANSPORTATION

FIELD: Traffic, Traffic Safety

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

The paper describes the restrictions on the joint transportation of dangerous goods in the same vehicle, with a focus on dangerous goods of Class 1 (explosive materials and objects with explosive materials), which are, considering their purpose, typical of the Serbian Army. It also describes the conditions under which the transport of dangerous goods does not apply specific requirements that must be met during the transport of dangerous goods, as well as a way of labelling vehicles for ordnance transportation.

Introduction

Dangerous Goods transport contains materials, objects, or waste that are classified as dangerous goods in accordance with the conditions set forth in the regulations.

Due the existence of the risk of accidents in the process of executing the transport of dangerous goods, and in order to secure the execution of transport for The Serbian Army (SA), besides knowing the Directive provisions, it is necessary to know the appropriate provisions defined by ADR regulations.

Group of Danger Class 1 of dangerous goods

Class 1 dangerous goods include explosives, explosive substances and articles containing one or more explosive substances, except those that are too dangerous to transport or those where the dominant risk corresponds to the second class (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002).

Depending on the design, explosion characteristics (expected risk) and packaging type, all kinds of ordnance can be divided into risk groups as shown in Table 1 Each danger group denotes the dominant character of the present danger in accident situations.

In addition to these groups given in the Instructions for Ordnance Storage, the ADR regulations define the sixth group of hazards related to the extremely insensitive articles which do not have a mass explosion hazard.

Joint transport of dangerous goods

Transport of dangerous goods is a specific area that requires the application of certain procedures in order to conduct safe transport and to prevent possible accidental situations and conditions hazardous to humans and the environment (Gaćeša, 2012, p.313).

During handling and transport of dangerous goods, if people are not trained properly, devastating effects on people, technology and the environment can occur. Risk is further increased because certain dangerous substances can react violently when they come into contact with each other.

The highest level of security during transport and storage can be provided if each item or ordnance type is stored separately. However, such an ideal transport and storage in general is not feasible. For these reasons, the regulations on the transport of dangerous goods include the prohibition of mixed cargo.

Limitations for mixed cargoes are determined according to the placards on the packaging and in accordance with the ADR regulations (Table 2). From Table 2 it can be seen that ordnance (except those with classification code 1.4S) and explosive substances, as well as shock-sensitive materials, must not be transported with any other material.

Transport of mixed cargoes of Class 1

Due to their specific properties, mixed cargoes of Class 1 dangerous goods may be transported in the same vehicle only if the conditions defined in terms of compatibility-affinity group (Table 5) are met. The conditions stipulated by the ADR regulations are shown in Table 3.

Transporting ordnance for the Serbian Army

Ordnance must not be transported and stored with items from other classes of dangerous goods presenting a hazard to ordnance (eg, flammable or combustible substances, acids, substances that cause corrosion, etc.).

Different ordnance types can be shipped together in one vehicle, or stored in the same warehouse only if their compatibility is provided, i.e. if their properties and sensitivity are compatible (Table 5), so that, as such, they can be stored together without significantly increasing possibilities for accidents (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002).

Ordnance types are classified in appropriate compatibility groups for storage if their properties and sensitivity are compatible so that, as such, they can be stored together without significantly increasing possibility of any accident, or, for a given amount, without increasing the effect of such an accident.

Labels on transport vehicles for ordnance transportation

When transporting ordnance, vehicles must have transportation labels which primarily inform on the danger level during transport.

Transportation labels (Figure 1) are determined by the highest risk items, if different danger groups of ordnance are transported.

The degree of risk in transport is indicated by capital Latin letters A, B or C (Table 6).

Classification (VAT ID) tags, contain a class of dangerous goods, risk group, and each material group compatibility (Table 6). It consists of numbers and letters as follows (GŠVS Sektor za logistiku TU, 2002):

X. Y. P

where:

X – number of dangerous goods class (always 1);

Y – number of risk group (a value from 1 to 5);

P – letter of the compatible group.

Classification labels are placed on the packaging or transport means at the frontal (front) side or on the box lid as well as in the open space among other labels in other forms of packaging.

In addition to these rules, the sender or the person responsible for the dangerous goods shipping must know the maximum allowable quantity per transport unit for the goods of class 1 (Table 7).

Transport under the regime of "small quantities"

During the transport of dangerous goods under the regime of "small amount" all the ADR regulations intended for the transport of dangerous goods do not apply, i.e. there are exemptions from specific requirements in terms of: marking of vehicles, issuing guidelines on specific security measures, specially trained drivers, passengers, loading and unloading locations, special requirements that must be met by vehicles (when transporting some gases, ventilation is necessary).

The measure unit used to determine the amount available for transportation under the regime of "small amount" depends on the type and packaging of dangerous substances (Table 8).

Depending on the degree and type of risk hazardous materials, there are five transport categories (Table 9).

The rules for the "small amount" transport regime are used when a certain amount, or quantity is not exceeded. The method of calculating the amount of hazardous cargo available for mixed cargoes of different transport categories in one transport unit is given in Table 10.

In the transport of hazardous materials classified into the same category of transport, transport facilities should be used only when the amount is not exceeded by a transport unit for a transport category, or the value of units of measurement used for the hazardous substance as free volume, which is given in the far right column of the table.

Conclusion

In order to avoid unintended consequences due to improper housing of dangerous goods in a vehicle or in stock, it is necessary to comply with certain prohibitions regarding joint transportation of certain hazardous materials and limits in the amount of certain hazardous materials that must be loaded into the vehicle (transport unit).

Regarding the transport functions of different classes of dangerous goods, these regulations provide preventive measures to ensure safe transport and handling of dangerous goods.

Key words: transportation, ordnance, dangerous goods, compatibility groups.

Datum prijema članka/Paper received on: 26. 10. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 11. 11. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 14. 11. 2012.

BALISTIČKI MODUL KAO ELEMENT SISTEMA ZA UPRAVLJANJE VATROM ORUĐA VATRENE PODRŠKE

Branka R. Luković^a,
Veljko P. Petrović^a,
Veselin L. Mrdak^b

^a Ministarstvo odbrane Republike Srbije,
Uprava za odbrambene tehnologije SMR, Beograd

^b Vojska Srbije, Tehnički opitni centar, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-3061

OBLAST: matematika, mašinstvo
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

U radu je prikazan balistički modul kao element sistema za upravljanje vatrom oruđa vatrene podrške (minobacača, artiljerijskih oruđa i lansera raketa). Softver je „otvorenog tipa“ sa naglašenom autonomijom rada; modularan je i adaptibilan na zahteve korisnika i ne zavisi od hardverske osnove.

Ključne reči: artiljerijsko gađanje, vatrena podrška, sistem za upravljanje vatrom, balistički modul, spoljna balistika, kompjuterski softver.

Uvod

Radi povećanja efikasnosti i ekonomičnosti artiljerijske vatre kroz povećanje brzine reagovanja i tačnosti gađanja, klasični pribori za određivanje početnih elemenata i elemenata u toku gađanja (tablice gađanja i pribori za upravljanje vatrom) zamenjeni su ili je u toku zamena sa sistemom za upravljanje vatrom (SUV).

Osnovu SUV-a čini balistički modul (BM) koji određuje elemente gađanja za svako oruđe u bateriji. Balističkim proračunima se za dati položaj cilja u odnosu na položaj oruđa, u datim meteorološkim uslovima, određuju elementi gađanja (elevacija, pravac, mesna sprava i tempiranje upaljača), tako da projektil deluje na cilju i prouzrokuje očekivani efekat.

Radi kompletiranja jednog SUV-a softversko-hardverskim delom koji bi vršio balističke proračune za definisana oruđa realizovan je balistički modul. Njegovo univerzalno programsko rešenje prevazišlo je usko postavljene zahteve, omogućujući određivanje elemenata za gađanje za sva artiljerijska sredstva i pripadajuću municiju u sistemu vatrene podr-

ške. Razvijena metodologija balističkih proračuna primenjena u BM je u svemu kompatibilna sa NATO standardima koji se primenjuju u ovoj oblasti (Matts, Sowa, 2000).

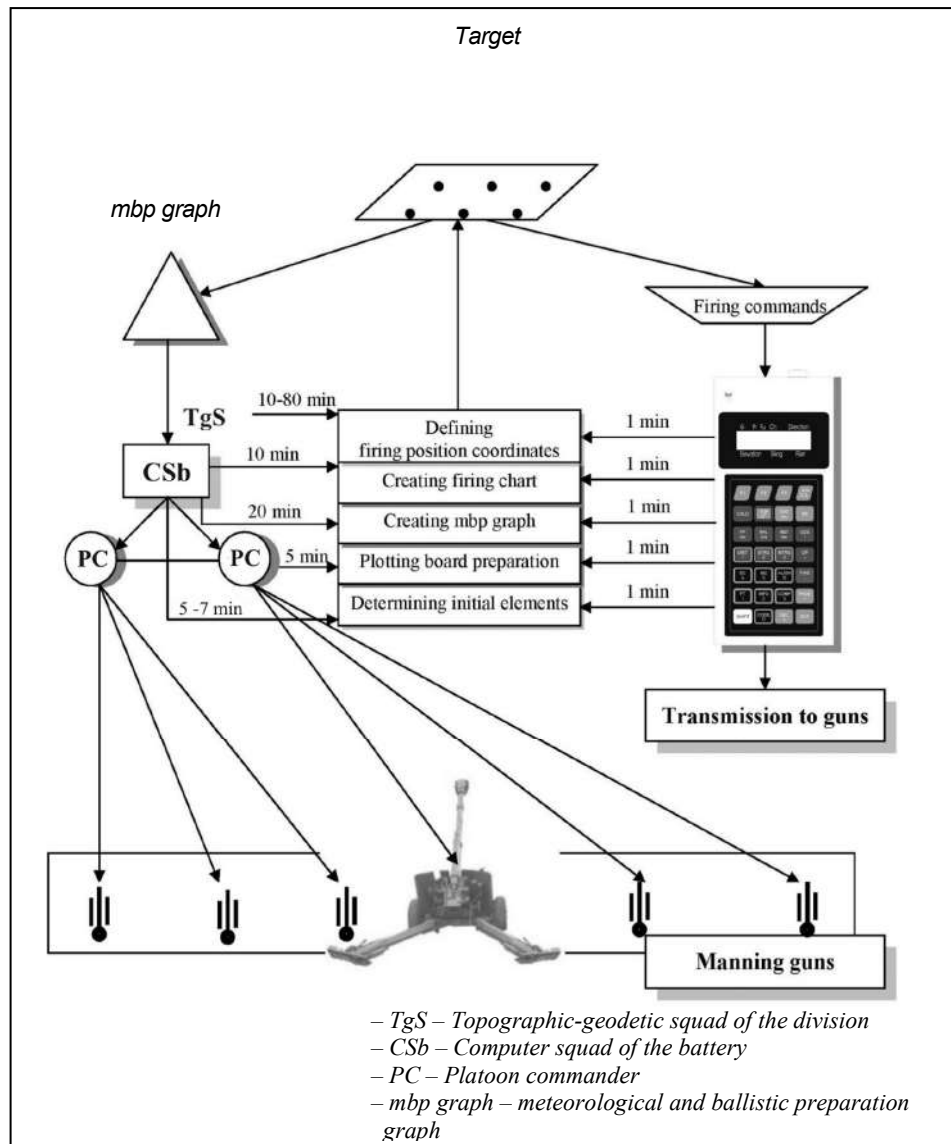
Ovim radom daju se osnovne informacije o funkcijama koje BM izvršava, kao i načinu njihove realizacije u SUV-u bez ulaženja u algoritamska rešenja postupaka.

Balistički problem u sistemu za upravljanje vatrom

Osnovu balističkog proračuna (slika 1) čini proračun putanje svih vrsta projektila (trenutni, tempirni, kasetni, osvetljavajući, dimni, sa klasičnim pogonom, raketni, raketizirani, sa ugrađenom jedinicom generatora gasa itd.). Umesto ranijih rešenja da se u SUV-u proračun putanje vrši nekom od približnih metoda, u ovom BM proračun putanje vrši se po istom modelu i sa istim podacima za oruđe i municiju, kao u postupku za izradu tablica gađanja (U.S. AMC, 2009). Istovremeno sa izradom tablica gađanja za određeno oruđe i pripadajuću municiju, izrađuju se podaci koji se koriste u SUV-u, kao i podaci na osnovu kojih se izrađuju pomoćna sredstva za upravljanje vatrom – pribori za upravljanje vatrom (PUV). Primenuje se i model modifikovane materijalne tačke koji je standardizovan na nivou NATO (NATO MAS STANAG 4355, 1997), zajedno sa drugim standardima koji ga prate, a koji se odnose na ispitivanja naoružanja, izradu tablica gađanja i u automatizovanim sistemima za upravljanje vatrom (Matts, Sowa, 2000).

Podaci o atmosferskim uticajima uzimaju se iz meteorološkog biltena (meteobiltena) tipa „meteo-srednji“ ili „meteo-stvarni“. Meteobilten „meteo-srednji“ pripada klasi meteoroloških biltena koji su predviđeni za artiljerijske jedinice koje izvršavaju pripremu artiljerijske vatre bez računara, odnosno po klasičnom postupku (kao što je definisano i u NATO MAS STANAG 4061, 2000). Za korišćenje u artiljerijskom računaru predviđen je meteobilten kod nas nazvan „meteo-stvarni“, a koji odgovara standardnom biltenu (NATO MAS STANAG 4082, 1969). Balistički modul je pripremljen da radi sa svim vrstama meteobiltena, pretvarajući sve vrste meteoroloških podataka u formu „meteo-stvarni“.

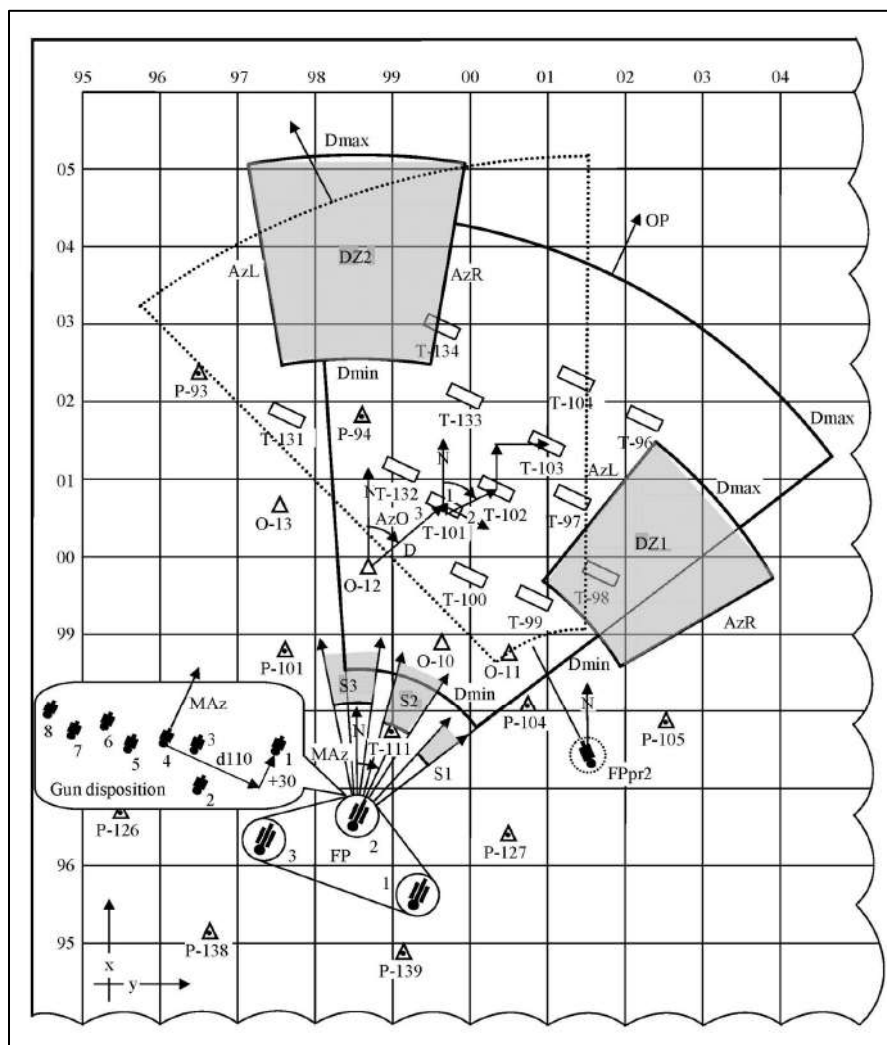
Uzimajući u obzir meteorološko stanje, pre proračuna putanje određuje se relativni položaj cilja u odnosu na položaj oruđa, vrši se izbor ili proveru punjenja (mogućnost dostizanja zadatog cilja), kao i tačka u kojoj se aktivira upaljač. Takođe, određuje se početna elevacija oruđa kojom se vrši proračun putanje do krajnje tačke. Proračun se ponavlja sve dok se krajnja tačka putanje ne poklopi sa određenom tačkom dejstva projektila.



Slika 1 – Balistički modul kao deo sistema za upravljanje vatrom
Figure 1 – Ballistics module as a part of the fire control system

Princip proračuna je identičan prilikom gađanja sa korekturom, s tim što se određuje fiktivni cilj – tačka za koju treba računati elemente za gađanje, a koja se nalazi po daljini i pravcu suprotno od položaja pogotka u odnosu na cilj.

Prilikom gađanja površinskog cilja baterijom svako oruđe gađa svoj deo cilja koji se određuje zavisno od komandovanog snopa (sasređen, normalan, po širini ili ešaloniranje).



Slika 2 – Vatrene položaj
Figure 2 – Firing position

Za rešavanje postavljenih zadataka (slika 2) balističkom modulu je potrebno obezbediti sledeće setove podataka:

- koordinate vatrene položaja svih oruđa u bateriji;
- dozvoljeno horizontalno i vertikalno polje dejstva svih oruđa;

- osnovne uglove (azimut osnovnog pravca, osnovni uglomer, osnovni položaj mesne sprave);
- balističke podatke i balistička odstupanja (tip projektila, tip upaljača, punjenje, maseni znak projektila, odstupanja početnih brzina za svako od oruđa, temperature barutnih punjenja);
- koordinate položaja osmatračnica, opasnih zona i grebena zaklona;
- koordinate položaja i dimenzija cilja;
- bilten meteopodataka („meteo-srednji“ ili „meteo-stvarni“) i
- način gađanja (grupa uglova kojom će se gađati, sa ili bez korekture ili prenosa vatre).

Primer ulazne datoteke za H 105 M56/33 prikazan je na slici 3.

I	<i>Sistem</i>
2,	<i>105 M56/33</i>
S	<i>Osnovni uglovi</i>
0,5700,3200,	
D	<i>Meteorološki uslovi</i>
0.,1000.,16.,0.,0.,	
B	<i>Balistički podaci</i>
1,1,1,0,	
F	<i>Oruđa</i>
6,3,	
44.8784581,19.8698406,-50.00,	
44.8787093,19.8679365,100.00,	
44.8784330,19.8673088,0.00,	
44.8779767,19.8666847,0.00,	
44.8784205,19.8660430,70.00,	
44.8777779,19.8647895,0.00,	
A	<i>Balistička odstupanja</i>
0.,15.,0.,15.,0.,15.,0.,15.,0.,15.,	
V	
2.,-2.,0.,-1.,0.,-6.,	
O	<i>Osmatračnice</i>
2,	
44.9414478,19.8673379,90.00,	
44.9144170,19.8648538,150.00,	
H	<i>Grebeni zaklona</i>
2,	
44.9243435,19.8672939,100.00,5700,500,	
44.9504291,19.8652597,100.00,6000,1000,	
Z	<i>Opasne zone</i>
2,	

44.9414478,19.8673378,90.00,1500.0,	
44.9144469,19.8678684,100.00,500.0,	
L	<i>Polje dejstva</i>
6000,5300,900,200,	
0,0,0,0,	
0,0,0,0,	
0,0,0,0,	
0,0,0,0,	
6100,5300,800,-100,	
T	<i>Cilj za test br. 1.</i>
2,	
44.9234434,19.8673116,0.00,	
G	<i>Provera</i>
2,	
E	<i>Način gađanja</i>
1,1,1,1,1,1,	
3,0,0,	

Slika 3 – Ulazna datoteka za balistički modul
Figure 3 – Input database for the ballistic module

Kad se u toku faze pripreme vatre definišu svi navedeni ulazni parametri, odgovarajućom komandom aktivira se proračun. Kao izlaz iz BM dobijaju se početni elementi gađanja za bateriju:

- tip projektila, tip upaljača, punjenje, uglomer, daljinar, mesna sprava i tempiranje (ili vreme leta);
- kao i informativni podaci: ordinata putanje, padni ugao, padna brzina, verovatno skretanje po daljini i verovatno skretanje po pravcu.

Primer izlazne datoteke za H 105 M56/33 prikazan je na slici 4.

Cilj	Snop	R. br. oruđa	Provera	Početni elementi				Informativni podaci					
				Ugl [hilj]	Dar [hilj]	MeS [hilj]	Tc [s]	Ys [m]	Θc [hilj]	Vc [m/s]	Vd [m]	Vp [m]	Poru- ka
C1	3	1	sek					276.2	246.0	300.9	20.3	2.7	2
			oz	5760.1	151.4	3210.2	13.4						
		2		5723.0	162.0	3179.5	13.7						
		3		5705.9	157.3	3200.0	13.6						
		4	sek, oz	5689.3	162.9	3200.0	13.9						
		5		5672.1	157.2	3185.8	13.6						
		6	sek, oz	5646.3	181.4	3200.0	14.6						

Slika 4 – Izlazna datoteka za balistički modul
Figure 4 – Output database for the ballistic module

Zahtevi postavljeni pred balistički modul

Radi izvršenja funkcije gađanja BM treba da omogući, pored određivanja elemenata za gađanje, rešenje sledećih zadataka (Gajić, Luković, 2005), (Kokelj, Regodić, 2005):

- provera mogućnosti gađanja;
- korektura i prenos vatre;
- grupno gađanje i
- planska vatra.

Provera mogućnosti gađanja

Provera mogućnosti gađanja jeste postupak kojim se ispituje da li se dati cilj može gađati izabranim punjenjem, da li se nalazi u sektoru dejstva (tehničkom ili dozvoljenom), u opasnoj zoni, prostoru zabranjenom za gađanja, da li se određeni elementi za gađanje mogu ostvariti zbog ograničenja oruđa i municije i da li se na putanji projektila nalazi neka prepreka, tj. greben zaklona.

Korektura i prenos vatre

Korektura je faza gađanja kojom se otklanjaju greške pripreme početnih elemenata i obezbeđuju tačniji elementi za izvršenje grupnog gađanja; njome se srednji pogodak dovodi i održava u centru cilja (tački za korekturu). BM određuje nove elemente gađanja, koji će obezbediti pogodak po cilju, nakon dobijanja vrednosti izmerene padne tačke pogotka ili odstupanja pogotka od cilja.

Popravke korekture čuvaju se zbog mogućeg prenosa vatre na drugi cilj i sadrže sledeće podatke:

- oruđe koje gađa;
- vreme završetka korekture;
- projektil, upaljač, punjenje, grupa uglova;
- daljina, azimut, nadvišavanje (ili mesni ugao) od oruđa do cilja i
- popravke korekture.

Poseban slučaj korekture jeste gađanje radi uređenja snopa. Izvodi se gađanjem sa više oruđa sasređenim snopom rafalnom paljbom sa razmakom dovoljnim za osmatranje – registrovanje svih pogodaka.

Po završenom gađanju nekog cilja, kada se u njegovoj zoni prenosa vatre pojavi novi cilj, moguće je i njega gađati, koristeći pri tom korigovane elemente za prethodno gađani cilj.

Kada BM primi komandu za prenos vatre vrši se analiza podataka o gađanom cilju ili reperu. Upoređuje se projektil, upaljač, grupa uglova, proverava se razlika vremena završetka korekture (koja treba da bude manja od 2 časa), kao i položaj cilja u odnosu na reper. Ako su zadovoljeni svi traženi uslovi, uzimaju se korekturane popravke repera – gađanog cilja. Ako više repera zadovoljava ovaj uslov vrši se interpolacija sa vrednovanjem – „ponderisanjem“.

Balistički modul preuzima brigu o potrebnim proračunima za prenos vatre, podacima za reper i gađane ciljeve, o brisanju zastarelih repera ili gađanih ciljeva.

Grupno gađanje

Ranijim preporukama (SSNO, 1983) rastojanje između oruđa u bateriji po frontu i dubini definisano je u granicama od 1 do 1,5 intervala uspešnog dejstva projektila dotičnog kalibra, a visinska razlika između osnovnog oruđa i ostalih oruđa u bateriji na vatrenom položaju načelno nije odstupala za više od 20 m. Savremeni uslovi borbenih dejstava čine da se od tipskog rasporeda oruđa moralo odstupiti da bi oruđa „preživela“; rastojanja između oruđa su mnogo veća, i do deset puta. Postupci pripreme gađanja, izrada i prenos komande i elemenata gađanja omogućuju izvršavanje zadataka i bolju zaštitu. Samim tim, nametnula se i potreba da se određivanje početnih elemenata gađanja za svako oruđe u bateriji ne računa na osnovu njegovog položaja u odnosu na osnovno oruđe, nego da se oni određuju za svako od oruđa posebno.

Specifičnosti u gađanju baterijom u odnosu na gađanje jednim oruđem:

- komandom „KO GAĐA“ definišu se oruđa koja učestvuju u gađanju: („OSNOVNIM“ – gađa jedno oruđe i to osnovno, „BATERIJOM“ – gađa cela baterija, „VODOM 1.“ – gađa samo vod „1“, „ORUĐE 3, 4.“ – gađaju samo oruđa 3. i 4., itd.);
- komandom „SNOP“ određuje se da li sva oruđa gađaju jednu tačku ili se vrši raspoređivanje po cilju i
- komandom „PALJBA“ određuje se da li sva oruđa ispaljuju u istom trenutku (plotun) ili sa određenim kraćim razmacima (rafal).

Softver u BM rešen je na sledeći način:

- ako postoji komanda za snop, tada se vrši priprema vatre sa izabranim snopom,
- ako ne postoji komanda za snop, tada se vrši automatski izbor snopa.

Pri automatskom izboru snopa BM će izabrati jednu od četiri postojeće opcije (sasređen, normalan, po širini cilja i ešaloniranje) u zavisnosti od:

- broja oruđa koja gađaju;
- dimenzija cilja;

- efikasnosti projektila;
- balističkog rasturanja;
- vrste (zadatka) gađanja i
- vrste cilja koji se gađa.

Baterija u jednom trenutku tretira jedan cilj. Gađanje više ciljeva obezbeđuje se naizmeničnim dodeljivanjem aktivnog cilja celoj bateriji ili njenim delovima. Parametri za gađanje jednog cilja čuvaju se sve do komande „GOTOVO“ za gađanje, kada on postaje reper – gađani cilj.

To znači da se prelaskom na novi cilj još čuvaju podaci o gađanju prethodnog cilja, a prilikom povratka na prethodni cilj uspostavlja se stanje koje je važno pri gađanju tog cilja, odnosno vraćaju se kao aktivni:

- oruđa koja gađaju;
- projektil koji je počeo gađanje;
- punjenje, balistička odstupanja, korektorne popravke.

Ipak, ne preporučuje se istovremeno gađanje dva cilja, osim kada se vrši grupno gađanje, odnosno gađanje za postizanje krajnjeg efekta.

Planska vatra

Planska vatra predstavlja niz gađanja koje treba izvršiti u fazi podrške jedinicama pri napadu ili odbrani. Ovaj niz zadataka predviđa se u fazi pripreme napada ili odbrane i unosi se u plan koji se na komandu prenosi na izvršne delove baterije. Zadaci koje nije moguće izvršiti ne stavljaju se u plan. Izvršilac gađanja može promeniti delove plana, odustati od određenih zadataka i kontrolisati njegovo izvršenje.

Testiranje balističkog modula

Pred svaki balistički modul (koji se sastoji od balističkoga modela, balističkih podataka, softvera balističkog modula i u određenoj meri hardvera na koji će se implementirati) postavljaju se zahtevi koje treba ispuniti:

- potpuna saglasnost elemenata gađanja sa podacima važećih tablica gađanja u tabličnim uslovima i pri postojanju balističkih i meteoroloških odstupanja;
- prihvatanje i uzimanje u obzir standardnih meteoroloških biltena;
- obezbeđenje određivanja elemenata gađanja u celokupnom opsegu korišćenja predmetnog vatrenog sredstva i pripadajuće municije sa propisanom tačnošću i brzinom;
- kontrola izlaznih elemenata gađanja, uzimajući u obzir taktička i tehnička ograničenja;

– određivanje elemenata gađanja za celu bateriju i proizvoljno izabrane njene elemente pri gađanju tačkastog i površinskog cilja, vršeći raspodelu vatre automatski i po izboru izvršioca gađanja;

– određivanje korekture, uređenja snopa i prenosa vatre, uzimajući u obzir rezultate prethodno izvršenih gađanja.

Testiranje balističkog modula vrši se u više faza, uz korišćenje simulacionog modela balističkog računara (BR), simulacionog programa celokupnog artiljerijskog sistema i komandnog računara ugrađenog u ciljni sistem.

Simulacioni model balističkog računara omogućava unos svih predviđenih ulaznih podataka i prikazivanje svih rezultata proračuna pri interaktivnom i paketskom načinu rada. Model je izrađen uz korišćenje istih potprograma kao i u samom BM. Osnovni dijalog simulacionog modela BR prikazan je na slici 5.

Balistički model i balistički podaci testiraju se upoređenjem sa verifikacionim podacima koji su izrađeni sa simulacionim programima ili delovima programa za izradu tablica gađanja.

The screenshot shows a complex software interface for a ballistic simulation. It is organized into several sections with various input fields, dropdown menus, and checkboxes.

- Orudje:** A dropdown menu showing 'STH 155mm M0'. Below it are three input fields: 'OUgl' (3200), 'OPMS' (3200), and 'UgP' (6400).
- Municija:** A dropdown menu showing 'ERFB-BB'. To its right is a dropdown for 'Upaljac' (1) and a field for 'Punjenje' (10).
- Meteo:** A section with a 'metn' dropdown, radio buttons for 'TipMet' (Normal, Prizem, Bilten), and several other fields like 'Zams', 'Dh0', 'Dtau', 'AzW', and 'wW'.
- Vatreni položaj:** Fields for 'V.P.' (8), 'AzOP' (0), 'Xvp' (0), 'Yvp' (0), and 'Zvp' (0).
- Bal.odstupanja:** Fields for 'dm' (0), 'tb' (21), and 'dVo%' (0).
- GU:** Radio buttons for 'DGU' and 'GGU'.
- Osmatrac:** Fields for 'O-' (10), 'Xos' (0), 'Yos' (0), 'Zos' (0), and 'UgP_Os' (0).
- Elementi gadjanja:** Fields for 'Pe' (10), 'GU' (Donja), 'Ugl' (3199), 'Dar' (19), 'PMeS' (3200), and 'Ter' (0).
- Vrsta rada:** Radio buttons for 'Dijalog' and 'TestData'.
- Cilj:** Fields for 'C-' (0), 'Xcil' (3000), 'Ycil' (0), and 'Zcil' (0).
- Coordinate cilja:** Radio buttons for 'Prav', 'Cilind', and 'Polarne'.
- Korektura:** Radio buttons for 'pogodak' and 'popravka', and fields for 'Xpog', 'Ypog', and 'Zpog'.
- Elementi putanje:** Fields for 'Ys' (14), 'Tc' (3.43), 'Vc' (826), 'Oc' (20), 'Vd' (34.8), and 'Vp' (2.1).
- Poruke:** A text area containing 'G-Elementi gadjanja' and 'G-Paznja, rikoset'.
- Buttons:** 'Tacke', 'OK', and 'Cancel' at the bottom right.

Slika 5 – Osnovni dijalog simulacionog modela balističkog računara
Figure 5 – Basic dialogue of the ballistic computer simulation model

Za izvršenje funkcije gađanja i posebnih artiljerijskih zadataka izrađeni su simulacioni programi za:

- proveru određivanja elemenata gađanja za oruđe;
- proveru određivanja elemenata gađanja za bateriju i
- izvršenje svih topo-geodetskih zadataka potrebnih komandnom računaru.

Svi ovi programi, osim procedura primenjenih u balističkom računaru, izvršavaju i zadatke komandnog računara. Za ilustraciju funkcije simulacionih programa prikazan je jedan osnovni dijalog na slici 6.



Slika 6 – Dijalog za testiranje artiljerijskih funkcija
Figure 6 – Dialogue for testing artillery functions

Zaključak

Savremeni uslovi borbenih dejstava nameću povećanje efikasnosti i ekonomičnosti artiljerijske vatre kroz povećanje brzine reagovanja i tačnosti gađanja. Klasičnim priborima za određivanje elemenata gađanja potrebna efikasnost se ne može postići. Približne metode, korišćene u početku razvoja artiljerijskih računara (na primer, interpolacija vrednosti preuzetih iz tablica gađanja), neminovno je vodila netačnosti takvih podataka, kao i velikom broju korektura, što je povećavalo vreme potrebno za

dejstvovanje po cilju. Saglasno svetskim standardima, modul za proračun elemenata gađanja u SUV-u mora biti realizovan po istom modelu putanje i sa istim balističkim podacima za oruđe i municiju, kao i u postupku za izradu tablica gađanja. Tehnološki napredak u realizaciji hardvera obezbeđuje implementaciju ovakvog softvera.

Iz navedenih razloga realizovani balistički modul pokazuje prednosti SUV-a:

- značajno povećanje brzine, tačnosti i efikasnosti artiljerijske vatre,
- smanjenje potrebnog broja lica za realizaciju funkcije računanja,
- viši tehnološki nivo.

Literatura

Gajić, M., Luković, B., 2005, Balistički računar BR-2004 – Rešavanje tipičnih artiljerijskih zadataka, *VTI 02-01-884*.

Kokelj, T., Regodić, D., 2005, Tačnost potupune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 53, No. 2, pp. 140-156.

Matts, J.A., Sowa A.J., 2000, The NATO Armaments Ballistic Kernel, *6th International Cannon Artillery Firepower Symposium & Exhibition, June 21. 2000*.

NATO Military Agency for Standardization (MAS), 2000, *STANAG 4061 MET (Edition 4) - Adoption of a Standard Ballistic Meteorological Message*.

NATO Military Agency for Standardization (MAS), 1969, *STANAG 4082, (Edition 2) - Adoption of a Standard Artillery Computer Meteorological Message*.

NATO Military Agency for Standardization (MAS). 1997, *STANAG 4355 Land, (Edition 2) - The Modified Point Mass Trajectory Model*.

SSNO, UA-22-I, 1983, *Uputstvo za rad na vatrenom položaju artiljerijskih jedinica, VŠ Split*.

U.S. Army Materiel Command, 2009, *AMC Regulation 25-76, Information Management: The Army Materiel Command (AMC) Equipment Publications Program*, [Internet], Dostupno na: <http://www.slideshare.net/BPfanpage/the-army-materiel-command-amc-equipment-publications-program>. Preuzeto: 17. 01. 2011. godine.

A BALLISTICS MODULE AS A PART OF THE FIRE CONTROL SYSTEM

FIELD: Mathematics, Mechanical Engineering
ARTICLE TYPE: Professional Practice

Summary:

This article presents a ballistics module as a part of the fire control system of weapons for fire support (mortars, artillery weapons and rocket launchers). The software is "open" with the prominence of auto-

onomy work. It can be modulated and adapted on the user demand. Moreover, it is independent of the hardware base.

Introduction:

The fire control system is based on a ballistic module (BM) which determines the firing data for each weapon tool in the battery. Ballistic calculations, for the given position of the target in relation to the position of tools in the given weather conditions, determine firing data (elevation, direction, timing and locating devices) so that the missile seems to cause the desired effect. This paper gives the basic information about the features the BM performs and the manner of their implementation in the fire control system without going into algorithmic solution procedures.

Ballistic problem in the fire control system:

Ballistic calculation is based on a trajectory calculation of all kinds of projectiles (current, time-fuze, illuminating, smoke, with conventional propulsion, rocket, with built-in gas generator, etc.). Instead of previous solutions, where a trajectory calculation of the fire control system was done by approximate methods, in this BM the trajectory calculation is made by the same model with the same data as for a weapon and ammunition in the process of creating a firing table. The data used in the fire control system are made simultaneously with the preparation of firing tables for a particular tool and associated ammunition,. A modified model of particle, standardized at the NATO level, is also used.

Taking into account the meteorological situation, before the trajectory calculation is done, a relative position of the target in relation to the position of the tool should be determined. A selection or loading check is carried out (possibility of reaching a given target) as well as the point at which the fuse is activated. The initial elevation of the tools that is used for calculating the trajectory to the end point should also be determined. The calculation is repeated until the final point of the trajectory coincides with a specific point by a projectile.

During the preparation phase of fire, after all input parameters have been defined, the calculation is activated by the appropriate command. As an output from the BM, the initial firing data for the battery are determined:

- Type of projectile, type of fuse, angle, distance table, locating devices and timing device (or the flight time);*
- Information and data: ordinate trajectory, angle of fall, terminal velocity, probable error of range and probable error of deflection.*

The demands placed on the ballistic module:

In order to perform the functions of fire, the BM should provide, in addition to determining the elements for target practice, the solution to the following tasks:

- Check the possibility to fire;*
- Correction and transfer of fire;*

- Group shooting, and
- Planned fire.

Ballistic testing of module:

All ballistic modules (ballistic model, ballistic data, ballistic module software and the hardware that they will be implemented on) should meet the established requirements.

The ballistic testing of the module is done in several stages, using a ballistic computer (BC) simulation model, the entire artillery system simulation program and the computer embedded in the target system.

The ballistic computer simulation model allows input of all projected input data and displaying all the results of calculations in a batch and interactive mode.

The ballistic model and ballistic data are tested by comparing them with the verification data obtained from simulation programs or parts of programs used for creating firing tables.

Conclusion:

Modern combat conditions impose increasing the efficiency and effectiveness of artillery fire by increasing the speed of response and shooting accuracy. The approximate methods used in the first stage of artillery computers inevitably caused inaccuracy of such data as well as a number of corrections, which increased the time required for firing at goal. In accordance with international standards, a module for calculating firing elements in the fire control system must be implemented by the same trajectory model and with the same ballistic data for the weapon and ammunition as well as in the procedure for the preparation of firing tables. Technological advances in hardware implementation ensure the implementation of such software.

From the above mentioned reasons, the realized ballistic BM module shows the following benefits of the fire control system: significant increase of the speed, accuracy and efficiency of artillery fire, reduction of the number of persons required to perform its functions and a higher technological level.

Key words: artillery firing, fire support, fire control system, ballistic module, external ballistics, computer software.

Datum prijema članka/Paper received on: 05. 12. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 07. 01. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 10. 01. 2013.

UPOTREBA ETOM OKVIRA ZA DEFINISANJE PROCESA U MREŽI ZA NADZOR I UPRAVLJANJE TELEKOMUNIKACIONIH SISTEMA VOJSKE SRBIJE

Vladimir B. Suša, Jovan B. Bajčetić,
Univerzitet odbrane, Vojna akademija,
Katedra telekomunikacija i informatike,
Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-2886

OBLAST: menadžment u telekomunikacijama
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

U ovom radu objašnjena je potreba za upravljačkim sistemima u telekomunikacijama. Neophodno je da TMN (Telecommunication Management Network) administratorska mreža bude kvalitetno projektovana i permanentno unapređivana. ETOM (Enhanced Telecommunication Operation Map) okvir, koji je definisan preporukom ITU-T M.3050, iskorišćen je za definisanje različitih procesa koji se odigravaju u mreži za nadzor i upravljanje vojnih telekomunikacionih sistema. Njihovim definisanjem stvoren je bitan preduslov za uvođenje upravljačke aplikacije koja bi upravljala svim procesima u njihovoj strukturi s kraja na kraj (end to end). Izvršena je podjela telekomunikacionih mreža po njihovoj funkciji i za svaku pojedinačnu mrežu objašnjen je skup procesa koji su bitni sa tačke gledišta nadzora i upravljanja. Time je stvoren preduslov za formiranje zahtjeva za konfiguriranje upravljačke aplikacije koja bi automatizovala upravljačke funkcije i servise.

Ključne reči: ETOM, umbrela aplikacije, telekomunikaciona mreža za upravljanje, procesiranje, telekomunikacione mreže.

Uvod

TMN (Telecommunication Management Network) jeste oblast telekomunikacija kojoj se u poslednjoj deceniji poklanja velika pažnja. To je uzrokovano, prije svega, zahtjevima mreža za nadzorom i upravljanjem. Upravljanje uređajima ne vrši se samo lokalno, već se realizuje formiranjem posebnih računarskih mreža koje imaju centralizovan karakter. Projektovanje TMN-a postaje zahtjevniji proces usljed heteroge-

nosti velikog broja različite opreme i šarolikosti aplikacija koje se koriste za upravljanje mrežom.

ETOM okvir je procesni model koji se koristi u oblasti telekomunikacija za definisanje cjelokupnih procesa koji se odigravaju. On može da se definiše za bilo koju telekomunikacionu mrežu i kao takav da se koristi za definisanje procesa koji se odigravaju u okviru TMN-a različite namjene.

TMN uopšteno, a time i mreža za nadzor i upravljanje telekomunikacionih sistema u Vojsci, mora da bude što više optimizovana i upravljana nadređenom *umbrella* aplikacijom. Primjer jedne takve aplikacije je TIS (telekomunikacioni informacioni sistem) koji se koristi u Telekomu Srbije i koji upravlja svim procesima (Cvetković, 2005). Njime se smanjuje mogućnost ljudske greške i veliki dio procesa se automatizuje (izdavanje radnih naloga, formiranje izvještaja, ažuriranje baza podataka itd.). Da bi se jedna takva aplikacija uvela, sistem mora da ima definisane, objašnjene i kategorizovane procese koji se odigravaju u njemu.

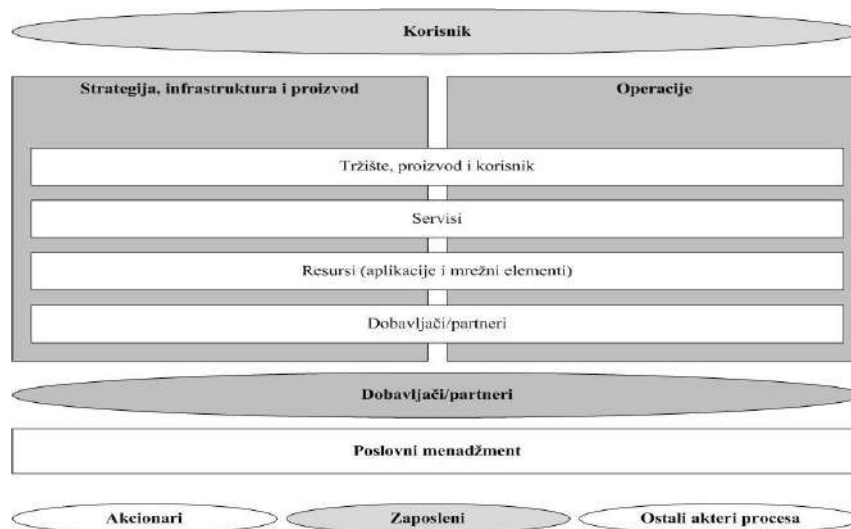
ETOM okvir i njegova primjena u mrežama za nadzor i upravljanje

ETOM (*Enhanced Telecommunication Operation Map*) jeste okvir različitih procesa u oblasti telekomunikacija koji kategoriše sve aktivnosti koje su uključene u nju. Njega ne možemo da shvatimo kao model po kojem se određeni procesi odvijaju, nego više kao okvir u kojem se procesi definišu i kategorizuju. Kategorizacija se može obavljati na način koji odgovara vlasnicima telekomunikacionih mreža (u ovom slučaju Vojske Srbije i Ministarstva odbrane).

ETOM definiše različite pojmove koji opisuju telekomunikacioni sistem (sisteme), kao što su procesi, potprocesi i aktivnosti u okviru njih.

Mnogi imaoci telekomunikacionih sistema imali su, ili je trebalo da imaju, razrađen okvir za definisanje sopstvenih procesa radi lakše implementacije različite opreme i softvera, kao i interfejsa ka ostalim davaocima usluga (provajderima) i telekomunikacionim sistemima sa kojima su povezani.

Na osnovu ovih potreba nastao je ETOM okvir koji je prikazan na slici 1.



Slika 1 – Izgled ETOM okvira – konceptualni pregled (nivo 0)
Figure 1 – eTOM business process framework (Level 0)

Opis ETOM okvira

ETOM okvir najlakše možemo da opišemo preko njegovog konceptualnog pregleda (nivo 1). Izgled ovog pregleda prikazan je na slici 2.

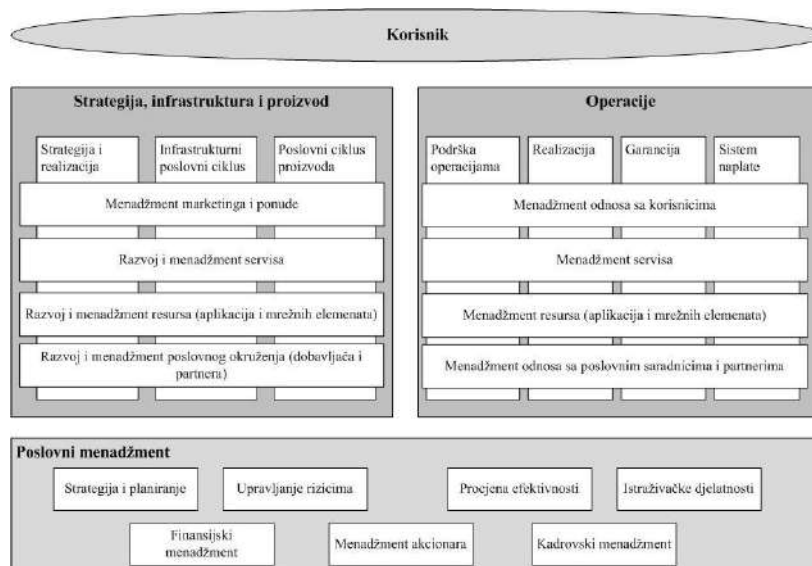
ETOM razlikuje tri procesne oblasti (ITU-T M.3050). To su:

1) Procesi operacija obuhvataju oblast upravljanja mrežnim resursima, ponuđenim servisima, povezivanja sa ostalim telekomunikacionim provajderima i korisnicima koji imaju potrebu za različitim servisima.

2) Procesi planiranja i razvoja obuhvataju različite aktivnosti koje su usmjerene na unapređenje servisa, mrežnih elemenata i odnosa koje sistem ima sa korisnicima i provajderima sa kojima se nalaze u vezi.

3) Proizvodni menadžment obuhvata različite procese koji se koriste da bi se upravljalo bilo kojim telekomunikacionim sistemom (ljudski resursi, finansije itd.).

ETOM podržava dvije različite perspektive grupisanja procesa: horizontalnu i vertikalnu, radi dobijanja potpunog uvida u sve procese mreže za nadzor i upravljanje. Horizontalno grupisanje odnosi se na funkcionalne procese u okviru upravljačkog sistema. Vertikalno grupisanje predstavlja cjelokupne procese u okviru TMN-a. Preklapanjem horizontalnih i vertikalnih procesa dobija se vezana matrična struktura ETOM okvira. Ova struktura nudi standardan jezik specifikacije procesnih elemenata, kako za ljude koji omogućuju realizaciju procesa upravljanja telekomunikacionih sistema, tako i za lica koja ih definišu.



Slika 2 – Izgled ETOM okvira – konceptualni pregled (nivo 1)
Figure 2 – eTOM business process framework (Level 1)

Primjena ETOM okvira u opisu i razvoju TMN-a

ETOM okvir može da se koristi radi potpunog opisa procesa unutar mreže za nadzor i upravljanje. Iz ovog okvira uzimaju se samo oni procesi (horizontalni i vertikalni) koji su potrebni da bi se opisao TMN koji se nalazi u upotrebi u Vojski Srbije. Koriste se određeni procesi koji omogućavaju opis mreže i upravljanje njenim dinamičnim razvojem koji prati trendove unapređenja telekomunikacione opreme i samog TMN-a.

S obzirom na to da se radi o mreži za upravljanje različitim komutacionim, pristupnim, transportnim, radio, mrežnim i korisničkim sistemima, predloženo je da se koriste procesi iz oblasti operacija, planiranja i razvoja TMN upravljivih sistema.

Operacioni procesi TMN-a

Horizontalni procesi koje koristimo u ovoj oblasti jesu upravljanje interakcijom korisnika i mreže, upravljanje servisima i upravljanje resursima (telekomunikacionim elementima). Ovi procesi daju opis funkcionalnih sposobnosti TMN-a. Te sposobnosti ogledaju se kroz mogućnost upravljanja TMN-a sa ciljnim entitetima (korisnici, servisi, elementi mreža – uređaji).

Vertikalni procesi su *end to end* procesi koji definišu realizaciju aktivnosti u svim segmentima mreže (korisnik, servis, mrežni resursi). Njihovim

sagledavanjem dobijamo opis procesa u *end to end* formi, a ne samo u jednom segmentu (npr. pružanje servisa, naplata servisa itd.).

Njih horizontalno možemo da podijelimo po sljedećem:

- upravljanje interakcijom korisnika i mreže,
- upravljanje servisima i
- upravljanje resursima.

Upravljanje interakcijom korisnika i mreže

Upravljanje interakcijom korisnika i mreže mora biti razvijeno u smislu lakšeg i fleksibilnijeg korišćenja servisa. Zahtijevanje novih servisa, promjenu konfiguracije postojećih, otkazivanje servisa, pristup korisničkim bazama i slično jesu procesi koji moraju imati određen nivo automatizacije, kako bi se povećao stepen komoditeta korisnika u eksploataciji telekomunikacionih mreža. To može biti realizovano preko određene aplikacije kojoj korisnici imaju pravo pristupa. Na taj način bi se povećala interakcija korisnika sa telekomunikacionim sistemom i oni bi bili u mogućnosti da zahtjev za određenom aktivnošću isporuče direktno administratorima sistema ili samom sistemu.

Upravljanje servisima

Upravljanje servisima je dio horizontalnih funkcija ETOM okvira koji omogućava konfigurisanje parametara sistema na nivou korisničkih servisa. Obuhvata procese kao što su konfigurisanje servisa, promjenu parametara postojećih servisa, sagledavanje utroška servisa, praćenje pouzdanosti itd. Procesu upravljanja servisima fokusiraju se na omogućavanje servisa i njihovo pružanje korisnicima.

Upravljanje servisima dijeli se na sljedeće procese:

- procesi podrške i dostupnosti servisa,
- procesi konfiguracije i aktivacije,
- procesi rješavanja problema i grešaka u radu,
- procesi nadzora performansi i
- procesi upravljanja naplatom servisa ako se oni koriste u okviru telekomunikacionih sistema.

Upravljanje resursima

Ovo horizontalno grupisanje servisa podrazumijeva tehnička znanja o resursima (elementima telekomunikacionih mreža) koji se koriste kako bi se određeni servis dostavio korisnicima. Oni obuhvataju sljedeće elemente: aplikacije, mrežnu infrastrukturu (servere, rutere, svičeve, radne stanice i sl.), komutacione elemente, radio-elemente, transportne i pri-

stupne elemente i korisničke terminale. Suština ovih procesa jeste da omoguće da telekomunikaciona mreža funkcioniše bez problema i da je dostupna različitim servisima, korisnicima i administratorima sistema.

Osnovna funkcija upravljanja resursima jeste da omogući prikupljanje informacija o mreži i elementima mreže, da ih integriše i u određenim slučajevima proslijedi entitetu upravljanja servisa, kao i da omogući postupke kako bi se omogućio neometan rad.

Upravljanje resursima dijelimo na sljedeće oblasti:

- procese podrške aplikacija koje upravljaju elementima mreže i samom mrežom,
- procesi konfiguracije resursa (mreže i mrežnih elemenata),
- procese praćenja grešaka i alarmnih stanja u mrežnim elementima,
- procese praćenja performansi mrežnih elemenata i
- procese prikupljanja podataka o različitim događajima u elementima mreže.

Planiranje i razvoj TMN-a

Da bi se što bolje opisali procesi u okviru TMN-a koji razmatraju njegovu planiraju i razvoj, pažnju treba usmjeriti na SIP (*Strategy, Infrastructure, Product*) dio ETOM okvira. U razmatranom slučaju, to se odnosi na razvoj i implementaciju novih servisa u okviru TMN-a. Bitno je napomenuti da oni, za razliku od operacionih procesa TMN-a, nisu *real-time* procesi, već su namijenjeni kao podrška TMN-u, odnosno njegovom unapređenju (ITU-T M.3100, M.3200, M.3400).

Horizontalno gledano, možemo da ih podijelimo na sljedeće procesne oblasti:

- razvoj procesa upravljanja servisima i
- razvoj procesa upravljanja resursima.

Razvoj procesa upravljanja servisima

Ovi procesi fokusiraju se na razvoj i planiranje novih upravljačkih servisa TMN-a i uključuju sljedeće oblasti:

- strategiju analize novih servisa i njihovog razvoja i
- unapređenje postojećih servisa.

Razvoj procesa upravljanja resursima

Ovo funkcionalno grupisanje procesa odnosi se na planiranje i razvoj mrežnih i aplikativnih elemenata TMN-a koji su potrebni da bi servisi i funkcije TMN-a bili dostupni administratorima sistema.

Menadžment i razvoj resursa ima višestruki uticaj na optimizaciju iskorišćenosti samih resursa. Postojeće okruženje u kojem TMN servisi figurišu mora permanentno biti unapređivano, kako bi se ispoštovale sve veće i veće potrebe korisnika mreže, a time i mrežnih administratora.

Kod mreža za upravljanje, razvoj resursa možemo usmjeravati u dva pravca. To su razvoj hardvera, odnosno opreme koja je implementirana u TMN sistem i razvoj softvera, aplikacija kojima se upravlja u sistemu. Veći sistemi koji postaju opterećeni raznolikošću opreme različitih proizvođača imaju sve izraženiju potrebu za uvođenjem *umbrella* aplikacije koja bi objedinila sve procesne funkcije upravljanja mrežom. Da bi se i same pojedinačne aplikacije što bolje adaptirale na ovakvo okruženje, one moraju biti definisane prema principima TMN-a i preporukama ITU-T koje opisuju njene funkcije (ITU-T M.3100, M.3200, M.3400).

Ovo horizontalno grupisanje možemo podijeliti na sljedeće procesne oblasti:

- planiranje razvoja mrežnih resursa,
- planiranje dostupnosti resursa i
- razvoj samih resursa, tj. mrežnih elemenata TMN-a koji predstavljaju podlogu za upravljanje heterogenim telekomunikacionim sistemima koji se koriste u Vojsci Srbije.

Upravljive telekomunikacione mreže Vojske Srbije

TMN predstavlja posebnu računarsku mrežu koja na različite načine može da bude implementirana u telekomunikacioni sistem. Upravljivi telekomunikacioni sistemi koji se koriste u Vojsci Srbije mogu da se podijele na osnovu njihove namjene po sljedećem:

- **komutacioni podsistemi** (mreža stacionarnih PBX Aastra tipa MX One TSW i mreža mobilnih i stacionarnih Thales MTIS – *Military Tactical Internet Switch* stanica – ATS-8, ATS-20, MAS-20),
- **transportni i pristupni podsistemi** (stacionarni SDH optički multiplekseri IRITEL – OTS-622, ODS-155, FM2x2, FM8x2, stacionarni radio-relejni sistem NERA Evolution i mobilni radio-relejni uređaji Tadiran GRC-408E/8 i GRC-408E/34),
- **radio-podsistem** (radio uređaji VF i VVF opsega Thales TRC-3700, TRC-9210 i TRC-9105),
- **podsistemi infrastrukture** (jedinice za neprekidno napajanje – 48V IRITEL SN12) i
- **podsistem TMN-a** sa svojim funkcionalnim elementima (ruteri, svičevi, server za *umbrella* aplikaciju nadzora i upravljanja).

Ovi sistemi predstavljaju nezavisne upravljive elemente koji se nadziru i upravljaju različitim za njih programiranim aplikacijama. Te aplikacije mogu da budu univerzalne ili karakteristične samo za pojedinačne mrežne elemente. U Vojski Srbije postoji potreba za centralizovanim upravljanjem kojim bi se izvršila optimizacija upravljačkih funkcija TMN-a i administratora heterogenih mreža koji su u njoj zastupljeni. Da bi se to realizovalo, moraju se definisati funkcije i servisi TMN-a koji se koriste u upravljanju. Ovaj proces počinje definisanjem funkcija i servisa TMN-a za svaki konkretan sistem (mrežu). Funkcije i servisi su, uopšteno gledano, obrađeni preporukama ITU-T M.3200 (*TMN management services and telecommunications managed areas*) i M.3400 (*TMN management functions*) (ITU-T M.3100, M.3200, M.3400). Podijeljeni su na pet funkcionalnih oblasti TMN-a (Gospić, et al, 2004):

- upravljanje performansama,
- upravljanje greškama (alarmnim stanjima),
- upravljanje konfiguracijom,
- upravljanje naplatom i
- upravljanje bezbjednošću.

Podsistem komutacija

Podsistem komutacija koji je u upotrebi u Vojski Srbije dijeli se na osnovu njegove mobilnosti na dvije cjeline:

- stacionarnu komponentu (MX One TSW Aastra i Thales MAS-20) i
- mobilnu komponentu (Thales ATS-8 i ATS-20).

Zastupljena su dva tipa komutacionih sistema. Prvi je MX One TSW kanadske kompanije „Aastra“ i MTIS ATM komutatori francuskog proizvođača „Thales“. Na osnovu ovoga definišu se funkcije TMN-a za svaki sistem pojedinačno, kao i njihovi interfejsni elementi.

PBX MX One TSW Aastra

MX One TSW sistem bio je vlasništvo švedske kompanije „Ericsson“ koja ga je ustupila kanadskoj „Aastri“. On je nasljednik MD-110 sistema koji imaju široku upotrebu u oblasti kućnih PBX sistema, a u Vojski Srbije zastupljeni su u preko 95% komutacionog stacionarnog podsistema. Interfejsi za TMN koje MX One TSW posjeduje su NIU2 ploča (*Network Interface Unit*) koja ima tri serijska porta za lokalnu ili modemsku konekciju i jedan LAN (*Ethernet*) port za mrežnu konekciju.

Aplikacija koja se koristi za upravljanje ovim sistemom je SAMTO-OLbox paket koji, pored ostalog, ima implementiranu WinFIOL *command-line* aplikaciju. Ona može da funkcioniše lokalno i udaljeno (što je bitniji aspekt za buduće razmatranje).

MTIS ATM komutator Thales

MTIS je komutacioni ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) komutator koji je proizvod francuske kompanije „Thales“. Objedinjuje tri komponente koje se enkapsuliraju u ATM ćelije. To su ATM saobraćaj, IP saobraćaj i N-ISDN saobraćaj. Upravljanje ovim uređajem vrši se pomoću dva tipa aplikacija. Prvi tip je NMT (*Network Management Terminal*) aplikacija koja je lokalnog karaktera i namijenjena je za neposredno upravljanje MTIS stanicom. Drugi tip se odnosi na NMC (*Network Management Center*) koja je mrežnog karaktera i namijenjena je za upravljanje mrežom MTIS stanica kojih može da bude do 220 čvorova. I jedna i druga aplikacija upravljaju preko mrežnih priključaka MTIS stanica.

Transportni i pristupni podsistem

Podjela u okviru ovog podsistema vrši se na isti način kao i komutacionog podsistema – na stacionarnu i mobilnu komponentu. Još jedna podjela koja je, sa tačke gledišta transportnih i pristupnih sistema bitna jeste podjela na optičke SDH sisteme i radio-relejne SDH sisteme.

Optički SDH sistemi

Optički SDH sistemi su po svojoj prirodi stacionarni i u Vojski Srbije su prilično homogeni. Koriste se IRTTEL-ovi optički multiplekseri OTS-622, ODS-155, FM2x2 i FM8x2. Prva dva se koriste u transportnoj ravni, u okviru SDH optičke mreže brzine 622 Mb/s, a druga dva u pristupnoj ravni sa raznolikim interfejsnim elementima koji omogućuju priključenje različitih tipova interfejsa.

Svi navedeni uređaji nadziru se lokalno preko serijske konekcije ili mrežno, u okviru SDH rama, preko tačaka konekcije. Aplikacija koja se koristi je Sunce i ona je namijenjena kako za lokalni (Sunce-L), tako i za mrežni pristup uređajima (Sunce-M).

Radio-relejni sistemi

Radio-relejni sistemi dijele se na dva podsistema različitih proizvođača.

U mobilnoj komponenti koriste se izraelski GRC-408E podsistemi kompanije „Tadiran“ u dvije izvedbe: GRC-408E/8 u E1 i E2 G.703 ravni i GRC-408E/34 u E3 G.703 ravni. Oba uređaja trenutno imaju samo lokalno upravljanje, direktno preko tastature uređaja, ali postoji mogućnost implementacije mrežnog upravljanja preko SYSCON kanala.

U stacionarnoj komponenti koriste se NERA Evolution SDH radio-relejni podsistem brzine 155 Mb/s (STM-1). Ovaj podsistem se po prirodi SDH signala može mrežno upravljati preko upravljačkih *inbound* poruka koje se razmjenjuju među uređajima u mreži.

Radio-podsistem

Radio-podsistem može funkcionisati samostalno, sa nezavisnim sistemom nadzora i upravljanja ili kao deo podsistema komutacija. U slučaju da je deo integrisanog sistema, neophodno je, radi njegove adekvatne administracije, TMN aplikaciju bazirati na SNMP (*Simple Network Management Protocol*) protokolu.

U zavisnosti od toga kojoj vrsti mreže pripadaju, kao i u kojem se komunikacionom režimu nalaze, pristup uređajima ovakvog podsistema moguć je sinhronim, asinhronim ili *ethernet* interfejsima, dok bi se komunikacija radio-putem obavljala zaštićeno.

Aplikacije koje se trenutno koriste za lokalno upravljanje radio-entitetima su MACS i TMS-IP.

Podsistem infrastrukture

Podsistem infrastrukture može da ima različite tipove opreme koje objedinjuje. To mogu biti sistemi za neprekidno napajanje, sistemi za tehničko obezbeđenje objekata, klimo-ventilacioni sistemi, sistemi za snimanje itd. Od upravljivih sistema infrastrukture u Vojsci Srbije, koji su bitni za razmatranje sa stanovišta TMN-a, treba izdvojiti sistem za neprekidno napajanje proizvođača IRTTEL SN-12.

Ovaj sistem daje neprekidno napajanje različitoj stacionarnoj opremi koja je na njega priključena, a čiji je nominalni napon potreban za rad 48V. On je potpuno upravljiv, kako po pitanju nadzora (monitoring vrijednosti napona, potrošnje itd.), tako i upravljanja (mogu mu se sa udaljene lokacije podešavati aktivne jedinice, naponi, režimi rada itd.). Aplikacija koja se koristi u tu svrhu jeste ista kao i za nadzor IRTTEL multipleksa Sunc-M. To smanjuje broj aktivnih aplikacija u okviru TMN-a i samim tim smanjuje se broj upravljačkih servisa i funkcija.

Podsistem TMN-a

TMN je po svojoj prirodi računarska mreža koja obuhvata standardne uređaje, kao i komercijalna računarska mreža. To su radne stanice administratora, ruteri, svičevi, konvertori interfejsa, serveri itd. Svi oni

predstavljaju pojedinačne upravljive elemente. S obzirom na to da se ovdje radi o upravljanju LAN ili WAN mreže koja se koristi za potrebe administracije telekomunikacionih mreža koje su u upotrebi, upravljanje se vrši običnom *command line* aplikacijom kao što je HyperTerminal.

Definisanje *end-to-end* procesa u TMN mreži

Sagledavajući servise i funkcije TMN-a (Csányi, 2006) možemo navesti više činioca koji utiču na njegov operativni rad. To su:

- raznovrsnost opreme koja je instalirana u telekomunikacione sisteme,
- raznovrsnost aplikacija koje se koriste za potrebe TMN-a,
- količina zahtjeva za promjenu konfiguracije (novi korisnici, nove konekcije, novi servisi itd.) i
- količina grešaka gdje je neophodna reakcija administratora (broj indukovanih alarma odgovarajuće težine u sistemu).

Vojne telekomunikacione mreže čine heterogenu cjelinu koje uslođavaju rad administratora sistema. Svaki podsistem različitih proizvođača mora da ima pristupne tačke interkonekcije TMN-a i mrežne opreme, kao i posebnu grupu administratora koji vrši upravljanje. Podjela TMN funkcija sa ovog aspekta mora da bude uslovljena tipom opreme koja se nadzire.

Aplikacije koje su zastupljene u TMN-u usko su povezane sa prvim činiocem. Više različitih mrežnih elemenata iziskuje više aplikacija koje će biti implementirane u sistem kako bi se mrežni elementi, servisi i same mreže nadzirali. Aplikacije koje se koriste već su navedene za svaki pojedinačni podsistem.

Vojne telekomunikacione mreže po svojoj prirodi imaju veliku količinu zahtjeva za promjenom konfiguracije sistema. To se, prije svega, odnosi na njihovu mobilnu komponentu. Svaka promjena lokacije zahtijeva posebno prijavljivanje čvorova, korisnika, uspostavljanje radio-relejnih linkova itd. Promjena konfiguracije može da se vrši i radi izlazaka iz različitih alarmnih stanja, što umnogome zavisi od stabilnosti svakog pojedinačnog podsistema. Fluktuacija korisnika u Vojsi Srbije je velika, tako da i to utiče na veliki broj promjena konfiguracije krajnjih korisnika (Mraović, et al, 2008).

Procesi u okviru komutacionih podsistema

Komutacioni podsistemi, kao što je već navedeno, čine mreža MX One TSW i MTIS stanica mobilne i stacionarne komponente, koje su instalirane na svim lokacijama mrežne topologije. Realizacija zadataka u ovom podsistemu zavisi od servisa koji se koriste, tipova instaliranih priključaka i sistemskih zahtjeva kao što su izvršenje sistemskih periodičnih zapisa, administracija fajlova, mjerenje saobraćaja na karakterističnim linijama itd.

Procese koji se u ovom podsistemu izdvajaju možemo da podijelimo na sljedeće grupe:

- zahtjevi pojedinačnih korisnika,
- upravljanje linijama (trankovima), destinacijama, matricom prespajanja i planom numeracije i
- sistemski zahtjevi.

Kod zahtjeva pojedinačnih korisnika mogu se razlikovati sljedeći procesi:

- instalacija novih korisničkih priključaka,
- zahtjev za promjenom servisa i parametara postojećih – priključaka,
- konfiguracija funkcionalnih tipki na korisničkim aparatima,
- iniciranje direktnih veza u istoj ili u različitim sistemima,
- isključenje korisničkih priključaka (trajno ili privremeno) i
- otklanjanje smetnje po prijavi korisnika.

Upravljanje prenosnicima, destinacijama i planom numeracije obuhvata procese:

- instaliranje novih trankova,
- promjenu parametara postojećih,
- ukidanje trankova,
- usmjeravanje postojećih destinacija,
- promjenu dolaznih i odlaznih karakteristika za destinacije,
- promjenu u postojećoj matrici prespajanja,
- definisanje nove numeracije određene planom (serija, dužina cifara, dozvoljene kategorije),
- promjenu parametara postojeće numeracije i
- ukidanje numeracije.

Procesi u okviru sistemskih zahtjeva mogu se definisati kao:

- realizacija sačuvanih sistemskih konfiguracija (*backup*),
- upravljanje konfiguracionim fajlovima,
- mjerenje saobraćaja na karakterističnim trankovima,
- formiranje grupa terminala sa zajedničkim pozivom,
- formiranje *hunting* grupa,
- formiranje *call-pickup* grupa,
- iniciranje skraćenog biranja,
- formiranje autorizacionih kodova za postojeće ili za mobilne ekstenzije i
- formiranje *voice-mail* naloga u okviru centrale.

Procesi u okviru transportnih i pristupnih podsistema

Uređaji za prenos i uređaji za pristup nalaze se na svim lokacijama koje su zadate topologijom telekomunikacionog sistema. Kod uređaja ovog tipa nije važno samo to da je ostvarena veza od mrežnog elementa do neposrednog korisnika, nego i koji servis se u okviru te konekcije ostvaruje. SDH sistem prenosa omogućava širok spektar interfejsa i protokola, kao što su

G.703, ethernet konekcije, X.21 ili V.35 konekcije itd. U zavisnosti od servisa koji se koristi, različito se definišu procesi u okviru ovog podsistema.

U tom smislu definišu se tipovi zadataka, odnosno procesa koji se odvijaju u njemu, a koji se mogu podijeliti u sljedeće grupe:

- definisanje pristupnih tačaka u sistemu,
- upravljanje putanjama i
- sistemski zahtjevi.

Tačke pristupa sistemu nalaze se u prenosnim uređajima, kao što su ODS-155 i u uređajima za pristup, kao što su FM2x2 i FM8x2. One mogu biti na nivou pojedinačnih kanala, kao i na nivou većih protoka koji su definisani N x 2 Mb/s linkovima. Procese u okviru tačaka za pristup dijelimo u odnosu na vrstu konekcije i servisa koji se pruža korisniku.

To mogu biti:

- izrada pojedinačnih kanala na pristupnim interfejsima različite namjene, kao npr. slanje broja sa PBX, prijem broja, direktne veze itd.,
- formiranje pritoka (različitih protoka) na pristupnim interfejsima i
- administracija radne dokumentacije.

Upravljanje putanjama odnosi se na formiranje kroskonekcija u okviru korisnog dijela STM-N signala. Dodijeljeni protok pakuje se u virtualne kontejnere i pomoću *add-drop* multipleksera enkapsulira u signal. Takođe, tu se definiše i o kojem tipu veze se radi u smislu protokola, zaštite (alternativni linkovi) i tačaka pristupa u topologiji mreže.

Sistemski zahtjevi odnose se na sljedeće procese:

- izradu sistemskih kopija,
- mjerenje saobraćaja i
- administraciju dokumentacije.

Procesi u okviru radio-podsistema

Razuđenost radio-mreža na određenoj teritoriji otežava mogućnost brzog pristupa i intervencije na pojedinačnim uređajima putem TMN sistema. Radio-linkovi namenjeni za prenos podataka u radio-mrežama VF i VVF opsega su višestruko zaštićeni, ali su malog protoka (do 96 kb/s) i često nesimetrični. Nadzor i upravljanje svakim uređajem koji je trenutno aktivan u mreži, po pravilu bi trebalo da se vrši samo po zahtjevu, tj. kad postoji potreba za tim, radi uštede uskog propusnog opsega, prevashodno namjenjenog za prenos korisničkih informacija.

Tipovi zadataka i procesa koji se odvijaju u radio-podsystemu mogu se podijeliti u sljedeće grupe:

- definisanje pristupnih tačaka u sistemu,
- određivanje krajnjih radio-mreža i uređaja i
- sistemski zahtjevi.

Pristupne tačke radio-podsistema nalaze se na rubu komutacionog podsistema. Komutacioni podsistem pruža mogućnost da se putem asinhronih, sinhronih i *ethernet* interfejsa radio-pristupne tačke povežu na komutacionu mrežu.

Broj, struktura i zahtjevani komunikacioni režim svake radio-mreže u sistemu zavisi od njene namjene. Usljed dinamičnosti radio-mreža – prostorne disperzije (promene topologije) i fluktuacije strukture (promjene broja uređaja u mreži), plan udaljenog nadzora ovog podsistema mora biti redovno ažuriran.

Sistemske zahtjevi uključuju sljedeće procese:

- izradu sistemskih bekapa,
- mjerenje saobraćaja,
- upravljanje parametrima radio-uređaja, kao što su kanal, snaga, brzina prenosa itd. i
- administracija dokumentacije.

Procesi u okviru infrastrukturnih podsistema

Procesi koji bi mogli da se izvrše u okviru ovog podsistema su izvršenje periodičnih pregleda na jedinicama za napajanje radi kontrole rada ispravljača i stanja baterijskog napajanja i monitoring alarmnih stanja, kao i reakcija administratora na njihovu pojavu.

Zaključak

Cilj ovog rada je da se Vojne telekomunikacione mreže podijele po tipu opreme i funkciji podsistema, kao i da se izradi opšti okvir specifikacije i definisanja procesa koji se odigravaju u okviru mreže za nadzor i upravljanje. Definisanjem procesa stvorio se bitan preduslov da se postojeci TMN koji je u upotrebi unaprijedi i da se izradi baza za uvođenje upravljačke aplikacije, kao što je TIS aplikacija (telekomunikacioni informacioni sistem) u Telekomu Srbije (Cvetković, 2005). Uvođenjem jedne takve aplikacije optimizirala bi se administratorska podrška vojnih telekomunikacionih sistema, povećala bi se interakcija korisnika sa mrežama i omogućilo upravljanje procesima u njihovoj *end to end* strukturi.

Na taj način postigla bi se veća automatizacija radnih i operativnih zadataka koji se realizuju u različitim funkcionalnim oblastima upravljanja telekomunikacionim mrežama. Dostupnost servisa nije više jedini aspekt zadovoljenja za korisnike, već to sve više postaje i njihova interakcija sa mrežom (Landry, 2004). Permanentna pouzdanost dodeljenih servisa i

moгуćnost brzog prevazilaženja razliĉitih alarmih stanja, koji su ĉesti u vojnim (pogotovo mobilnim) mrežama, postaje imperativ. Ostvariti servis u momentu kada je neophodno postaje cilj upravljanja u telekomunikacijama što zahtijeva konstantno unapređenje postojećih upravljaĉkih mehanizama (Jevtović, Pavlović, 2011).

Literatura

Csányi, K. P., Kóczy, L. T., Tikk, D., 2006, Intelligent Solutions for Umbrella Systems in Telecommunication Supervision Systems, *International Journal of Information Technology* Volume 1 Number 3.

Cvetković, R., 2005, Ka novoj generaciji TIS-a, *TELFOR*, Beograd.

Gospić, N., Widl, W., Vučković, D., Kostin, A., 2004, *Osnove upravljanja telekomunikacijama*, Akademska misao, Beograd.

ITU-T preporuke M.3050.1, 3050.2, 3050.3, 3050.4 Enhanced telecommunication operation map

ITU-T preporuke M.3010, 3020, 3100, 3200, 3400 Telecommunication management network

Jevtović, V. M., Pavlović, Z. B., 2011, Topološka analiza telekomunikacionih mreža, *Vojnotehniĉki glasnik/Military Technical Courier*, Vol.59, No.1, pp. 96-110, Beograd.

Landry, R., Grace, K., Saidi, A., 2004, *On the design and management of heterogeneous network*, The MITRE Corp. Berkeley, CA, November.

Mraović, M., Milošević, V., Gospić, N., 2008, Jedan model za poređenje razliĉitih tipova upravljanja opštom TK mrežom, *TELFOR*, Beograd.

APPLICATION OF THE ETOM FRAMEWORK FOR DEFINING PROCESSES IN THE TELECOMMUNICATION SYSTEMS MANAGEMENT NETWORK OF THE SERBIAN ARMY

FIELD: Management in Telecommunications

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

This paper deals with management system requirements in telecommunications. A TMN (Telecommunication Management Network) is necessary to be well designed and constantly upgraded. The ETOM (Enhanced Telecommunication Operation Map) framework, defined by the ITU-T Recommendation M.3050, is used to describe various processes that occur in the network for monitoring and control of military telecommunications systems. Their definition is an essential precondition for introducing management applications that would manage all of the processes in their end-to-end structure. Telecommunication net-

works are categorized in accordance with their functions. A set of relevant network processes important for supervision and management is explained for each described subsystem. This defining represents a prerequisite for the management application configuration which aims to automate management functions and services.

eTOM frame and its implementation in telecommunication management networks

ETOM is defined as a telecommunication conceptual frame which includes all the processes that exist in a telecommunication network. It does not represent a telecommunication model, but gives a basic frame for all the processes to be included within. It ranges throughout three basic areas: operation processes, planning and development processes and production management. ETOM supports two different process grouping perspectives: horizontal and vertical. The aim of this kind of grouping is to provide the complete overview in all the processes a telecommunication management network should include. Horizontal grouping includes functional processes within the same managed system. Vertical grouping includes all the processes within a TMN. Overlapped horizontal and vertical group constellations enable a connected matrix structure of the eTOM frame. Operational processes within a TMN can be divided into a few categories: user-network interaction, services management and resources management. Planning and development of a TMN includes development and services management processes, as well as development and resources management processes (applications and network elements).

Managed telecommunication networks in the Serbian Army

The managed telecommunication system which is currently in use in the Serbian Army can be divided, considering the purpose of each element, into the following: commutation subsystem, WAN and access subsystem, radio subsystem, infrastructural subsystem (power supply, etc.) and TMN subsystem. These elements represent independent managed subsystems which are controlled and overviewed by various applications. Within the Serbian Army structural organization, there has been a need for centralized management which would optimize heterogeneous TMN and administrator management functions. To achieve this, necessary TMN functions and services have to be defined. This process starts with the TMN functions and services defined for each of the subsystems.

TMN end-to-end processes defining

Considering TMN functions and services (ITU-T M.3050), several factors with a considerable influence on TMN functioning can be mentioned. These are the variety of installed telecommunication devices, the diversity of TMN applications, the amount of customer demands for

configuration modification (new customers, new connections, new services, etc.) and the quantity of system errors which demand the administrator reaction (different weight alarms coming from the system). Each subsystem produced by a different manufacturer requires the interconnection access points between the TMN and the network equipment as well as a special group of administrators that manage that entity. Therefore, the division of the TMN functions has to depend on the characteristics of equipment to be managed. The nature of military telecommunication networks is to have a vast amount of demands for system configuration changing. The mobile component of the network is quite a good representative for the mentioned feature. Every location change leads to a new affiliation of the nodes and users as well as to the establishment of new LOS links.

Conclusion

The purpose of this paper is to categorize military telecommunication networks in accordance with the type of the equipment and the functions of subsystems. A frame for overall specification and defining processes within the heterogeneous network management is proposed. The definition of processes is a very important precondition for upgrading the already existing TMN and for making the base presumptions for introducing a new management application. Operative tasks would thus be more automated in a wide area of different functional tasks within telecommunication network management.

Key words: eTOM, umbrella applications, telecommunication management network, processing, telecommunication network.

Datum prijema članka/Paper received on: 13. 11. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 11. 02. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 15. 02. 2013.

UVOĐENJE SISTEMA MENADŽMENTA KVALITETOM ISO 9001 – PROCES, ZNAČAJ I BENEFITI

Aleksandar Ž. Drenovac ^a,

Bratislav Ž. Drenovac ^b,

Dušan M. Drenovac ^c

^a Vojska Srbije, 98. vazduhoplovna brigada,
98. vazduhoplovnotehnički bataljon, VP 5017 Lađevci

^b Vojska Srbije, Komanda za obuku, Centar za obuku
i usavršavanje podoficira, VP 1442 Pančevo

^c Fiat Automobili Srbija, Kragujevac

DOI: 10.5937/vojtehg61-3189

OBLAST: intustrijski inženjering, upravljanje kvalitetom

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Savremeno poslovanje karakteriše sve veća konkurencija na tržištu u svim sferama poslovanja, odnosno u svim delatnostima. Pozicioniranje na tržištu predstavlja veoma bitnu stavku u poslovanju svake organizacije, ali ništa manje i zadržavanje stečenih pozicija i osvajanje novih tržišta. U tom smislu, kvalitet proizvoda i/ili usluga daje prepoznatljivost na tržištu i podizanje rejtinga. Uspostavljanje sistema menadžmenta kvalitetom ISO 9001 otvara pozicije za sigurnim tržištem u domaćim i međunarodnim okvirima, ali u isto vreme je i pokazatelj efikasno i efektivno procesno organizovanog sistema u organizaciji

Ključne reči: *kvalitet, sistemi menadžmenta, menadžment kvalitetom, ISO.*

Uvod

Tokom poslednjih nekoliko godina evidentan je rastući zahtev za obezbeđenjem kvaliteta pre odobrenja ugovora. Ovo nije sasvim novi koncept, jer je kvalitet uvek igrao značajnu ulogu u obezbeđenju novih, ali i u zadržavanju već postojećih tržišta- kako poslovnih, tako i tržišta krajnje potrošnje.

Radi zadovoljenja ovih zahteva, proizvođači i isporučioци moraju priznati značaj kvaliteta i činjenicu da se on može postići samo putem efikasne kompanijske organizacije i rešenosti menadžmenta da zadovolji rastuće zahteve kvaliteta koje postavljaju njihovi potencijalni kupci. Upravo tržište je u mnogim oblastima jedini i pravi pokazatelj uspešnosti poslovanja, odnosno svojevrtni instrument koji vrši segmentiranje, vrednovanje i nivelisanje organizacija.

Kako bi opstale u uslovima jake konkurencije, privrede zemalja u razvoju nemaju drugih alternativa, već se moraju usredsrediti samo na jedan zadatak – da i same postanu konkurentne. Konkurentnost na tržištima se zasniva na tri faktora: kvalitetu roba i usluga koji proističe iz kompetentnosti, ceni, i rokovima isporuke. Organizacija koja u današnjim uslovima želi da održi i/ili poboljša svoju poziciju na tržištu, mora da prihvati sledeće izazove:

- Biti što bliže tržištu i kupcu kroz stvaranje intenzivne interakcije sa kupcem – bliski partnerski odnosi ponuđača i kupca;
- Skratiti put do kupca, odnosno tržišta;
- Imati sposobnost brzog reagovanja i visoke fleksibilnosti, prenošenjem odgovornosti za donošenje poslovnih odluka, i
- Obezbediti porast produktivnosti i kvaliteta, na osnovu orijentacije na saradnike, kao i njihovog stalnog motivisanja, komunikacije i kooperacije;
- Optimizovati troškove koncentracijom na kompetentnost, smanjivanjem administrativnog neproizvodnog delovanja i pojednostavljivanjem poslovnih tokova;
- Obezbediti reciprocitet ponude i potražnje.

Privrede zemalja u razvoju mogu imati komparativnu prednost u pogledu cene, naročito ako koriste sopstvene sirovine. Međutim, bez obzira na to koliko su niske cene koje nude, ove zemlje ne mogu da realizuju svoje poslove ukoliko kvalitet njihovih proizvoda nije po međunarodno harmonizovanim standardima, ili je znatno ispod nivoa koji se traži na razvijenim tržištima.

Na tržištima razvijenih zemalja, prvenstveno na poslovnim tržištima, a i na svetskom tržištu u celini, veliki kupci zahtevaju od svojih isporučilaca ne samo zadovoljavajući kvalitet, već i određeni međunarodno uvažen dokaz o dugoročnoj doslednosti tog kvaliteta. Da bi pružili taj dokaz, isporučioци su sve češće prinuđeni da demonstriraju posedovanje i primenu aktuelnih sistema menadžmenta kvalitetom, sa poslednjom verzijom ISO 9001:2008. (Cianfrani, 2009, pp. 26-42)

Opređenje da se primene standardi za sisteme menadžmenta kvalitetom je odluka rukovodstva organizacije. Ciljevi primene standarda jesu, prvenstveno, ostvarivanje profita, smanjenje troškova, ispunjenje zakonskih i drugih obaveza, zadovoljenje potreba zaposlenih, a to se može postići na dugoročnoj osnovi poboljšavanjem kvaliteta proizvoda i/ili usluga, utvrđivanjem potreba kupaca i drugih zainteresovanih strana, i razvojem postupaka radi primene zahteva standarda.

Za svakoga ko želi da proda svoj proizvod ili uslugu na multinacionalnom tržištu, mora postojati rastuće poverenje u kvalitet i preporuke ISO 9000 radi zadovoljavanja zahteva kupaca, kao osnovnog i krajnjeg cilja. Organizacije koje imaju sertifikovan standard ISO 9000 poznate su po svojoj doslednosti, pouzdanosti i dostižu reputaciju kroz primenu tog standarda. (Karović, Komazec, 2010, pp. 146-161).

Uspostavljanje sistema menadžmenta kvalitetom

U svakom poslovnom sistemu mora da postoji neki sistem kvaliteta po kojem se ostvaruje određeni kvalitet proizvoda i upravlja kvalitetom. Kada se govori o uspostavljanju sistema kvaliteta, sadržajno se podrazumeva planiranje, obezbeđenje i kontrola kvaliteta (Đedović, 2010, p. 71), a misli se na primenu u svim delovima poslovnog sistema međunarodnog standarda ISO 9001. Zahtevi standarda su međunarodno harmonizovani, a tako postavljeni da njihova primena u poslovnom sistemu obezbeđuje uslove da se u procesu proizvodnje može proizvesti kvalitetan proizvod. Pri tome, pod pojmom „proizvod“ standardi serije ISO 9000 podrazumevaju: hardver, softver, procesne materijale i usluge (Lynch, 2012, pp. 64-68).

Uspostavljanje i primena sistema upravljanja kvalitetom u poslovnom sistemu vrši se primenom sistemskog inženjerstva, i treba da obezbedi sledeće:

- Precizno definisanje organizacione strukture i organizacione kulture poslovnog sistema, koja omogućava obezbeđenje zahteva datih u standardima o kvalitetu i uspostavljanje kontrole ;
- Definisanje odgovornosti i nadležnosti svih zaposlenih u poslovnom sistemu, od najviših rukovodilaca, do najnižih izvršilaca;
- Utvrđivanje liste aktivnosti i postupaka u procesu rada, koji su neophodni za ispunjenje zahteva kvaliteta;
- Držanje pod stalnom kontrolom svih proizvodnih procesa, postupaka i uputstava po kojima se rad obavlja;
- Planiranje kvaliteta u razvoju proizvoda i dosledno sprovođenje planova,
- Merenje kvaliteta – primena kvalitativnih i kvantitativnih metoda,
- Definisanje kriterijuma po kojima će se, na osnovu merenja, zaključivati o kvalitetu, i
- Upravljanje kvalitetom na svim nivoima.

Uspostavljanje sistema kvaliteta može, i ima smisla, da počne samo onda kada kompletno rukovodstvo bude spremno da donese odluku o radu na uvođenju sistema kvaliteta i prvo otpočne sa obavljanjem svojih aktivnosti koje se odnose na kvalitet (Radojević, 1997, p. 58).

Postupak uvođenja sistema menadžmenta kvalitetom zahteva izvođenje početnih koraka:

- Uključivanje vodećeg menadžmenta;
- Izbor vođe tima;
- Formiranje stručnog tima;
- Formiranje verifikacionog tela;
- Obezbeđivanje obuke;
- Obezbeđivanje konsultantske pomoći, i
- Definisanje nivoa i vrsta provera sistema kvaliteta.

Početni koraci su samo inicijalni elementi kojima se izvodi priprema za ugradnju zahteva sistema kvaliteta u poslovanje preduzeća. Definicija poslovanja podrazumeva interaktivni odnos veština ili snaga preduzeća usmeren na udovoljenje potrebama kupaca, sa definisanim grupama kupaca. Sam početak uvođenja standarda kvaliteta vezan je za odlučnost vodećeg menadžmenta za dostizanje standardima definisanog sistema kvaliteta, a zatim za poboljšanje postojećeg, pre svega sopstvenog kvaliteta poslovanja, i omogućavanje konkurentnijeg položaja na domaćem, a posebno na inostranom tržištu.

Prve aktivnosti u uvođenju i primeni sistema kvaliteta su rad na utvrđivanju i usvajanju politike kvaliteta, izradi nacrtu poslovnika o kvalitetu poslovnog sistema i poslovnih procesa, i prilagođavanje organizacije zahtevima standarda sistema kvaliteta. Rad na uvođenju sistema kvaliteta u ostalim delovima počće nakon usvajanja nacrtu predloga Poslovnika o kvalitetu i sprovedenim odgovarajućim obukama.

Uspeh uvođenja i primene sistema kvaliteta u poslovnom sistemu i pojedinim njegovim delovima – organizacionim jedinicama zavisiće od spremnosti rukovodstva i organizacione kulture rukovodstva, na svim nivoima, da sa potrebnom odgovornošću obezbedi uslove neophodne za primenu sistema. Zbog toga je veoma važno da se sprovedu predviđene obuke, kako bi se obezbedila potrebna znanja saradnika za poslove koji ih očekuju. Pored obuka, potrebno je obezbediti stručnu i konsultativnu pomoć. Korišćenjem iskustva konsultanta treba da se skрати vreme razvoja sistema menadžmenta kvalitetom, obezbedi kompetentnost i što pre dobije sertifikat (Veljović, 1996, pp. 128-133). Firme koje uvode seriju standarda kvaliteta ISO 9000 i žele da angažuju spoljne konsultante trebaju da postavе zahteve za sistemom kvaliteta. Ovi zahtevi trebaju da budu aktuelni interno (kompatibilni sa poslovnim procesima, kriterijumski definisani i merljivi) i eksterno (proverljivi, usaglašeni sa standardima). Takođe, zahtevi trebaju da omoguće laku i obaveznu dogradnju prema planovima razvoja sistema kvaliteta.

Ukoliko je angažovana konsultantska kuća, onda je njen zadatak da izradi plan rada za ceo period realizacije projekta, kao i planove rada za svaki mesec. Ukoliko to nije slučaj, planove rada izrađuje predstavnik rukovodstva za sistem menadžmenta kvalitetom, ili osoba koju najviši rukovodilac organizacije zaduži za uspostavljanje sistema menadžmenta kvalitetom. Plan rada za ceo period realizacije projekta treba da obuhvati sve aktivnosti koje su navedene na karti procesa uspostavljanja sistema menadžmenta, da im dodeli potrebne resurse, i da odredi vremenski period u kojem će iste biti realizovane. Praćenjem realizacije plana moguće je obezbediti da se projekat završi tačno u predviđeno vreme. (Stoiljković, 2006, p. 89). Ceo zadatak se treba postaviti po projektnom konceptu menadžmenta kako bi se obezbedila efikasnost i efektivnost posizanja cilja projekta.

Inače, veoma je teško projekat implementacije sistema menadžmenta kvalitetom, koji se završava sertifikacijom i registracijom na ISO 9001, završiti za manje od šest meseci. U isto vreme, velike organizacije ne bi

trebale da koriste period duži od 15 meseci. To znači da projekat mora imati jasno definisan cilj, vreme i troškove.

Osnove sistema menadžmenta kvalitetom čini osam principa, koje najviše rukovodstvo može da koristi u cilju poboljšavanja performansi sistema. Oni čine osnovu za standarde sistema menadžmenta kvalitetom u okviru standarda ISO 9000, datu u sledećoj tabeli (www.iso.org).

Tabela 1 – Principi upravljanja kvalitetom u organizaciji ISO 9001
Table 1 – Principles of quality management in the ISO 9001 organization

1.	Fokusirati se na kupce	Organizacije se oslanjaju na kupce, pa zato moraju da: razumeju želje kupaca, ispune zahteve kupaca, premaše očekivanja kupaca. Znači osloniti se na potrebe kupaca, ali prethodno treba da budu definisane grupe kupaca.
2.	Obezbediti liderstvo	Organizacije se oslanjaju na lidere, koji moraju da ustanove jedinstvene ciljeve i smernice kojih organizacija treba da se drži, kao i da stvore okruženje koje ohrabruje zaposlene da ostvare ciljeve organizacije. Raditi na organizacionoj strukturi i organizacionoj kulturi.
3.	Uključiti zaposlene	Organizacija se oslanja na zaposlene, te zato mora ohrabriti uključivanje zaposlenih na svim nivoima, ali isto tako i da im pomogne da koriste i razviju svoje sposobnosti. Podizanje kompetentnosti zaposlenih.
4.	Koristiti procesni pristup	Organizacije su efikasnije i efektivnije kada koriste procesni pristup, pa zato organizacija mora da koristi procesni pristup radi upravljanja aktivnostima i odgovarajućim resursima. Procesni pristup podrazumeva kriterijumsku optimizaciju procesa.
5.	Koristiti sistemski pristup	Organizacije su efikasnije i efektivnije kada koriste sistemski pristup, pa zato organizacija mora da identifikuje međusobno povezane procese i da ih tretira kao sistem, i da u upravljanju međusobno povezanim procesima koristi sistemski pristup. Sistemski pristup podrazumeva uzročno posledičnu celovitost poslovanja sa poznavanjem povezanosti pojava.
6.	Ohrabriti stalna poboljšanja	Organizacije su efikasnije i efektivnije kada stalno pokušavaju da se poboljšaju. Zato organizacija mora da ostvari stalnu posvećenost stalnom poboljšanju svojih ukupnih performansi. Jedino rast kompetentnosti podrazumeva uspeh.
7.	Obezbediti činjenice pre odlučivanja	Organizacije funkcionišu bolje kada su njihove odluke zasnovane na činjenicama, pa stoga organizacija mora zasnovati odluke na analizi stvarnih podataka i iz njih naučnim metodama dobijenih informacija. Menadžersko odlučivanje podržano kvalitativnim i kvantitativnim statističkim i optimizacionim metodama.
8.	Raditi sa isporučiocima	Organizacije se oslanjaju na svoje isporučioce, koji im pomažu da stvore vrednost, zbog čega organizacija mora da održava međusobno korisne veze sa svojim isporučiocima – ponuđačima.

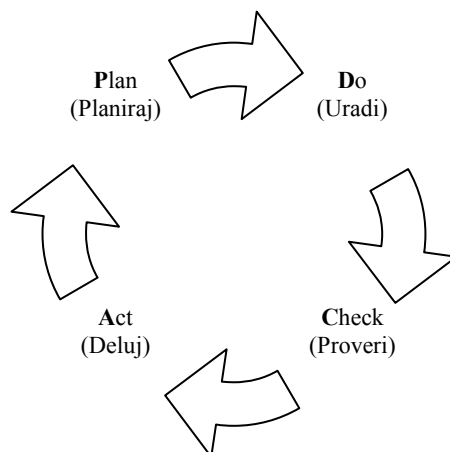
Ubrzan razvoj tržišta je i nametnuo kompanijama obavezu uvođenja stalnih unapređenja u svojim sistemima i učinio da se odlučuju za školovanje svojih stručnjaka, kako bi bili kompetentni za uspostavljanje novih metoda na području unapređivanja kvaliteta procesa. Unapređenje procesa postalo je bitan faktor u sticanju prednosti nad konkurencijom (Rajković, 2012). Tu činjenicu oslikava i često citirana izjava japanskog inženjera Kaoru Işikave da unapređenje kvaliteta u kompaniji počinje i završava se obrazovanjem (Lazić, 2005).

Pri uvođenju sistema kvaliteta koristi se sistemski inženjering, koji sadrži aktivnosti date u sledećoj tabeli.

Tabela 2 – Faze uvođenja sistema menadžmenta kvalitetom
Table 2 – Phases in the introduction of a quality management system

Faze	Glavni zadaci projekta implementacije
Definisanje zadataka u skladu sa standardom	– Razumevanje zahteva ISO 9001; – Analiza postojećeg stanja kvaliteta; – Definisanje politike i ciljeva kvaliteta; – Razumevanje i definisanje sopstvenih zadataka.
Uspostavljanje procedura	– Identifikacija minimalnog broja procedura; – Izrada nacrti i dokumentovanje procedura; – Izdavanje i implementacija procedura.
Izrada uputstava i zapisa	– Izrada neophodnih radnih uputstava; – Upravljanje zapisima.
Uspostavljanje i provera sistema menadžmenta kvalitetom	– Konsolidacija sistema; – Dosledna primena dokumentacije; – Sprovođenje internih audita; – Preispitivanje od strane rukovodstva; – Definisanje i sprovođenje korektivnih mera.
Sertifikacija	– Izbor ocenjivačkog tela; – Planiranje i postavka ocenjivanja; – Uspešno ocenjivanje i registracija; – Napredak posle sertifikacije.

Zapravo, sistem menadžmenta kvalitetom zasniva se na mehanizmu stalnog poboljšavanja, koji je poznat kao Demingov točak ili ciklus stalnog poboljšavanja. Demingov točak predstavlja PDCA (Plan-Do-Check-Act/Planiraj-Uradi-Proveri-Deluj) zatvoreni ciklus koji se stalno ponavlja, čime se obezbeđuje kontinuirano poboljšanje organizacije.



Slika 1 – Demingov točak (PDCA ciklus)
Figure 1 – Deming's wheel (PDCA cycle)

Značenje PDCA ciklusa se može protumačiti na sledeći način:

- Planiraj – sve aktivnosti koje se obavljaju u organizaciji treba planirati; uspostaviti ciljeve; formirati potrebnu dokumentaciju.
- Uradi – izvršiti sve kako je planirano.
- Proveri (prekontroliši) – kontrolisati, pratiti i meriti procese i aktivnosti koje se u njima obavljaju.
- Deluj (koriguj) – na osnovu rezultata preduzimati mere za unapređenje procesa i otklanjati nedostatke.

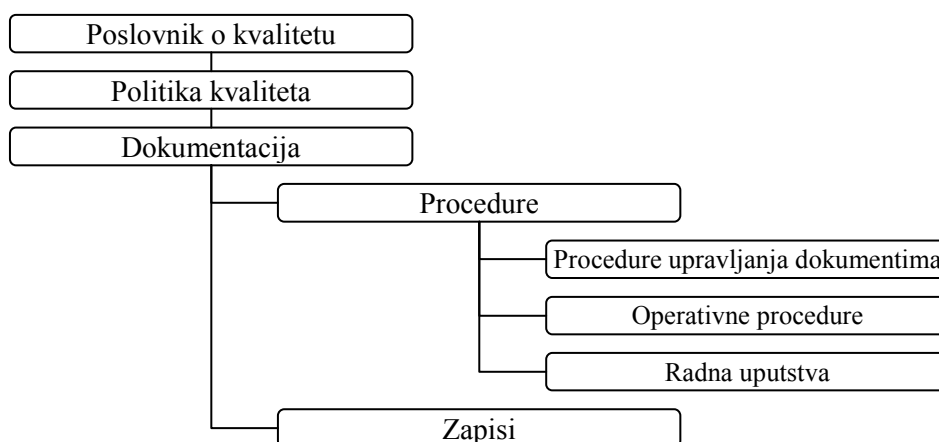
Definisanje zadataka u skladu sa standardom

Kako bi uopšte i krenuli u rad na uvođenju sistema menadžmenta kvalitetom, potrebno je prethodno proučiti i protumačiti zahteve standarda ISO 9001. Unapređenje kvaliteta je jedan od osnovnih zahteva standarda serije ISO 9000. Standard zahteva kontinualna unapređenja, neprekidna merenja performansi i stalna unapređenja usaglašenosti i sposobnosti procesa na bazi rezultata i podataka merenja. Kontinualna unapređenja su put ka savršenstvu, jer obezbeđuju stalna poboljšavanja kvaliteta proizvoda i sposobnosti procesa (Majstorović, 2012).

U svakom organizacionom delu poslovnog sistema, tim stručnjaka zadužen za uspostavljanje sistema kvaliteta treba da izvrši detaljnu analizu postojećeg stanja poslovanja, sa posebnom osvrtom na stanje u oblasti kvaliteta. Analizom postojećeg stanja treba utvrditi: šta se radi, kako se radi, ko radi, gde se radi, kada se radi, koja se oprema koristi, koji se kriterijumi za upravljanje kvalitetom primenjuju, kako se kvalitet meri, i zašto

se nešto radi. Jasno, kao izlaz izvršene analize stanja trebali bi da se pojave podaci o aktivnostima, njihovom redosledu i povezanosti; tehnološkom procesu i dokumentaciji, kvalifikacijama kadra, radnoj sredini, vremenu obavljanja poslova; opremi za rad, načinu vrednovanja poslova, povezanosti sa drugim procesima, i brojne druge činjenice.

Idealni i preporučeni model dokumentovanog sistema kvaliteta prikazan je na sledećoj slici.



Slika 2 – Dokumentovani sistem kvaliteta
Figure 2 – Documented quality system

Polazna stvar u procesu uspostavljanja sistema menadžmenta kvalitetom trebao bi da bude Poslovnik o kvalitetu, kao dokument u kojem su sadržani ciljevi kvaliteta i izvršen opis kompletnog modela sistema upravljanja kvalitetom. Kao takav, on sadrži pregled svih postupaka i uputstava koji se koriste za ostvarenje politike kvaliteta, odnosno uspostavljanja sistema upravljanja kvalitetom u svim delovima poslovnog sistema. Poslovnik o sistemu je, zapravo, opis izabranog modela sistema upravljanja kvalitetom, i osnovna namena ovog dokumenta je da omogući upravljanje pri ostvarenju predviđenog kvaliteta. Kada se završi, zapravo bi trebao da navodi svaki zahtev ISO 9001 u vezi sa delatnošću koju organizacija želi da sertifikuje. Drugim rečima, Poslovnik o kvalitetu je za organizaciju njen svojevrsni ISO 9001, koji je interpretiran i napisan kako bi olakšao vođenje posla. Kao takav, predstavlja izjavu za najveći deo politike kompanije.

Zapravo, on dokumentuje i prikazuje u javnosti angažovanje organizacije za različite zahteve u vezi sa odeljcima ISO 9001. On sadrži pregled svih postupaka i uputstava koja se koriste za ostvarivanje politike kvaliteta, odnosno uspostavljanje sistema upravljanja kvalitetom u svim delovima organizacije.

Politika kvaliteta, kao deo Poslovnika o kvalitetu, predstavlja akt kojim najviše rukovodstvo utvrđuje ukupnu strategiju poslovnog sistema sa aspekta konkurentnosti i kompetentnosti, zasnovanu na kvalitetu. Njom se daje obeležje celokupnom poduhvatu – misija, vizija i utvrđuju ciljevi koje treba u određenom planskom periodu ostvariti, odnosno ona ukazuje šta treba u narednom periodu ostvariti. Na osnovu Politike kvaliteta postavljaju se planovi poslovanja, određuje način izvršenja istih, i utvrđuju upravljačke aktivnosti za postizanje postavljenih ciljeva. Politikom kvaliteta se definiše buduće željeno stanje, tj. vizija koja pokazuje kakav se poslovni sistem želi u budućnosti, u okviru postojećih uspostavljenih vrednosti kojima se raspolaže i onima koje treba kreirati prema postavljenoj viziji.

Veoma je bitno i pažljivo izabrati osobu koja će dokumentovati sistem, i nekoga ko će ga implementirati. Odluku o tome treba da donese najviše rukovodstvo, uzimajući u obzir mogućnosti, vreme koje je dostupno, složenost posla, i mogućnosti osoblja. Koga god da organizacija izabere da dokumentuje i implementira sistem menadžmenta kvalitetom, ta osoba mora da ima, ili da veoma brzo razvije odlične interpersonalne veštine. Neke organizacije se odlučuju da angažuju spoljašnjeg konsultanta radi pouzdanog kvaliteta.

Takođe, kada se organizacija odluči da implementira sistem menadžmenta kvalitetom, veoma je bitno o čitavom procesu, motivima i dobiti, informisati sve zaposlene. Na rukovodstvu je da odluči kada će to uraditi, odnosno u kojem obimu će informisati sastav. Ukoliko se zaposlenima ne objasni, mogu se pojaviti i negativni faktori (otežana saradnja i otpori promena) u samoj inicijalnoj fazi, posebno ako su angažovani spoljni konsultanti.

Uspostavljanje procedura

Kada je već formiran Poslovnik o kvalitetu, odnosno njegov nacrt, potrebno je identifikovati gde su potrebne pisane procedure, kako bi se osiguralo da su zadovoljeni svi zahtevi.

Cilj je da se sa što manjim brojem adekvatnih procedura uspostavi optimalan sistem, naročito pre ocenjivanja. To će omogućiti lakšu implementaciju procedura, a takođe i ograničiti ciljne oblasti ocenjivača onog dana kada se bude obavljalo ocenjivanje.

Za rane (preliminarne) procedure pogodno je birati one koje skoro tačno odgovaraju trenutnim radnim procedurama, i koje neće biti kontrolverzne na bilo koji način. Zato, potrebno je prvih par procedura pažljivo izabrati, a zatim ih implementirati, bez nepotrebnih nelogičnosti i nesuglasica. Cilj ovakvog nastupa jeste i da zaposleni steknu poverenje u one koji sistem implementiraju, ali da steknu osećaj da sistem menadžmenta kvalitetom uopšte ne donosi nove obaveze ili neku dodatnu težinu poslu, već da je u pitanju dokumentovanje onoga što se već radi. Zapravo, o procedurama treba i diskutovati sa zaposlenima, uključiti ih u izrade procedura,

jer su to zapravo njihove procedure, odnosno procedure za njihov rad. Upravo zato ih treba i poboljšati, pojednostaviti, ili koristiti odgovarajuće postojeće neformalne sisteme koje su zaposleni razvili. Po svojoj prirodi, procedure su dokumenti koji usmeravaju postupke u budućnosti, i promjenljivog su karaktera.

One moraju biti tako definisane da se u njima detaljno propisuju/utvrđuju pojedinačne nadležnosti i odgovornosti za obavljanje određenog posla, a posebno:

- Opis aktivnosti na koje se procedura odnosi i nadležnost za obavljanje određenih aktivnosti;
- Odgovornost za obavljanje pojedinih aktivnosti;
- Nadležnost za kontrolu obavljanja pojedinih aktivnosti,
- Način provere aktivnosti metod merenja – dobijanje empirijskih podataka, i
- Dokumentacija koja se koristi pri obavljanju aktivnosti.

Procedure moraju biti tako definisane da se u njima detaljno propisuju/utvrđuju pojedinačne nadležnosti i odgovornosti za obavljanje određenog posla.

Izrada uputstava i zapisa

Pored operativnih procedura, koje opisuju način vođenja pojedinih odeljenja ili određene funkcije u odeljenjima, u većim organizacijama često je potrebno uspostaviti i niži nivo dokumenata – stalna radna uputstva. Takođe, povremeno se uspostavljaju posebna uputstva za inspekciju i kontrolu kvaliteta. Sa druge strane, zapisi se javljaju kao nezaobilazan pratilac svih aktivnosti u organizaciji.

Uputstva su dokumenti kojima se opisuje tehnologija rada pri obavljanju radnih zadataka. Drugim rečima, uputstva govore kako se obavljaju aktivnosti propisane pojedinim postupcima – procedurama. Na osnovu ovih dokumenata bi svaki izvršilac koji poseduje odgovarajuće kompetencije mogao da obavi posao na koji se uputstvo odnosi, korišćenjem odgovarajuće dokumentacije, opreme, instrumenata, i svega ostalog što je predviđeno uputstvom. Postupci i uputstva za rad moraju biti razumljivi i lako shvatljivi za onoga ko po njima treba da radi. Upravo zbog toga, izradu postupaka, odnosno uputstava, vrše stručna lica kojima je struka tehnologija na koju se postupci i uputstva odnose, uz učešće onih koji će to uputstvo koristiti pri radu. Postupci i uputstva moraju biti jasni, precizni i da ne podležu čestim izmenama. Isto tako, moraju biti ažurni, a odgovornost za to je na onome ko izdaje zadatke, odnosno radne naloge. Održavanje postupaka i uputstava je zadatak funkcije kvaliteta i određene službe u radnoj jedinici, ili zaduženog saradnika. Naravno, u to mora biti uključen i lice koje je imalo glavnu ulogu pri izradi postupaka i uputstava.

Zapisi su dokumenta kojima se pruža objektivan dokaz da je sistem menadžmenta kvalitetom u potpunosti usaglašen sa zahtevima standarda. Za razliku od procedura, oni su nepromenljivog karaktera, i samo konstatuju određeno trenutno stanje, tj. govore o tome šta je urađeno, ko je to uradio, kada je nešto urađeno, i šta je time postignuto. Zapisi o kvalitetu se moraju čuvati određeno vreme, pa se na taj način mogu koristiti kada je to potrebno.

Uz uputstva i zapise se daje tok dokumenata u svim fazama menadžmenta kvalitetom: planiranju, obezbeđenju i kontroli kvaliteta.

Uspostavljanje i provera sistema menadžmenta kvalitetom

Samo postavljanje sistema menadžmenta kvalitetom polazi od pretpostavke da rukovodstvo i zaposleni moraju biti svesni i zaista osećati da je sistem dokumentovanog kvaliteta, koji su zajedno pripremili, jedini metod koji će koristiti da bi vodili posao. Drugim rečima, postoje samo dve opcije: raditi tačno na osnovu operativnih procedura, ili ih promeniti za ono što treba da se radi.

Međutim, uspostavljanjem savremenog sistema menadžmenta kvalitetom posao se ne završava, već se otvara novi posao praćenja, preispitivanja i usavršavanja sistema. Na taj način ulazi se najpre u proces internih audita. Filozofija internih audita sistema menadžmenta kvalitetom je relativno jednostavna, i zasniva se na proveru nekoliko bitnih elemenata i njihovih međusobnih odnosa. Internim auditima treba doći do informacija o tome šta je sistemom kvaliteta propisano da se uradi, da li je to što je propisano svuda primenjeno i na odgovarajući način, šta se sve mora preduzeti i sprovesti da se primene utvrđeni postupci i uputstva i da se po njima radi, kao i da li su ti postupci i uputstva dobri za primenu u datom poslovnom sistemu. Interna provera ima zadatak da ukaže na mesta gde sistem nije uspešan, da otkrije odstupanja, izvrši korekciju i poboljša rad sistema. Upravo i tajna uspeha kod formalne procene sistema menadžmenta jeste da interni auditi budu totalno pedantni, a da je njihov cilj da se pronađu greške u sistemu i da se isprave, odnosno da se neke oblasti unaprede i pojednostave.

Dakle, oni trebaju da definišu povezanost pojava, oblik i nivo povezanosti, i objasne uzroke uticaja.

Rezultati internih audita su rezultati merenja i analiza i moraju se prezentovati najvišem rukovodstvu, i zapravo služiti kao ulazni elementi za preispitivanje sistema menadžmenta kvalitetom. Najviše rukovodstvo mora analizirati dobijene rezultati, razmatrati kritične tačke, i dolaziti do zaključaka o mogućnosti da se izmenama postupaka, odnosno procedura i uputstava o izvršavanju aktivnosti može unaprediti proces (Phillips, 2009, p. 145).

Upravo kao izlazni element preispitivanja trebale bi da proisteknu korektivne mere, čijim bi se sprovođenjem sistem optimizovao, odnosno proces uveo u tok kojim bi se ispravile greške uočene na internim prove-rama, a samim tim i unapredio čitav poslovni sistem.

Sertifikacija

Pozitivna praksa pokazuje da se sertifikaciono (ocenjivačko) telo mora izabrati najmanje tri meseca pre nego što se planira termin formalne proce-ne. U suštini, to je vreme potrebno da se popune odgovarajući upitnici, da sertifikaciono telo prihvati ocenjivanje, i da u tom periodu sistem funkcioniše.

Ono što je apsolutno neophodno i veoma bitno jeste da se za sertifi-kaciono telo izabere ono koje je priznato i u potpunosti akreditovano (LR-QA, TÜV SÜD, SGS, Bureau Veritas...). Praktično nijedno sertifikaciono telo nema sveobuhvatnu akreditaciju, već imaju akreditovane samo obla-sti u kojima mogu da demonstriraju adekvatno iskustvo.

Prilikom izbora sertifikacionog tela, odnosno poređenja ponuda razli-čitih sertifikacionih tela, treba voditi računa o nekoliko faktora:

- Da li određeno sertifikaciono telo daje bolji status kod određenih kupaca, ili u tržišnom sektoru;
- Da li je pečat (sertifikat) određenog tela prihvatljiv i priznat na da-tim/stranim tržištima;
- Koji su kriterijumi po kojima će proveru vršiti ocenjivači određenog tela i koji je procenat uspešnosti provere; koji je odnos kvalitativnih i kvantitativnih kriterijuma;
- Koja je istinska ukupna cena provere.

Određena sertifikaciona tela pre formalne procene nude i predsertifika-cioni audit. On obično podrazumeva celodnevni pre-audit, koji predstavlja posetu ocenjivača sertifikacionog tela sa ciljem preispitivanja dokumentaci-je na licu mesta. U tom slučaju ocenjivač može imati priliku da uradi mini-procenu kojom bi pronašao slab deo sistema, a o zabeleženim neusaglaše-nostima i zapažanjima se podnosi izveštaj. Predsertifikacioni audit se odvija na istovetan način kao i sertifikacioni. To znači da se već u prvoj fazi ocenji-vanja prolazi kroz sve zahteve standarda, a iskusni auditori mogu steći sko-ro nepogrešivu sliku o usaglašenosti sistema menadžmenta sa zahtevima relevantnog standarda. U isto vreme određuje se i datum formalne provere, za koji se strane dogovore. Ukoliko je, na osnovu pre-audita, potrebno više vremena, moguće je proveru odložiti, kako bi se obezbedilo dodatno vreme za usaglašavanje procesa i dokumentacije sa zahtevima standarda.

Već oko tri meseca pre formalnog ocenjivanja treba ponovo proći kroz Poslovnik o kvalitetu i operativne procedure, radna uputstva i ostala dokumenta putem tokova dokumenata, i uveriti se da su povezane referen-ce i izdanja tačni. U toj fazi treba razmotriti i da li postoje bilo koje dodatne procedure koje bi bile korisne za vođenje posla. Takođe, postoji i prilika

da se uvedu dodatne procedure kontrole menadžmenta ili operativne procedure, i da se implementiraju.

Otprilike tri do pet sedmica pre formalnog ocenjivanja treba obaviti i razgovor sa kompletnim osobljem, kako bi se utvrdili eventualni problemi, izvršile potrebne korekcije i postavile efikasne procedure.

Samo formalno ocenjivanje započinje uvodnim sastankom vodećeg ocenjivača i tima ocenjivača sa predstavnicima rukovodstva organizacije, kada bi trebali da budu prisutni rukovodioci svih sektora. Načelno, tada se prezentuje plan provere, određuje satnica, i dogovara završni sastanak. Za ocenjivače je potrebno odrediti po jednog vodiča, koji će biti uz njih sve vreme provere, i pružiti potrebnu pomoć. Za vodiča je potrebno odrediti nekoga iz višeg rukovodstva organizacije, i to nekoga ko poseduje odgovarajuća stručna znanja i ima odgovarajuću reputaciju među zaposlenima. Na sertifikacionom auditu tim ocenjivača/proveravača obavlja ocenjivanje ispunjenosti zahteva standarda. U slučaju da nema neusaglašenosti, izdaje izveštaj koji dostavlja rukovodstvu sertifikacionog tela, radi donošenja odluke. U slučaju pozitivne odluke, organizacija dobija sertifikat, kao vrstu pisane garancije da je sistem menadžmenta kvalitetom usaglašen sa standardom čiji zahtevi su proveravani.

Posle uspešno realizovane sertifikacije, koja potvrđuje uspešno uspostavljen sistem menadžmenta kvalitetom, otvara se prostor za dalje unapređenje ljudskih resursa, procesa i dizajna proizvoda ili usluga. Uspostavljanje sistema menadžmenta kvalitetom predstavlja veoma značajnu investiciju, koju treba realizovati na način koji će obezbediti podizanje veština ili snage kompanije i veće zadovoljstvo definisanih grupa kupaca, ali i povrćaj investicije u optimalnom roku kroz odgovarajući profit. To ne znači da se projekat završava dobijanjem sertifikata, već on traje i dalje, donoseći pozitivne finansijske efekte organizaciji tokom vremena. Projekat tada ulazi u eksploatacionu fazu. Vreme do re-sertifikacije obično iznosi tri godine, dok se uglavnom na svakih godinu dana vrše kontrolne provere od strane sertifikacionog tela. Završetak projekta uvođenja sistema kvaliteta podrazumeva potpuno i precizno evidentirano arhiviranje dokumentacije.

Značaj i benefiti uvođenja sistema ISO 9001

Poboljšanje procesa pojavljuje se već u toku implementacije sistema menadžmenta kvalitetom, a ogleda se kroz više povezanih karakteristika organizacije procesa i poslovanja:

- Umesto privremenog prikrićivanja, nedostaci se potpuno otklanjaju, čime se problemi trajno rešavaju;
 - Kvalitet svakodnevnog posla se generalno poboljšava;
 - Komunikacija i kooperacija u organizaciji se znatno unapređuju.
- Svako konstruktivno rešenje zahteva koordinaciju između zaposlenih iz datog sektora, kao i komunikaciju i koordinaciju između različitih sektora. Na taj način se, ujedno, stvara i klima zajedništva.

Kroz uvođenje i primenu sistema menadžmenta kvalitetom prepoznaju se i problemi u komunikaciji, kao i zadovoljenju zahteva, potreba i očekivanja kupaca, tj. potrebe i očekivanja kupaca se bolje razumeju. Njihovim rešavanjem se direktno utiče na porast zadovoljstva kupaca, a zadovoljenje potreba kupaca vremenom postaje primarni cilj svakog zaposlenog. Ciljevi i težnje organizacije se podešavaju na osnovu informacija, i organizacija postaje više orijentisana na kupca.

Organizacije kod kojih su zahtevi standarda ISO 9001 primenjeni uočavaju u svom poslovanju brojne prednosti:

- Dobro definisane i dokumentovane procedure poboljšavaju postojanost izlaza, tj. proizvoda - usluge;
- Kvalitet se stalno kontroliše – meri i analizira;
- Obim defekata se smanjuje;
- Defekti se ranije uočavaju i koriguju po nižoj ceni;
- Dokumentovane procedure su lakše za primenu novim zaposlenim licima;
- Organizacije zadržavaju ili povećavaju udeo na domaćim i stranim tržištima, ujedno povećavajući prodaju i profit.

Sam ulazak u proces sertifikacije označava opredeljenost prema kvalitetu, što se u kratkom vremenskom roku i manifestuje nižim proizvodnim troškovima zbog manjeg broja neusaglašenih proizvoda, manje dorade, manjeg obima odbijenih proizvoda, i uopšte usmerenosti procesa i manjeg broja grešaka. Takođe, značajan razlog za sertifikaciju može biti i taj da neka tržišta izričito i zahtevaju sertifikaciju, dok neka „samo“ favorizuju kompanije sa ISO 9001 sertifikatom. Isto tako, mnoge kompanije usmeravaju organizaciju sa kojom sarađuju da dobije sertifikat, kao zahtev za nastavak ili početak saradnje sa njima. U svakom slučaju, organizacije javno navode da efektivan sistem menadžmenta kvalitetom vodi ka smanjenju troškova i većim mogućnostima.

Podaci, dobijeni na osnovu ankete većeg broja organizacija (izvor MORI SGS-ICS), upravo i govore o rezultatima i benefitima koje je donela sertifikacija sistema menadžmenta kvalitetom po standardu ISO 9001 (USAID, 2005, p. 38):

- 85% uočava poboljšanu kontrolu poslovanja;
- 85% uočava povećano zadovoljstvo kupaca;
- 65% uočava uvećanu mogućnost dobijanja posla;
- 60% uočava povećanu produktivnost;
- 60% uočava smanjenje troškova;
- 50% uočava veće učešće na tržištu;
- 55% tvrdi da je sertifikacija poboljšala i marketing.

Povezanost vojnih i ISO standarda

Sa rastućim zahtevom za kvalitetom svega što radimo ili pravimo u današnje vreme, došlo je do potrebe da se uspostavi neki formalizovani skup pravila prema kojima se radi. Obzirom da nisu postojali standardi za obezbeđenje kvaliteta proizvođača ili isporučilaca, zahtevale su se procedure kvaliteta i garancije, pa je vojska (što se često dešava u ovakvim slučajevima) došla kao spasilac.

Kao kontrolno telo za američki svemirski program, i ujedno sa zahtevima za najveću pouzdanost, NASA je prva proizvela skup procedura, specifikacija i zahteva. Oni su postali poznati kao Vojne specifikacije i proizvođača i isporučilaca, bez obzira na njihovu veličinu. Ako su isporučioi hteli da obezbeđuju opremu za to unosno vojno tržište, zahtevalo se usaglašavanje sa datim zahtevima (Glušica, 2002, p. 34).

Upravo i u začetku priče o standardizaciji, organizacija severnoatlantskog ugovora (The North Atlantic Treaty Organisation- NATO), pod američkim uticajem, proizvodi serije procedura obezbeđenja kvaliteta koje su poznate kao Savezne publikacije obezbeđenja kvaliteta NATO (NATO Allied Quality Assurance Publication – AQAPs). One su ponovo izdate od strane britanskog ministarstva odbrane (British Ministry of Defence – MOD) kao Standard odbrane (Defence Standard – DEF STAN 05).

Civilne firme i ugovarači su brzo shvatili potrebu za osiguranjem da proizvođači i isporučioi moraju da se povinuju standarda kvaliteta, a Institut za britanske standarde (British Standards Institution – BSI) je formalno usvojio serije DEF STAN 05 u praktično identičan skup dokumenata poznatih kao serije BS 5750. Ovaj standard su tada prepisale ostale nacije i proizvedene su zajedničke serije preporuka poznate kao serije ISO 9000:1994 Standarda obezbeđenja kvaliteta.

Uopšte, po pitanju odbrambene industrije izmene su neznatne. Ministarstvo odbrane Velike Britanije (UK Ministry of Defence – MOD UK) koristi Standarde za odbranu (Defence Standards – DBF STANS), američki odsek za odbranu (American Division of Defence – DOD) koristi Vojne standarde (Military Standards Mil-Std), Organizacija severnoatlantskog ugovora (The North Atlantic Treaty Organisation- NATO) koristi Savezne publikacije obezbeđenja kvaliteta NATO (NATO Allied Quality Assurance Publication – AQAPs), a većina ostalih nacija ima svoje sopstvene posebne varijacije standarda.

Kada su u pitanju standardi NATO-a, veliki broj njihovih standarda potpuno je kompatibilan sa standardima ISO 9001 serije. NATO Agencija za standardizaciju (Standardization Agreement – STANAG) je za sisteme kvaliteta usvojila standarde AQAP, koji i u svojim zvaničnim delovima standarda potvrđuju primenu određenih tačaka zahteva ISO 9001 standarda, s tim što se za specifične elemente zahteva daju napomene sa dodatkom ili izuzećem određenog dela teksta (www.nato.int).

Uzimajući u obzir ogromno tržište članica NATO saveza lako se može zaključiti da postoji mogućnost velikog angažovanja na istom, odnosno nastupa sa proizvodima prepoznatljivim po kvalitetu. Upravo garanciju kvaliteta usklađenog sa zahtevima članica NATO saveza, tj. sa AQAP/ISO standardima daće uvođenje sistema menadžmenta kvalitetom, i sertifikacija od strane nekog od prestižnih svetskih sertifikacionih tela.

Osim tržišta članica NATO saveza, implementacija ISO standarda daje prepoznatljivost i na svim ostalim svetskim tržištima, obzirom na univerzalnost ISO standarda.

AQAP-2130 (Edition 3)	
4.0 Quality Management System	
4.1 General requirements	
ISO 9001:2008 4.1 "General requirements" shall apply	
NATO specific requirement:	
Add:	
The Supplier shall establish, document, implement, assess and improve an effective and economical system in accordance with this document, which includes the requirements of ISO 9001:2008 as necessary to satisfy the contract requirements. The Acquirer and/or Government Quality Assurance Representative (GQAR) reserves the right to reject this system as it applies to the contract. Objective evidence, which may include documentation from first, second and/or third party assessment/certification processes that this system is compliant with this Publication and is effective shall be readily available to the GQAR and/or Acquirer.	
4.2 Documentation requirements	
4.2.1 General	
ISO 9001:2008 4.2.1 "General requirements" shall apply	
4.2.2 Quality manual	
ISO 9001:2008 4.2.2 "Quality Manual" requirements shall apply	
NATO specific requirement:	
Delete:	
Last part of the sentence a): "including details of and justification for any exclusions (see 1.2)"	

Slika 3 – Primer zahteva AQAP standarda
Figure 3 – Example of a request of the AQAP standard

Zaključak

Praktično svaka oblast života, a posebno poslovanja, je u savremenim uslovima podvrgnuta standardizaciji i postavljanju kriterijuma na osnovu kojih se vrši i vrednovanje određenih procesa.

Kako bi organizacija dostigla zahtevani ili željeni nivo, potrebno je da najpre definiše i uspostavi sve procese potrebne za ispunjavanje svih postavljenih ciljeva. Upravo jedan od najefikasnijih načina za optimalno postavljanje organizacije jeste implementacija sistema menadžmenta kvalitetom ISO 9001.

Sistem menadžmenta kvalitetom ISO 9001 postavlja pred organizaciju, kroz svoje zahteve, jasne obaveze iz oblasti opštih zahteva za proces i dokumentaciju, odgovornosti rukovodstva, upravljanja resursima, realizacije proizvoda, kao i merenja, analize i poboljšanja. Ispunjavanjem svih zahteva ne ostvaruje se samo formalna usaglašenost sa standardom ISO 9001, već to daje i potvrdu potpune usklađenosti organizacije, odnosno efikasno uspostavljenih procesa koji obezbeđuju punu efektivnost sistema.

Sam proces implementacije sistema menadžmenta kvalitetom mora početi od najvišeg rukovodstva, koje treba da pokaže odlučnost i nameru za uspostavljanje sistema kvalitetom, pa se zato predstavnik rukovodstva i određuje za vođu tima za uvođenje sistema menadžmenta kvalitetom.

Uspostavljanje sistema menadžmenta kvalitetom u organizaciji treba da bude potpomognuto angažovanjem konsultanata, koji će svojom stručnom pomoći dati doprinos pravilnom uspostavljanju procesa i dokumentacije. Svakako da njima treba pridružiti i stručna lica iz odgovarajućih sektora organizacije, koja će dati profesionalne okvire za definisanje procesa.

Uspostavljeni sistem se praktično testira internim auditima, koji trebaju da pokažu usklađenost sa zahtevima standarda i sa stvarnim procesima u organizaciji, kako bi se izvršila provera pre sertifikacije.

Za sertifikaciju treba izabrati sertifikaciono telo koje je priznato na ciljnom tržištu, a svakako jedno od poznatih svetskih. Sertifikat renomiranih sertifikacionih tela obezbeđuje prepoznatljivost i potvrdu uspostavljenog sistema menadžmenta kvalitetom.

Sertifikacijom se ulazi u nove cikluse održavanja i unapređenja sistema, koji imaju za cilj stalno podizanje kvaliteta procesa, što se potvrđuje resertifikacijama koje sertifikaciona tela vrše uglavnom na tri godine.

Uvođenjem sistema menadžmenta kvalitetom otvara se mogućnost kontrolisanog i kriterijumskog ulaska velikog broja firmi na široko tržište vojne opreme, uređaja i delova zemalja NATO članica čiji AQAP standardi su u mnogim zahtevima kompatibilni sa zahtevima standarda ISO 9001, ali isto tako i na sta ostala svetska tržišta naoružanja i vojne opreme.

Literatura

- Cianfrani, C., West, J., Tsiakals, J., 2009, *ISO 9001:2008 Explained*, ASQ Quality Press.
- Đedović, B., 2010, *Vođenje i vrednovanje projekata*, Beograd, Fakultet za menadžment malih i srednjih preduzeća.
- Glušica, Z., 2002, *Implementacija ISO 9000:2000*, Novi Sad, Mobes Quality.
- Karović, S., Komazec, N., 2010., Upravljanje rizicima kao preduslov integrisanog menadžment sistema u organizaciji/Risk Management as a prerequisite of the integrated management system in organizations, Beograd, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 58(3), pp. 146-161.
- Lazić, M., 2005, Metod sedam koraka unapređenja kvaliteta – put ka savršenstvu kvaliteta, *Nacionalna konferencija o kvalitetu Festival kvaliteta*, Kragujevac, Maj 19-25.
- Lynch, D., 2012, ISO 9000 and Organizational Effectiveness, *Quality Management Journal*, 14(1), pp. 64-68.
- Majstorović, V., 2012, *Upravljanje kvalitetom proizvoda – materijal za nastavu*, Beograd, Mašinski fakultet.
- Nato quality assurance requirements, Edition 3*, 2009, Dostupno na: <http://www.nato.int/cps/en/SID-9B565B1D-FF3BFFC0/natolive/stanag.htm>, Preuzeto: 15.08.2012. godine.
- Phillips, A., 2009, *ISO 9001:2008 Internal Audits Made Easy*, American Society for Quality.
- Quality management principles*, Dostupno na: http://www.iso.org/iso/qmp_2012.pdf, Preuzeto: 08.08.2012. godine.
- Radojević, R., 1997, *Inženjering kvaliteta*, Beograd, Društvo operacionih istraživača.
- Rajković, V., 2012, Lean Six Sigma koncept, *Nacionalna konferencija o kvalitetu Festival kvaliteta*, Kragujevac, Jun 7-9.
- Stoiljković, V., Stoilković, P., Stoilković, B., Obradović, Z., 2006, *Integrirani sistemi menadžmenta*, Niš, CIM College- Mašinski fakultet.
- USAID, 2005, *Implementacija ISO 9001 u malim i srednjim preduzećima*, Kragujevac, Qualitass Education.
- Veljović, A., 1996, *Integracija zahteva sistema kvaliteta u poslovanju preduzeća*, Beograd, Savez tehničara i inženjera Jugoslavije.

IMPLEMENTATION OF THE ISO 9001 QUALITY MANAGEMENT SYSTEM - PROCESS, IMPACT AND BENEFITS

FIELD: Industrial Engineering, Quality Management
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Modern business is characterized by greater and greater market competition through all business areas and all activities. Establishment of market positions is a very important element of business activities in every organization. Quality of products and/or services provides recog-

nizability at market and raising of ratings. Implementation of the ISO 9001 quality management system opens positions for secure national and international markets; it is also an identifier of an efficiently and effectively process-wise organized system in an organization.

Introduction

An increase of impact of quality and demands for ensuring quality before contract approvals has been visible lately. All vendors at the multinational market must ensure confidence in the quality of their products or services in order to satisfy customer demands which is an ultimate goal. Organizations which have the certificated ISO 9001 standard are known for their persistence and reliability, so they reach high reputation by applying the standard.

Implementation of a quality management system

Implementation of a quality management system is done by system engineering, as a process based on a top management decision. It can be applied through the engagement of professionals from within the organization, as well as through outsourced consultants. The process is based on the PDCA cycle and the eight principles of quality management in an ISO 9001 organization.

Defining assignments in accordance with the standard

The Quality Manual, as a document which contains quality aims and through which a complete model of the quality management system is described, should be an initial element for the process of implementing a quality management system. It contains an overview of all procedures and directions used for achieving quality policy, i.e. for the implementation of a quality management system in every part of a business system.

Implementation of procedures

When the Quality manual is created, it is necessary to identify necessary procedures, in order to ensure fulfillment of all requirements. The aim is to establish an optimal system using as few procedures as possible. Therefore, it is necessary to choose first few procedures very carefully and implement them so that employees gain confidence. Procedures must be defined in such a way that they determine activities and responsibilities for particular jobs.

Drawing up instructions and records

Work instructions are documents that describe a way of accomplishing activities defined by procedures. Based on them, every competent executor would be able to complete a determined job. Records are documents that give objective evidence that a quality management system entirely conforms with standard requirements. As opposed to procedures, they are unchangeable and they record what was done, who did what, how something was done, and what was achieved.

Implementation and control of a quality management system

Implementing a quality management system opens a new process of system monitoring, reevaluation and improvement, thus entering first into a process of internal auditing. Internal audits have a purpose of marking positions at which the process is unsuccessful, of detecting deviations and improving the system.

Certification

Positive experience shows that a certification institution should be chosen at least three months before a formal evaluation is planned. Also, it is very important to choose a certification institution which is accepted, recognized and entirely accredited (BSI, LRQA, TÜV SUD, SGS, Bureau Veritas, etc.). There is no certification body that has total accreditation, but only accredited fields in which they can demonstrate relevant experience.

Impact and benefits of the establishment of ISO 9001 system

Entering the process of certification indicates commitment to quality, which reflects in lower costs due to fewer nonconformed products, fewer refused products as well as in fewer faults in general.

Relation between military and ISO standards

ISO standards themselves were derived from military standards, so it became necessary to achieve particular standards in order to deliver equipment and parts to military organizations. Many countries in their military standards directly refer to the requirements of ISO 9001 standards, so the implementation of a quality management system gives possibilities to access global military industry markets.

Conclusion:

Standardization represents a very important activity for all business processes as well as for establishing the criteria according to which the evaluation of processes and organizations will be performed.

Implementation of the ISO 9001 quality management system represents the proof that the organization set effectively the processes that ensure effectivity of the whole system, thus opening a possibility of engagement at different markets and increasing the rating at the same time.

Also, implementation of the ISO 9001 quality management system considers meeting system requirements. In order to establish an efficient system, it is necessary to engage professional consultants, which ensures recognizability and acknowledgment of quality for engagement at different markets.

Implementation of the ISO 9001 quality management system opens a possibility to enter different markets of military industry worldwide.

Key words: quality, management systems, quality management, ISO.

Datum prijema članka/Paper received on: 30. 12. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 24. 02. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 26. 02. 2013.

ISKUSTVA IZ PRAKSE PROFESSIONAL PRACTICE

ANALIZA IZBORA KRITERIJUMA I OSETLJIVOSTI REŠENJA PRI IZBORU KANDIDATA ZA RADNO MESTO*

Milanka S. Batinić

Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-2045

OBLAST: menadžment, operaciona istraživanja

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

Za najbolje izvršavanje predviđenih zadataka radnog mesta potrebno je izabrati, ako je moguće, najboljeg izvršioca tih zadataka. Problem izbora kandidata za radno mesto, iako odavno prisutan, uglavnom se zasnivao na iskustvenim procenama i osećanjima.

Primenom metoda višekriterijumske analize omogućava se objektivniji pristup pri izboru kandidata za radno mesto. Jedna od tih metoda je metoda analitičkih hijerarhijskih procesa (AHP), koja, pored izbora, omogućava i analizu osetljivosti rešenja.

U radu se, kao za najopštiji primer, razmatraju kriterijumi izbora menadžera i analizira osetljivost dobijenih rešenja uz pretpostavljeni skup alternativa.

Ključne reči: kandidat, rešenja, osetljivost, izbor, radno mesto, izvršioci.

Uvod

Ubrzani razvoj nauke i tehnologije, zasićenost tržišta proizvodima i ekonomska recesija usloveli su intenzivniju debatu o menadžmentu i menadžmentu ljudskih resursa. U razvijenim zemljama sveta (SAD i Velika Britanija), poslednjih godina XX veka i danas, posebno se proučava produktivnost rada zaposlenih i konvencionalni modeli industrijskih odnosa. Nastojanje je da se da veća naklonost poslodavcu (menadžeru) u ime menadžmenta.

* Ovaj rad usmeno je izlagan na 8. međunarodnoj konferenciji UPRAVLJANJE KVALITETOM I POUZDANOŠĆU, Beograd, 2005.

Analizom i detaljnim istraživanjima menadžmenta i menadžmenta ljudskih resursa došlo se do sledećih osnovnih principa koje je neophodno sprovesti u bilo kojoj organizaciji, odnosno preduzeću (De Cenzo, Robbins, 1999):

- formiranje radne sredine bez konflikata u kojoj će i zaposleni i poslodavci imati isti cilj – uspeh organizacije;
- formiranje radnog okruženja koje će motivisati zaposlene za rad i uticati na korišćenje njihovih znanja, veština i umeća u najvećem stepenu;
- uspostavljanje balansa između zahteva i zaposlenih i organizacije;
- postizanje veće kompaktnosti između zaposlenih i poslodavaca pri realizaciji ciljeva i zaposlenih i organizacije.

Za sprovođenje navedenih osnovnih principa bitna je struktura zaposlenih koja je u korelaciji sa procesom pribavljanja ljudskih resursa, prvenstveno izborom kandidata za radno mesto koji se do sada, uglavnom, zasnivao na iskustvenim procenama i osećanjima. Nedostajali su objektivniji pristupi. Primenom metoda VKA omogućava se, upravo, taj objektivniji pristup. Metoda AHP, uz korišćenje originalnog softverskog programa Expert Choice, omogućava i analizu osetljivosti konačnog rešenja posmatranog primera – izbor menadžera.

Kriterijumi za izbor menadžera

Izbor ljudskih potencijala na radno mesto veoma je složena aktivnost. Zahteva „traganje“ za kandidatom koji će svojim znanjem, veštinama i kriterijumima ispunjavati zahteve radnog mesta (Pantić, 1990). Izborom kriterijuma menadžera i njihovih težinskih koeficijenata određuje se „željeno stanje“, odnosno funkcija cilja (Brekić, 1991). Kriterijumi na osnovu kojih se bira menadžer razloženi su u tri nivoa (prvi, drugi i treći):

• K1 – **kreativnost**:

– K11 – *originalnost u mišljenju i radu*:

K111 – *originalnost kao sposobnost* (kognitivne osobine tj. misaonost, fantazija, sklonost novim idejama i metodama, refleksivnost, fleksibilnost, intuitivnost, kreativna percepcija, sposobnost analize i sinteze i dr.) (Kvaščev, 1986);

K112 – *originalnost osobina ličnosti* (crte karaktera i temperamenta: impulsivnost–nemogućnost kontrole impulsa; anksioznost: strašljivost, zabrinutost, napetost; gnevni hostilitet: osećaj gneva, frustriranost, iritiranost i napetost; depresija: osećaj krivice, tuge, usamljenosti i bespomoćnosti; osetljivost na ogovaranje,...) (Kvaščev, 1986);

– K12 – *motivi i motivacione osobine* (radoznalost, želja za dokazivanjem, usmerenost ka kreativnom ponašanju, intelektualna istrajnost, privlačnost nepoznatog, zagonetnog i misterioznog,...);

- K13 – *kognitivni stil ličnosti stvaraoca i kreativni stavovi* (mišljenje i saznanje spojeni sa emocijama, željama, orijentacijama i osobinama ličnosti čine stil, dok kreativne stavove karakterišu opšti stav nekonvencionalnosti, opšti istraživački stav i stav preuzimanja rizika u naučnim istraživanjima,...) (Kvašček, 1986), (Pantić, 1990);
- K14 – *preferencije i sistem vrednosti* (preferencije prema kreativnom radu, prema neuobičajenim idejama i načinima rešavanja zadataka, prema umetnosti, prema percepciji, a ne prema suđenju; sistem vrednosti nije konformistički i konvencionalan; originalan estetski i teorijski sistem vrednosti; ponašanje određeno prema hijerarhiji vlastitih vrednosti,...) (Bojanović, 1998), (Kvašček, 1986), (Pantić, 1990);
- K2 – **konstruktivnost** (proizvodnja oblika–proizvoda od postojećih elemenata ili ovladavanje određenim veštinama i tehnikama koje dovode do stvaranja proizvoda; dosetljivost u rukovanju sa materijalima, tehnikama i metodama bez doprinosa novim idejama, ali sa modifikacijom osnovnih principa i uređaja u smislu bolje upotrebe,...);
- K3 – **kuražnost** (samopouzdanost: osećaj sopstvene efikasnosti, snage i sposobnosti; entuzijazam, upornost, hrabrost, nezavisnost, intravertnost, slobodno razmišljanje, samostalno donošenje odluka, smelost, sigurnost, odlučnost i inicijativnost u delatnosti,...);
- K4 – **komunikativnost** (razvijena verbalna inteligencija, ekstravertnost, umerena agresivnost, verbalna fluentnost, spremnost da se sluša, učtivost, poverenje u druge ljude, simpatija i briga za druge, tolerantnost, smirenost, umerenost, iskrenost, uvažavanje mišljenja drugih,...) (Pantić, 1990);
- K5 – **kultura**:
 - K51 – *kognitivni elementi* (pretpostavke, stavovi, vrednosti, uverenja, mišljenja, neformalna pravila, emocionalna uravnoteženost,...);
 - K52 – *simbolički elementi* (jezik, žargon, spoljni izgled, ekspresija lica, način odevanja, ton glasa, pokreti ruku, način sedenja i hoda,...);
- K6 – **kooperativnost** (ekstravertnost, praktičnost, organizovanost, fleksibilnost, altruizam: aktivna briga za dobrobit drugih, velikodušnost, nesebičnost, spremnost da se pomogne; iskrenost, poštenje, čestitost, učtivost: inhibicija agresivnosti, poštovanje drugih, blagost i dobronamernost; skromnost, sklonost da se oprosti i zaboravi, naglašavanje humanih aspekata socijalne politike,...) (Pantić, 1990);
- K7 – **karakter**
 - K71 – *temperament* (crte karaktera i temperamenta: kolerik, sangviničnik, melanholik, flegmatik, emocionalna stabilnost, ekstraverzija/intraverzija i sl.);
 - K72 – *humanost* (ljubav prema ljudima: psihička mekoća, toplina, ljubaznost, učtivost, otvorenost, umerenost, nežnost,...);

K73 – *skromnost* (lične zasluge nisu tako važne kao uspeh kolektiva, tuđi su mu zavist častoljubivost i karijerizam, ne teži da istakne svoj položaj u društvu,...);

K74 – *odnos prema dužnosti* (izvršavanje dužnosti sa pozitivnim emocijama ili zato što se "mora" ili iz straha ili se izvršava nesavesno; na osnovu viđenja postupaka proceniti koliko su u motivaciji zastupljeni elementi društveno značajni, a koliko lično značajni) (Bojanović, 1998), (Kvašček, 1986).

Procenjivanje prioriteta alternativa

Za rešavanje problema (izbor menadžera) na osnovu definisanog skupa kriterijuma i njihovih vrednosti za alternative primenjuje se Metoda analitičko-hijerarhijskog procesa (AHP) uz korišćenje softvera EXPERT CHOICE (Softver Expert Choice, 2000). Metoda zahteva korišćenje kvantitativnih podataka za iznalaženje konačnog rešenja. Transformacijom kvalitativnih podataka, tj. kriterijumskih vrednosti alternativa uz korišćenje linearne skale transformacija dobijaju se kvantitativni podaci (tabela 1).

Tabela 1

Table 1

	K1					K2	K3	K4
	K11		K12	K13	K14			
	K111	K112						
A1	7	9	8	8	7	8	7	9
A2	8	8	9	8	9	7	7	7
A3	8	7	8	8	10	9	8	8
A4	9	7	9	8	8	10	9	10
(+) (-)	+	+	+	+	+	+	+	+

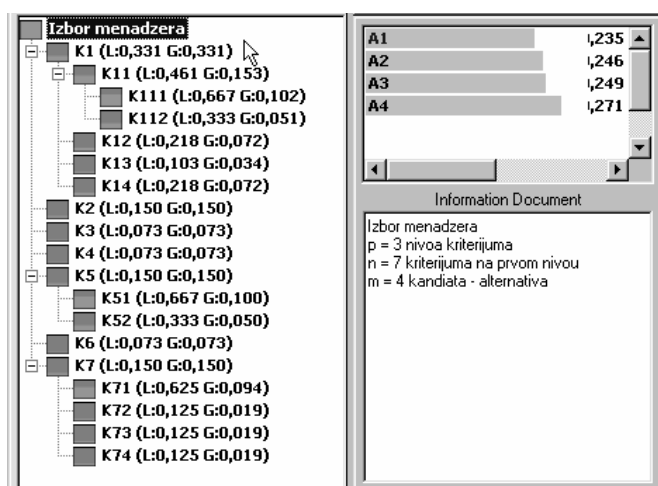
Nastavak table 1

Continuation of Table 1

K5		K6	K7			
K51	K52		K71	K72	K73	K74
7	9	7	7	7	6	7
8	8	9	8	6	7	8
8	7	8	6	8	8	7
9	7	7	9	9	9	9
+	+	+	+	+	+	+

Podaci o značajnosti kriterijuma definišu se poređenjem parova kriterijuma. Dodeljivanje relativnih ocena parovima kriterijuma vrši se u skladu sa skalom „devet tačaka“ za sve nivoe celokupne hijerarhije. Formirane matrice poređenja „prevode“ se po parovima u probleme određivanja sopstvenih vrednosti, odnosno težina (slika 1) za sve kriterijume na svakom nivou hijerarhije. Zbog ograničenog prostora u nastavku se prikazuju verbalna poređenja parova kriterijuma na nivou kriterijuma K1 i njegovih potkriterijuma i potpotkriterijuma:

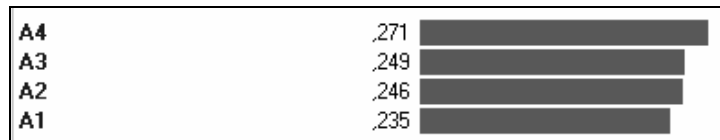
- K111 u odnosu na K112 je podjednako ka slabijem više (2);
- K11 u odnosu na K12 je podjednako ka slabijem više (2);
- K11 u odnosu na K13 je snažnije više značajno / poželjno (5);
- K11 u odnosu na K14 je podjednako ka slabijem više (2);
- K12 u odnosu na K13 je podjednako ka slabijem više (2);
- K12 u odnosu na K14 je podjednako značajno / poželjno (1);
- K13 u odnosu na K14 je suprotno podjednako ka slabijem više. (2).



Sika 1 – Težine kriterijuma i alternativa
 Figure 1 – Weights of criteria and alternatives

Prioriteti alternativa po svakom kriterijumu, potkriterijumu i potpotkriterijumu dobijaju se na osnovu apsolutnih vrednosti (pot-pot) kriterijuma po alternativama (tabela 1).

Rezultat sinteze problema izbora najboljeg kandidata izračunava se tako što se za svaku alternativu množi njena težina u okviru posmatranog kriterijuma sa težinom tog kriterijuma, zatim se vrednosti sabere za svaku varijantu posebno. Rezultati ovog postupka dati su u vidu višekriterijumske rang-liste na sl. 2. Najbolje rešenje (kandidat za radno mesto menadžera) jeste A4. Osnovna prednost metode, odnosno softvera Expert Choice, ogleda se u podršci daljoj analizi osetljivosti konačnog rešenja.



Slika 2 – Preporuka softvera o izboru najboljeg kandidata
Figure 2 – Recommendation of software on the selection of the best candidate

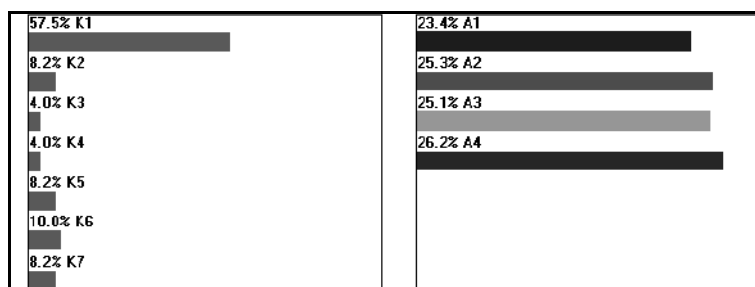
Analiza osetljivosti konačnog rešenja

Bitna karakteristika metode AHP jeste analiza osetljivosti konačnog rešenja korišćenjem originalnog softverskog programa Expert Choice što, istovremeno, donosiocu odluke omogućava ispitivanje različitih skupova alternativnih rešenja. Analizom osetljivosti prikazuju se odnosi promene prioriteta alternativa kao funkcija značaja atributa, odnosno kriterijuma (Nikolić, Borović, 1996). Za analizu osetljivosti rešenja koristi se više načina, odnosno postupaka:

- dinamička analiza osetljivosti;
- gradijentna analiza osetljivosti;
- analiza osetljivosti performansi;
- analiza „glava glavi” (jedan na jedan);
- dvodimenzionalna analiza.

Dinamička analiza osetljivosti

Dinamičkom analizom osetljivosti ukazuje se kako promena prioriteta jednog kriterijuma utiče na promenu prioriteta ostalih kriterijuma i prioriteta alternativa u okviru posmatranog kriterijuma. Graf dinamičke analize osetljivosti prikazan je na slici 3. Ako se za razmatrani problem, čiji je model prikazan na slici 1, prioritet kriterijuma K1 (0,331) promeni u vrednost 0,575, ima za posledicu promene prioriteta ostalih kriterijuma i alternativa, što utiče i na promenu rang-liste alternativa, tako da alternative A2 i A3 menjaju mesta. Značajnost sprovođenja dinamičke analize osetljivosti je i u mogućnosti određivanja pojedinačnog učešća kriterijuma u prioritetima alternativa.



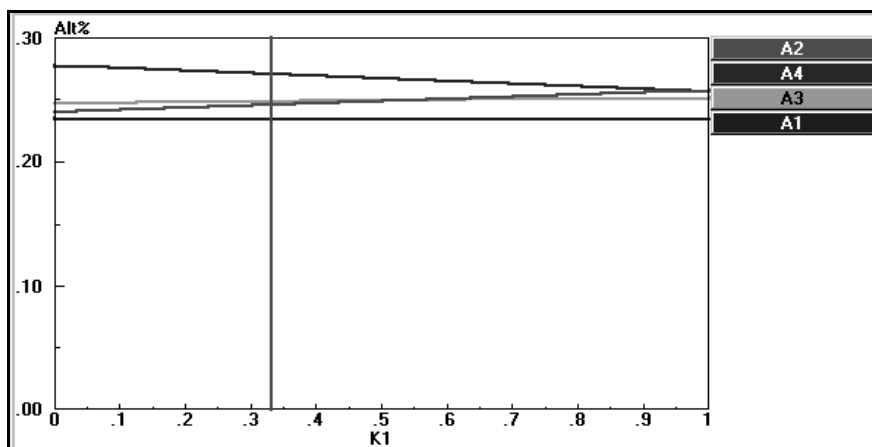
Slika 3 – Rezultat primene dinamičke analize osetljivosti
Figure 3 – Result of the application of the dynamic sensitivity analysis

Gradijentna analiza osetljivosti

Promena prioriteta jednog kriterijuma na promenu prioriteta kriterijuma i alternativa, odnosno na konačnu rang-listu alternativa kao rezultata može se jasnije pratiti na grafu za gradijentnu analizu (sl. 4). Na datom grafu na apciskoj osi prikazuju se prioriteti kriterijuma, na ordinatnoj osi prioriteti alternativa, dok linije (kose ili horizontalne) predstavljaju alternative od A1 do A4, odnosno njihove respektivne prioritete.

Promenom prioriteta kriterijuma K1 od 0,331 (puna linija sl. 4) ima sledeće posledice:

- veći prioritet kriterijuma K1 od 0,331 zadržava najpovoljniju alternativu A4 sa najvećim prioritetom;
- prioritet kriterijuma K1 vrednosti između 0 i 0,331 zadržava najpovoljniju alternativu A4 kao rezultat sa tendencijom opadanja njenog prioriteta, prioriteti alternativa A2 i A3 imaju tendenciju blagog rasta, dok se prioritet alternative A1 zadržava približno konstantno.



Slika 4 – Gradijentna analiza osetljivosti prioriteta kriterijuma K1
Figure 4 – Gradient sensitivity analysis of the K1 priority criterion

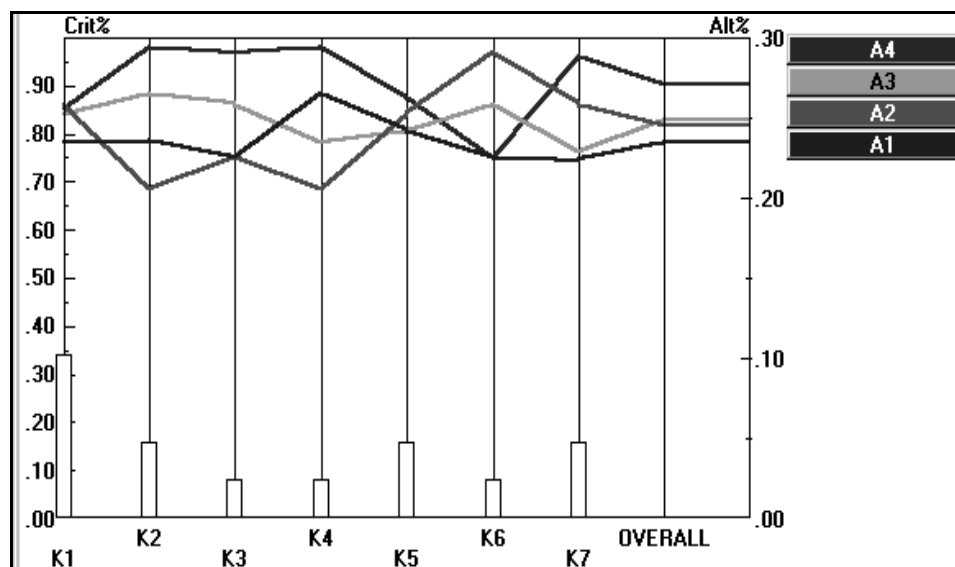
Analogno navedenoj analizi globalnih kriterijuma može se sprovoditi i analiza kriterijuma i na ostalim nivoima i direktno očitavanje prioriteta alternativa promenom prioriteta kriterijuma posmatranog kriterijuma na relaciji vrednosti prioriteta od 0 do 1.

Analiza osetljivosti performansi

Analiza osetljivosti performansi sažima prikaz prioriteta kriterijuma i alternativa (kandidata) za sve kriterijume pojedinačno i zbirno na globalnom nivou i na nivoima kriterijuma (sl. 5). Graf kojim se prikazuje ova

analiza sadrži na apcornoj osi pravilno raspoređene kriterijume (pojedinačno i zbirno) sa njihovim prioritetima koji se određuju na osnovu vrednosti prikazanih na ordinatnoj osi (levo prioriteta kriterijuma, desno vrednosti alternativa koje, istovremeno, pokazuju i rang-listu alternativa za posmatrani primer). Izlomljene linije predstavljaju promene prioriteta alternativa od kriterijuma do kriterijuma, kao i rang-listu alternativa za kriterijume pojedinačno.

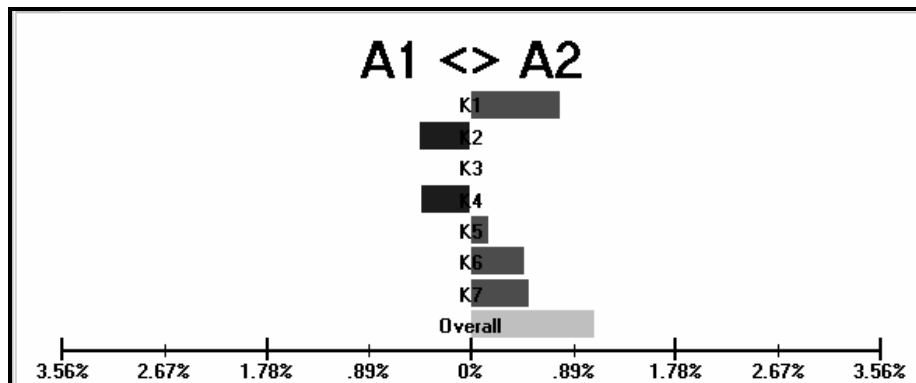
Značajnost analize osetljivosti performansi jeste u mogućnosti određivanja konačnog rešenja, odnosno rezultata – rang-liste alternativa za bilo koji čvor na stablu kriterijuma u okviru pripadajućeg nivoa.



Slika 5 – Analiza osetljivosti performansi na nivou problema
Figure 5 – Sensitivity analysis of performances at the problem level

Analiza osetljivosti „glava glavi“

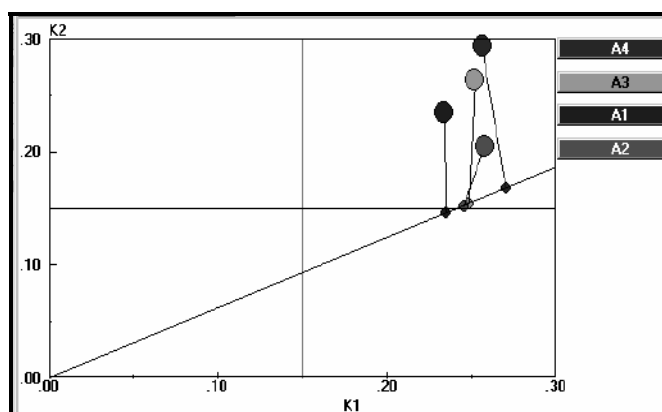
Analizom osetljivosti „glava glavi“ određuje se za koji procenat je veća značajnost razmatranog kriterijuma u jednoj od odabranog para alternativa u odnosu na drugu. Za određivanje tog procenta koristi se skala koja se nalazi ispod skupa kriterijuma za koje se određuje tražena vrednost (sl. 6). Na kraju skupa kriterijuma opcijom OVERALL daje se mogućnost ocene procentualne razlike značajnosti za posmatrane alternative na nivou čvora.



Slika 6 – Analiza osetljivosti „glava glavi“ na nivou problema između alternativa A1 i A2
 Figure 6 – Head to head sensitivity analysis at the level of the problem between A1 and A2 alternatives

Dvodimenzionalna analiza osetljivosti

Graf dvodimenzionalne osetljivosti pokazuje kako se alternative ponašaju prema dva kriterijuma. Ako je položaj alternativa prikazan u gornjem levom i donjem desnom kvadrantu odabrani kriterijumi su u konfliktu, tj. prioritet alternativa raste sa povećanjem prioriteta jednog kriterijuma, a sa povećanjem prioriteta drugog kriterijuma opada.



Slika 7 – Dvodimenzionalna analiza osetljivosti na nivou problema
 Figure 7 – Two-dimensional sensitivity analysis at the problem level

Prema položaju alternativa (sl. 7), čiji su simboli prikazani u gornjem desnom kvadrantu, zaključuje se da kriterijumi K1 i K2 nisu konfliktni. Izborom odgovarajuće opcije na projekcionoj liniji prikazuje se rang-lista alternativa za sve kriterijume na nivou čvora, što se, takođe, uočava na istoj slici.

Zaključak

Na osnovu izvršene analize izbora kriterijuma i osetljivosti dobijenih rešenja pri izboru kandidata za radno mesto menadžera, dolazi se do sledećih zaključaka u vezi sa činjenicom da je cilj rada da se postupak izbora objektivizira i olakša problem donosiocu odluke:

- izborom i opisom kriterijuma za izbor menadžera otvorene su mogućnosti za izbor kandidata za bilo koje radno mesto,
- opisan je postupak primene metode i kroz matematički model određen najbolji kandidat,
- posebnu pažnju treba posvetiti određivanju težina kriterijuma, odnosno poznavanju pravog značenja kriterijuma,
- utvrđeno je kako promena prioriteta jednog kriterijuma utiče na promenu prioriteta drugih kriterijuma i alternativa, odnosno moguća je analiza različitih varijanti pristupa rešavanju problema,
- primenom programskog paketa utvrđeni su međusobno konfliktni kriterijumi.

Literatura

- Bojanović, R., 1998. *Psihologija međuljudskih odnosa*, Centar za primenu psihologiju, Beograd,
- Brekić, J., 1991. *Strateški menadžment*, Megatrend, Beograd,
- De Cenzo, A.D., Robbins, P.S., 1999. *Human Resource Management 6th ed.*, John Wiley and Sons, New York,
- Kvaščev, R., 1986. *Psihologija stvaralištva*, BIGZ, Beograd,
- Nikolić, I., Borović, S., 1996. *Višekriterijumska optimizacija*, CVŠ VJ, Beograd,
- Pantić, D., 1990. *Karakteristike moderne ličnosti i psihološka struktura modernizma kao vrednosne orijentacije*, Psihologija 3–4, Beograd,
- Softver Expert Choice, 2000, EC2000, Expert Choice Inc., Pittsburg, USA.

ANALYSIS OF SELECTION CRITERIA AND THE SENSITIVITY OF SOLUTIONS IN SELECTING CANDIDATES FOR A JOB POSITION

FIELD: Management, Operations Research
ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Summary:

In order to have the best execution of required job tasks, the best task performer should be chosen. The problem of selection of job candidates has been present for long and it was mainly based on empirical estimates and feelings.

Multicriteria analysis methods allow a more objective approach to the selection of job candidates. One of these methods is the method of analytical hierarchy process (AHP), which, besides the selection, provides the sensitivity analysis of solutions.

This paper considers the criteria for manager selection and analyzes the sensitivity of the obtained solutions with the assumed set of alternatives.

Introduction

Detailed research and analyses of management and human resource management have led to the following basic principles that need to be implemented in any organization:

– Forming working environment without conflicts where both the employer and the employee have the same goal – the success of the organization.

– Forming such working environment that motivates employees to work and use their knowledge and skills to the fullest extent,

– Establishing a balance between the demands of employees and their organization, etc.

For the implementation of these principles, the staff structure is essential. It is correlated with the choice of candidates that until now was based mainly on empirical estimates. The lack of objective approaches is now overcome by the application of multicriteria analysis methods.

Criteria for the selection of managers

The selection of human resources at work is a very complex task. It requires a search for candidates who will meet the requirements of a position with their knowledge, skills and criteria. The goal function is determined by the choice of criteria for managers and their weight coefficients. On the basis of the analysis of managerial tasks, the criteria for the best candidates have been chosen. The criteria are divided into:

- creativity,*
- constructiveness,*
- boldness,*
- communication,*
- culture,*
- cooperation, and*
- character.*

Sensitivity analysis of the final solution

An important feature of the AHP method is the sensitivity analysis of the final solution using the original software package EhPERT Choice program, which enables testing different sets of alternative solutions. The sensitivity analysis presents related changes in the priorities of alternatives as a function of the importance of attributes or criteria [7].

Dynamic sensitivity analysis

This method indicates that a change in the priority of one criterion affects the priorities in other criteria and the priorities of alternatives (candidates) within the observed criterion, as shown in the graph of the dynamic sensitivity analysis (Fig. 3).

Gradient sensitivity analysis

The gradient analysis (Fig. 4) is used to monitor the impact of changing priorities of one criterion onto the change of priorities of other criteria and alternatives, i.e. onto the final ranking list of alternatives as a result.

Performance sensitivity analysis

This procedure presents the priorities of the criteria and alternatives (candidates) for all criteria taken individually and collectively at the global level and the criteria levels. The significance of the performance sensitivity analysis is in the possibility of determining the final decision – alternative ranking for any node in the criteria tree within the respective levels (Fig. 5).

Sensitivity analysis head to head

This method determines the difference in the significance of one considered criterion in one of the selected pairs of alternatives in relation to the other one, expressed in percentage. A scale below the set of the criteria for which the required value is determined (Fig. 6) is used in the analysis.

Two-dimensional sensitivity analysis

This analysis shows how alternatives behave according to two criteria and whether the criteria are in conflict (Fig. 7).

Conclusion

The analysis of the selection criteria and the sensitivity of the obtained solutions in the selection of candidates for managerial positions leads to the following conclusions regarding the fact that the goal of the analysis is to make the selection procedure objective and to facilitate decision-making:

- selection and description of the criteria for the manager selection open the possibilities for the selection of candidates for any position,*
- the method application procedure is described and the best candidate chosen using a mathematical model,*
- special attention should be paid to determining the weight of criteria and to the knowledge of the true meaning of the criteria,*
- it was determined how the change in the priorities of one criterion affects the change of priorities and criteria of other alternatives, i.e. it is possible to apply an analysis of different versions of approaches to problem solving,*
- mutually conflicting criteria are determined using the software package.*

Key words: candidate, solutions, sensitivation, selectivity, workplace, executives.

Datum prijema članka/Paper received on: 25. 05. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 20. 07. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/Paper accepted for publishing on: 22. 07. 2012.

PROJEKTI PROJECTS

DIGITALIZACIJA ARHIVSKE GRAĐE U VOJNOM ARHIVU

Rade M. Pavlović

Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Sektor za politiku
odbrane, Institut za strategijska istraživanja, Vojni arhiv,
Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-1959

OBLAST: računarske nauke
VRSTA ČLANKA: projekat

Sažetak:

U ovom radu opisan je program Aplikacija za digitalizaciju arhiva – ADA. Aplikacija je izrađena po zahtevu Vojnog arhiva Ministarstva odbrane Republike Srbije i prati kompletnu strukturu sređenosti arhive. Opisani su najznačajniji delovi aplikacije namenjeni za digitalizaciju dokumenata, kao i zadaci radnih mesta za digitalizaciju dokumenata. Proces digitalizacije može se podeliti u tri faze koje čine jednu celinu, a cilj je da se zaštite dokumenti i na najefikasniji način prikažu korisnicima – istraživačima. Faze digitalizacije su proizvodnja, rad sa istraživačima, odnosno administracija korisnika i prikaz digitalizovanih dokumenata. Iako se često koristi termin skeniranje, digitalizacija je složen proces i zahteva realizaciju svih faza da bi se dobio krajnji proizvod. Pri tome je povećana mogućnost istraživačima da pristupe većem broju dokumenata prilikom istraživanja i ne postoji zavisnost od raspoloživih kapaciteta u smislu iznošenja i vraćanja arhivske građe u depoe arhiva. U radu su prikazani i vizuelni izgledi aplikacije za neke od delova procesa digitalizacije.

Ključne reči: digitalizacija, digitalni dokument, aplikacija za digitalizaciju.

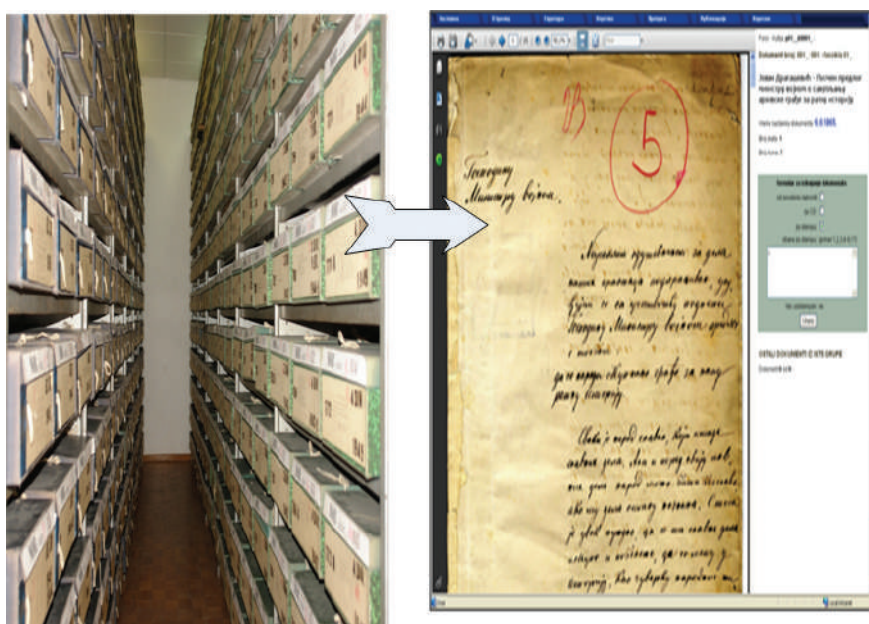
Uvod

U sled intenzivnog korišćenja, stariji dokumenti se habaju i nepovratno propadaju, što arhive dovodi u tešku situaciju da korisnicima ograničavaju pristup takvoj vrsti građe. Primarni cilj procesa digitalizacije, pre svega, trebalo bi da bude sadržan u očuvanju osetljivijih i vrednijih delo-

va fonda. Digitalizacija treba da reši upravo takve probleme, gde bi se stvaranjem digitalnih kopija (na optičkim medijima, veb serverima, itd.) korisnicima pružila mogućnost da dobiju makar neki pristup dokumentima. Tu dolazimo i do drugog cilja, a to je veća dostupnost digitalnih kolekcija korisnicima. Primarni cilj procesa digitalizacije bi, pre svega, trebalo da bude sadržan u očuvanju osetljivijih i vrednijih delova fonda (Trifunović, 2007, str. 28).

Digitalizacija se može definisati na mnogo načina. Duže definicije, koje se baziraju na tehničkim detaljima, glasile bi kao prenošenje nekog analognog materijala u digitalni oblik (slika 1) i organizovanje digitalizovanih dokumenata kroz kolekcije, koje korisnik može pregledati i pretraživati (Porubović-Vidović, 2001, pp.50–60). Kraće i jednostavnije definicije nastoje da na jezgrovit način obuhvate suštinu digitalizacije, naglašavajući očuvanje, promociju i korišćenje digitalizovanih dokumenata u „virtuelnom“ svetu digitalnih tehnologija.

Najprostija i potpuno pogrešna objašnjenja definisala bi digitalizaciju kao skeniranje ili fotografisanje građe. Pomenute operacije samo su koraci u procesu digitalizacije, koji prethode ostalim. Upravo postojanje mnogih poslova koji čine proces digitalizacije, poslova koji se mogu grubo svrstati u nekoliko grupa: priprema, skeniranje, kontrola kvaliteta, indeksiranje, formiranje rezervnih kopija, obezbeđivanje stalne dostupnosti digitalnog dokumenta, ukazuju na složenu prirodu digitalizacije, koju dodatno komplikuje brzo menjanje hardvera i softvera.



Slika 1 – Prevođenje analognih podataka u digitalni oblik na primeru digitalizacije arhivske građe
Figure 1 – Transformation of analog data to the digital form in the example of the digitization of archive material

Kako bi ispunili sve navedene zadatke, za projekat digitalizacije Vojnog arhiva izrađen je specijalan program. Program je nazvan ADA – Aplikacija za digitalizaciju arhiva (engl. Archive Digitization Application). ADA objedinjuje niz podaplikacija koje podržavaju i prate celokupan proces digitalizacije Arhiva i upotrebe digitalizovanih dokumenata. Aplikacija je napisana u ASP-u, tako da se lako instalira u svakom standardnom mrežnom MS Windows okruženju. Programski jezici koji su korišćeni za pisanje aplikacije su vb-script, java-script i java.

Aplikacija za digitalizaciju

Aplikacija, kao i proces digitalizacije, može se podeliti u tri celine: proizvodnja, administracija i pristup digitalizovanim dokumentima (Pavlović, 2011). Celine su podeljene tako da se mogu izvršavati nezavisno, a na kraju spajanjem svih delova dobija se krajnji proizvod – digitalizovani dokument (www.archivedigitization.org). On sadrži digitalnu kopiju originalnog dokumenta u pdf formatu i unete tekstualne karakteristike za dokument, kao što su njegov sadržaj, datum nastanka i broj listova. Na taj način omogućena je i lakša pretraga dokumentima po rečima koje su unete u sadržaj i godini porekla dokumenta. Takođe, visoka rezolucija u kojoj se radi skeniranje dokumenata i mogućnost uvećanja više puta omogućava lakše čitanje i dokumenata koji su nečitko napisani ili delom oštećeni.

Procesi u digitalizaciji koji su dozvoljavali automatizovan rad znatno su ubrzani i smanjena je mogućnost greške, koristeći više načina kontrole. Pri tome i nazivi digitalizovanih dokumenata sadrže signaturu dokumenta koja je jedinstvena za svaki list arhivske građe. Pored ostalog, definisani su i nivoi pristupa za sve korisnike programa, gde se daju samo određene dozvole. Administrator ima kompletan pristup svim delovima programa i jedini je u mogućnosti da radi odgovarajuće izmene uz odobrenje pretpostavljenih (slika 2).

Proizvodnja

U proces proizvodnje uključen je najveći broj operatera i sadrži veći broj faza. Skeniranje je samo jedna od faza i vremenski je najzahtevnija u procesu digitalizacije. Međutim, automatizacijom skeniranja može se znatno ubrzati proces digitalizacije. Najveći problem prilikom izrade programa za digitalizaciju predstavljali su različiti pristupi prilikom sređivanja dokumenata. Naime, Vojni arhiv postoji već više od 130 godina, pa su se samim tim, u ovom dugom periodu, pravila za obradu i sređivanje dokumenata menjala. Ipak, pronađeni su kompromisi kako bi se sve ove različitosti uklopile i omogućena je digitalizacija za sva dokumenta u

Arhivu. Deo programa ADA koji je namenjen za proizvodnju omogućava jednostavan rad i kontrolu procesa skeniranja, unosa podataka i kontrole proizvodnje (Jefferson Institute, 2006). U delu proizvodnje postoje sledeća radna mesta:

- administrator – upravlja celokupnim procesom digitalizacije i kontroliše rad svih korisnika,
- supervizor – kontroliše rad jedne grupe operatera, izdaje dokumenta na skeniranje, kontroliše svaki skenirani dokument (pripadnost, kvalitet, ...),
- operater za skeniranje i unos podataka – vrši skeniranje dokumenata i unos podataka vezanih za svaki dokument.

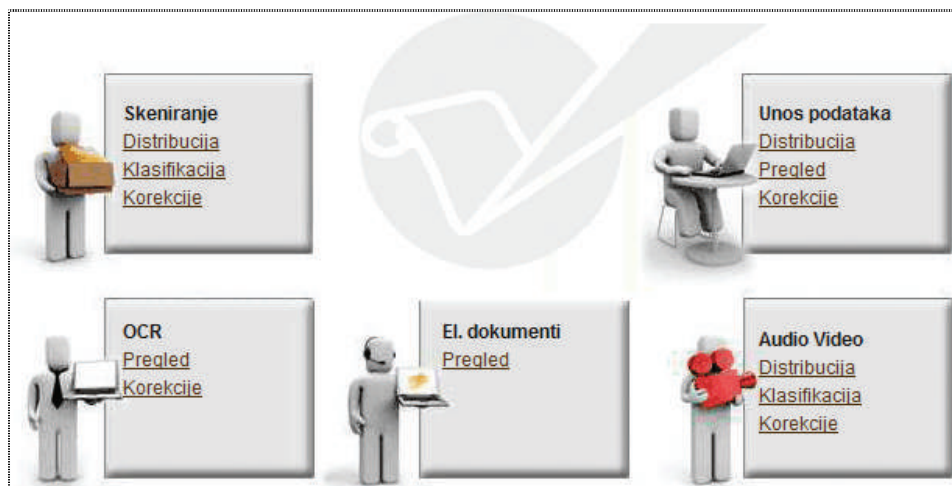
Svaki od navedenih radnika loguje se na aplikaciju sa korisničkim imenom i lozinkom koju dodeljuje administrator. Prilikom logovanja korisniku se otvara deo aplikacije koji je potreban za rad na određenom nivou. Na taj način sprečava se mogućnost namernog ili nenamernog narušavanja procesa digitalizacije, a sa druge strane korisnicima olakšava pristup delu programa koji je od interesa svakom od njih bez „lutanja“ kroz ceo program.



Slika 2 – Administratorska strana Aplikacije
Figure 2 – Administrator page of the Application

Proizvodnja počinje dodeljivanjem dokumenata za skeniranje operateru na skeneru. Supervizor se loguje u aplikaciju i pri tome se otvara prozor prikazan na slici 3. Ukoliko ima više proizvodnih linija, pojaviće se kartice sa strane sa svim linijama, ali će supervizor biti u mogućnosti da

pristupi samo svojoj liniji i ona je jedino aktivna. U ovom delu programa supervizor može da izabere da li će da dodeli dokumenta operaterima na skeniranje, dodeli zadatak daktilografima za unos podataka ili će da vrši pregled već skeniranih dokumenata.



Slika 3 – Izgled dela aplikacije ADA za superviziju proizvodnje
Figure 3 – Partial view of the ADA application for production supervision

Supervizor dodeljuje dokumenta operaterima, popunjavajući obrazac koji definiše signaturu grupe dokumenata, operatera koji će da skenira dokumenta i radnu stanicu na kojoj će se dokumenta skenirati. Aplikacija automatski otvara foldere u kojima će se smeštati skenirana dokumenta na izabranoj radnoj stanici. Pri tome supervizor može da prati izdate zadatke operaterima uz vreme od kada su aktivni (slika 4). Supervizor se ne mora nalaziti u prostoriji gde se radi skeniranje i unos podataka, a može pratiti učinak svih operatera, jer na kraju dobija informaciju o broju skenova za svaku celinu i uz period kad je otpočet rad operatera dobija kompletne informacije o učinku svakog operatera zasebno i grupe u celini. Svakako se uzima, u obzir da se ne može uvek istom brzinom skenirati arhivska građa ili unositi podaci. Postoje dokumenta koja su u lošem stanju i gde je potrebno uraditi nekoliko koraka u vidu pripreme za skeniranje pre dolaska na skener, što može oduzeti više vremena nego što je samo skeniranje. Pored toga, i veliki raspon formata isto utiče na brzinu skeniranja, koju supervizor mora uzeti u obzir prilikom proračuna efikasnosti operatera. Što se tiče unosa podataka vezanih za sadržaj dokumenata i signatura i tu efikasnost varira u zavisnosti od toga da li su sadržaji pisani rukom ili mašinom i njihove čitkosti.

Na skeniranju						
Novi unos						
Naziv kutije	Orig. naziv	Datum	Preuzeo	Radna st.	Beleska	Prijem
<u>ndh_k0800</u>	800	4/26/2012 12:22:04 PM	Tanackovic	Tim-1 Operator CANON DR7080C		
<u>ndh_k0801</u>	801	4/26/2012 12:23:56 PM	Stević	Tim-1 Operator Plustec1		
Primljene sa skeniranja						
Kutija	Datum	Pregled	Beleska			

Slika 4 – Lista zadataka koje je supervizor zadao operaterima za skeniranje
Figure 4 – List of tasks given to scanner operators by the supervisor

Sa druge strane, operater za skeniranje dokumenata logovanjem na aplikaciju dobija spisak zadataka koje treba da izvrši i radi skeniranje svakog dokumenta pojedinačno, uz snimanje na lokalnoj radnoj stanici (slika 5). Dokumenta se snimaju po redu i dobijaju nazive od 0 (omot fascikle) pa do poslednjeg dokumenta. Ukoliko neki od dokumenata nedostaje skenira se list na kojem piše da dokument nedostaje i stavlja na njegovo mesto. Ukoliko se dokument kasnije pronađe, može se naknadno skenirati i zameniti. Po završetku skeniranja određene celine, operater putem aplikacije obaveštava supervizora o završetku zadatka. Supervizor vrši preuzimanje dokumenata putem aplikacije, koja prebacuje sve fajlove na server računar i dodeljuje im imena koja označavaju signaturu svakog dokumenta posebno.

Naziv kutije	Datum	Orig. naziv	Broj str.	Preuzeo	skenirano
<u>ndh_k0800</u>	4/26/2012	800		Tanackovic	
			fascikla: 1	<u>završena >>></u>	
			fascikla: 2	<u>završena >>></u>	
			fascikla: 3	<u>završena >>></u>	
			fascikla: 4	<u>završena >>></u>	
			fascikla: 5	<u>završena >>></u>	
Dorada					
Naziv kutije	Datum	Orig. naziv	Broj str.	Preuzeo	skenirano

Slika 5 – Spisak zadataka koje je supervizor zadao operateru
Figure 5 – List of operator's tasks received from the supervisor

Na primer, naziv dokumenta „novj_k0236_f03_050_001_20091222101102“ označava da dokument pripada fondu „Narodno-oslobodilačka Vojska Jugoslavije – NOVJ“, iz kutije broj 236, fascikle broj 03 i da je to dokument pod rednim brojem 50. Ostali brojevi pokazuju datum i vreme skeniranja dokumenta.

Posle opisanih radnji svi skenirani dokumenti preneti su na server i sledeći zadatak je unošenje informacija o dokumentu, odnosno unos kratkog sadržaja ili opisa dokumenta. Nezavisno od procesa skeniranja supervizor daje zadatak daktilografu za unos podataka sa jasnom definicijom grupe dokumenata za koju treba da unese podatke. Daktilograf se na isti način kao i operater za skeniranje loguje u aplikaciju i pristupa unosu podataka. Na levoj strani ekrana otvara se prozor sa fasciklom na kojoj su popisani svi dokumenti sa signaturom, datumom nastanka, kratkim sadržajem i informacijom o broju listova dokumenta (slika 6). Fascikle je operater ranije skenirao i postavio kao nulti dokument u nizu, te ih na taj način program prepoznaje prilikom otvaranja. Sa desne strane ekrana nalazi se formular koji daktilograf popunjava i koji sadrži polja koja se nalaze u fascikli dokumenata (slika 7). Formular je sličan formularu fascikle i omogućava jednostavan unos podataka sa smanjenom mogućnošću greške. Fascikle su popunjavane ručno u cirilici ili latinici, u nekim slučajevi i na stranom jeziku, što otežava unos daktilografima. Mogućnost uvećavanja (zumiranja) nejasnih delova doprinosi pravilnijem unosu i smanjenju greške unosa.

5 1 0
SEKCIJA ZA MIKROFILM
21-04-1999 10 god.

РЕГ. ЈЕД.	43	ФОНД (ЗБИРКА)	17-1	КУТИЈА	1	ФАСЦИКЛА	1
ЛИСТОВА	200						

Указ Драганић - Према са сакупљању грађа за ратну историју
Указ Мамарић - Према са сакупљању грађа за ратну историју
Врхуњац, Драганић, Мамарић и други са сакупљању грађа за ратну историју

Ред. бр.	Број и датум документа	НАЗИВ ДОКУМЕНТА И ПРИЛОЗИ	Број листова	ПРИМЕДБА
1	2-1-1965	Указ Драганић - Према са сакупљању грађа за ратну историју	2	
2	8-1-1965	Указ Мамарић - Према са сакупљању грађа за ратну историју	44	44 листа
3	1-1-1966	Врхуњац, Драганић, Мамарић и други са сакупљању грађа за ратну историју	13	Укупно 13 листа

Slika 6 – Izgled fascikle sa popisom dokumenata
Figure 6 – Folder with a list of documents

Za svaki skenirani dokument sa unetim podacima vrši se provera ili supervizija. Sistem za digitalizaciju podrazumeva dve provere – računarsku i vizuelnu (subjektivnu). Računarska provera sastoji se u poređenju signatura koje je uneo daktilograf sa signaturom koju je dobio dokument nakon skeniranja i prebacivanja na server. Ukoliko se ove dve signature poklapaju dokument prolazi kontrolu i spreman je za vizuelnu proveru, a ukoliko su različite daje se zadatak supervizoru da proveri gde je došlo do greške i da je ispravi. Verovatnoća da dođe do greške i da dokument ode na pogrešno mesto u sistemu gotovo je ravna nuli, jer je teško da daktilograf i operater na skeneru naprave istu grešku.

Fascikla	Br. arh. jed.	Br. dok.	Br. delo vodnika	Vreme	Naziv	Broj akata	Broj lista
1_							
1_							
1_							

Slika 7 – Obrazac za unos meta-podataka
Figure 7 – Meta-data input form

Dokument koji prođe kroz skeniranje, unos podataka i računarsku kontrolu dolazi kod supervizora na pregled. Supervizor pregleda svaki dokument i upoređuje sa originalom u papirnoj verziji. Ukoliko je kvalitet skeniranja loš ili je greškom izostavljen neki deo, supervizor vraća na ponovnu doradu nekom od operatera (ne mora biti isti operater koji je skenirao dokument). Proces vraćanja odvija se na isti način kao i proces zadržavanja novih dokumenata i u potpunosti je automatizovan. Nakon svih izvršenih provera dokument je spreman za prezentaciju. Korisnicima postaje dostupan nakon svrstavanja u fond-potfond kojem pripada.

Spajanje sa grupama vrši se na nivou određene jedinice, u najčešćem slučaju kutije. Svaka kutija povezuje se sa strukturom arhiva koja je već ranije definisana, a više kutija može pripadati jednom sadržaju, kao i obrnuto – u jednoj kutiji može se nalaziti više različitih celina, što je znatno ređi slučaj. To je veoma važno za pretragu dokumenata, jer su kutije sa sličnim sadržajem povezane i lakše se dolazi do traženih informacija.

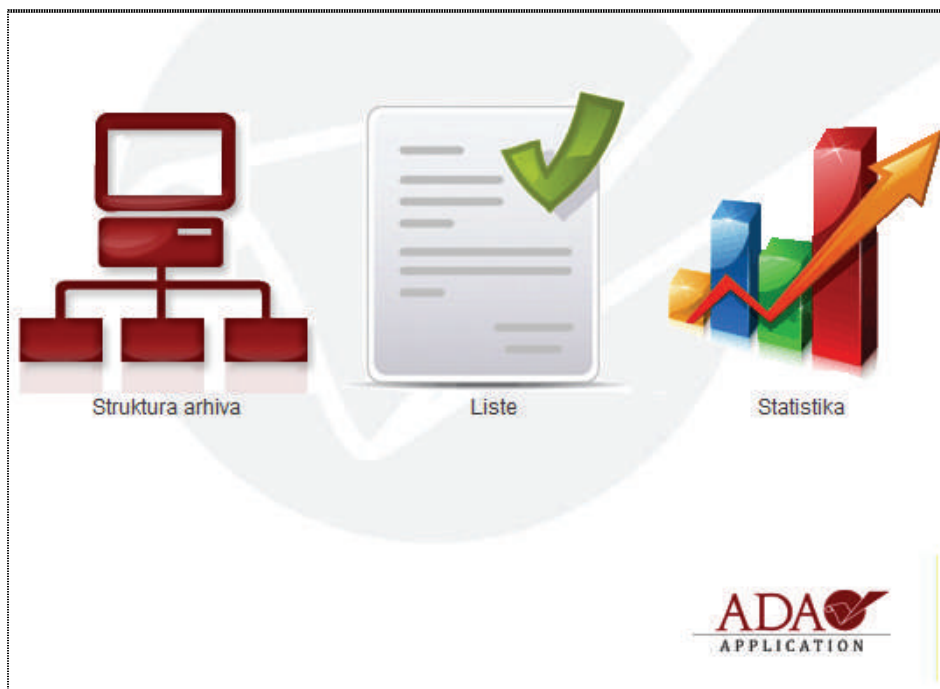
Dokumenti koju su pisani mašinom ili, u novije vreme, rađeni na računaru i odštampani na štampaču mogu se pročitati OCR softverom. Aplikacija sama razvrstava dokumenta u foldere za ćirilicu i latinicu radi pripreme za prepoznavanje teksta. OCR se pokreće na kraju radnog vremena, naizmenično za ćirilicu i latinicu i automatski se odvija u toku noći. Nakon završetka procesa čitanja startuje se prebacivanje pročitanoć teksta u bazu. Na taj način dobiće se više ili manje elemenata za računarsku pretragu preko ključne reći i samim tim obogatiti ovakav način pristupa digitalizovanim dokumentima. Takođe, ADA je namenjena za digitalizaciju audio i video-snimaka, kao i za arhiviranje elektronskih dokumenata, koja će biti budućnost svake institucije.

Rad sa istraživaćima

Cilj digitalizacije je da se, pored prevođenja analognih dokumenata u digitalne, omogući i uvid u rad istraživaća arhivske građe. Prilikom toga vodi se računa da istraživaći na što jednostavniji način, uz određene nivoe zaštite, pristupe dokumentima. Program ADA sadrži deo koji je namenjen za rad sa istraživaćima arhivske građe i naziva se administracija korisnika – istraživaća. Digitalizovana arhivska građa daje se istraživaćima na uvid samo u digitalnom obliku, izuzev u slučajevima gde je potrebno dokazati originalnost. Dokumenti se mogu dobiti i u papirnoj verziji radi poređenja sa digitalizovanom.

Za pristup digitalizovanim dokumentima preko aplikacije ADA koriste se ćip kartice. Administrator svakom od korisnika izdaje karticu sa kojom korisnik pristupa odobrenim dokumentima. Podaci o korisniku kartice unose se u bazu podataka uz sliku koja se pravi pomoću digitalnog foto-aparata. Takođe, korisniku se definiše i nivo pristupa dokumentima, odnosno on može da otvara samo dokumenta za koje poseduju dozvolu. Na kartici se nalazi samo šifra, a svi podaci su u bazi podataka.

Za rad sa istraživaćima zaduženo je lice koje se loguje svojim korisničkim imenom i lozinkom. Prilikom logovanja otvara se samo deo programa koji je namenjen za taj rad (slika 8). U delu programa za administraciju korisnika nalaze se tri potceline: struktura arhiva, liste i statistika. Struktura arhiva pomaže administratoru da lakše odredi za koju arhivsku građu će odobriti dozvolu istraživaću. Data je kompletna struktura do najmanje jedinice građe, odnosno kutije, sa njenim sadržajem. Liste predstavljaju najkompleksniji deo administracije korisnika i biće detaljno objašnjene u daljem delu. Statistika pomaže administratoru i osoblju arhiva za praćenje broja istraživaća, kolićine arhivske građe koja je pregledana, najkorišćenijih fondova u toku meseca ili godine i drugo. Takođe, statistika pomaže i u određivanju prioriteta za dalju digitalizaciju arhivske građe.

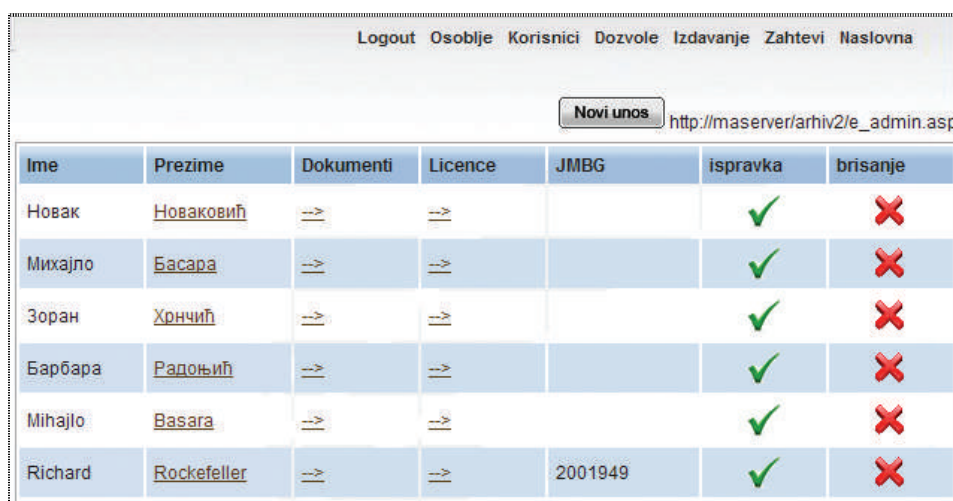


Slika 8 – Početna strana za rad sa istraživačima arhivske građe
Figure 8 – Starting point for the work with researchers

Prvi korak za rad sa istraživačima jeste uvođenje istraživača u listu korisnika i određivanje nivoa pristupa istraživaču. Navedeni korak radi se samo prilikom prvog pojavljivanja istraživača u digitalnom arhivu. Istraživaču se određuje i period važenja dozvole, nakon čijeg isteka ukoliko nije dozvola obnovljena, istraživač ne može koristiti digitalna dokumenta.

Prilikom otvaranja listi korisnika administrator dobija tabelu sa svim istraživačima koji su uneseni u bazu. U gornjem desnom uglu programa nalaze se kartice sa putanjama do delova programa za administraciju istraživača (slika 9). Ukoliko se radi o istraživaču koji je prvi put u digitalnom arhivu, administrator otvara polje pod nazivom izdavanje. U delu izdavanje pokreće se procedura za izdavanje kartice istraživaču. Pošto se pored podataka istraživača u bazu unosi i slika, prvo je potrebno napraviti fotografiju korisnika. Otvara se prozor sa linkom na program za izradu fotografija koji je povezan sa digitalnim foto-aparatom. Slika istraživača se prvo automatski smešta u privremeni folder koji mora biti prazan i iz kojeg program uzima sliku i smešta u bazu. Nakon fotografisanja, administrator se vraća u isti deo programa i potvrđuje da je foto-

grafija izrađena. Ukoliko je iz nekog razloga već postojala fotografija istraživača, administrator može da je kopira u navedeni folder i da krene na sledeći korak bez otvaranja programa za slikanje. Ovaj deo urađen je i zbog toga da se u slučaju trenutnog kvara ili problema sa digitalnim foto-aparatom može istraživaču izraditi kartica i dodeliti dozvola za istraživanje.



Ime	Prezime	Dokumenti	Licence	JMBG	ispravka	brisanje
Новак	Новаковић	=>	=>		✓	✗
Михајло	Басара	=>	=>		✓	✗
Зоран	Хрнчић	=>	=>		✓	✗
Барбара	Радоњић	=>	=>		✓	✗
Mihajlo	Basara	=>	=>		✓	✗
Richard	Rockefeller	=>	=>	2001949	✓	✗

Slika 9 – Deo aplikacije za pregled korisnika digitalizovane građe
Figure 9 – Part of the Application for overviewing users of digitized material

U daljem delu otvara se stranica za unos podataka za istraživača. Pored osnovnih podataka o imenu, prezimenu, mestu i datumu rođenja, potrebno je uneti svrhu rada istraživača i njegov kontakt telefon ili mail za slučaj da istraživača treba obavestiti o nekim promenama. Nakon unosa potrebnih podataka prelazi se na sledeću stranicu na koju se upisuje šifra istraživača u karticu i povezuje sa bazom na serveru. Šifra predstavlja osmociфreni niz koji se štiti ključem.

Poslednji korak u kreiranju dozvole za istraživača jeste definisanje dozvole, odnosno određivanje nivoa pristupa dokumentima. Istraživaču je moguće dodeliti dozvolu za neograničeni pristup ili za pristup samo određenoj digitalizovanoj arhivskoj građi. Za određivanje pristupa otvara se stranica u kojoj se preko padajućih menija definišu dozvole istraživaču i unose podaci za period važenja licence, odnosno početak i završetak važenja. Sada je upisan novi istraživač u bazu i može da pristupi digitalizovanim dokumentima za koje poseduje dozvolu (slika 10).

ID: 191

Korisnik:

Datum pocetka vazenja:

Datum kraja vazenja:

Tip licence:

Fond:

Datum izdavanja:

Slika 10 – Unos dozvole za istraživača
Figure 10 – Permit entry for researchers

Pre dodeljivanja kartice istraživaču štampa se slika i ime i prezime istraživača na kartici, koja će omogućiti istraživaču istraživanje u digitalnoj čitaonici. Administratoru se otvara program za štampanje kartica, kao što je prikazano na slici 11. Jednostavnim dvoklikom na jedno od polja koje se upisuju na karticu (slika, ime i prezime, funkcija istraživača, ..) administratoru se otvara boks i daje mogućnost izmene podataka ili unosa nove slike. Zatim sledi štampanje kartice na štampaču uz vođenje računa da se slika pozadine stavlja na stranu gde se nalazi čip, dok se strana sa slikom i podacima štampa na čistom delu kartice.

Ukoliko se radi o istraživaču koji već poseduje karticu i kome je ranije bilo odobreno istraživanje, njemu se ne izdaje nova kartica već se samo menja tip dozvole ili produžuje period važenja u zavisnosti od toga gde su nastale promene. Nakon izdavanja dozvole istraživaču i upisivanje šifre na karticu, program se vraća na početnu stranicu liste.



Slika 11 – Izgled kartice u programu za izradu
Figure 11 – View of a card in the card-making program

Pored izdavanja dozvola, u gornjem desnom uglu nalaze se još kartice sa kojima se mogu izdvojiti samo aktivni korisnici, odnosno kartica „dozvole“, pregledati zahtevi korisnika za snimanjem građe, pregledati dozvole osoblja arhiva i vratiti se na početnu stranicu programa za administraciju korisnika ili izlogovati iz programa. Važan deo programa za administratora, odnosno deo koji administratoru olakšava rad sa istraživačima, jeste snimanje izdvojenih dokumenata na neki od medijuma. Administrator može ulaskom u deo pod nazivom „zahtevi“ otvoriti imena istraživača koji su izabrali dokumenta za snimanje. Administrator ih može direktno štampati ili ih automatski prebaciti u folder sa kojeg će moći da ih snimi na neki od medijuma.

Administrator može da prati kompletan rad istraživača sa udaljene tačke, odnosno ne mora biti prisutan u prostoriji za pregled digitalizovane arhivske građe ili može postojati više ovakvih prostorija sa kojima se može upravljati iz zajedničke tačke. U delu programa koji se odnosi na liste istraživača mogu se pregledati i sva dokumenta koje je istraživač otvarao (slika 12).

ИЗАБРАНИ ДОКУМЕНТИ - Далибор Велочић											
купија	фасц.	група	/	број	назив документа	Време	ЦД	штампа	страно	Датум	веб презент
ssno_k0031_	03_	003_	/	001	Извештај Управе за в.п.п.т.х. истраживања Стр. поа. 123/63 - о раду управе у 1952 год	1.4.1963				17.4.2012	не
ssno_k0047_	01_	002_	/	001	Обавештење о граничном обезбеђењу Румунске територије, о бројном стању, локацији организацији, структури и наоружању 1951 г.					17.4.2012	не
ssno_k0047_	04_	002_	/	001	Анализа - прегледа војно- обавештење ситуације у Мађарској у 1952. години					17.4.2012	не
ssno_k0047_	04_	001_	/	001	Подаци о оружаним снагама Бугарске, о сбезбеђењу граница и други подаци у току 1950 до 1952. год.					17.4.2012	не
ssno_k0047_	03_	001_	/	001	Битан војних информација о Румунији за период до 1952. године, подаци добијени од пребеглих авијатичара					17.4.2012	не
ssno_k0047_	02_	002_	/	001	Подаци о оружаним снагама Бугарске, рађено по јединицама, родовима и воденима војске до 1951. године					17.4.2012	не
p02_k0048_	01_	001_	/	025	К-дант III Армије - К-дант III Армије: Вођа заклн К-данта III Армије у вези организовања велике скупштине Армакта који се не усађа.	16.12.1912				12.4.2012	не

Слика 12 – Lista dokumenata koja je otvorio istraživač
Figure 12 – List of documents opened by researchers

Otvaranjem prozora pomoću strelice koja se nalazi u koloni dokumenti, otvaraju se po redosledu pregleda od najranijih sva dokumenta koje je istraživač pregledao. To je korisno ukoliko istraživač želi da mu se odštampa lista dokumenata koje je već gledao kako ih ne bi koristio u sledećim istraživanjima.

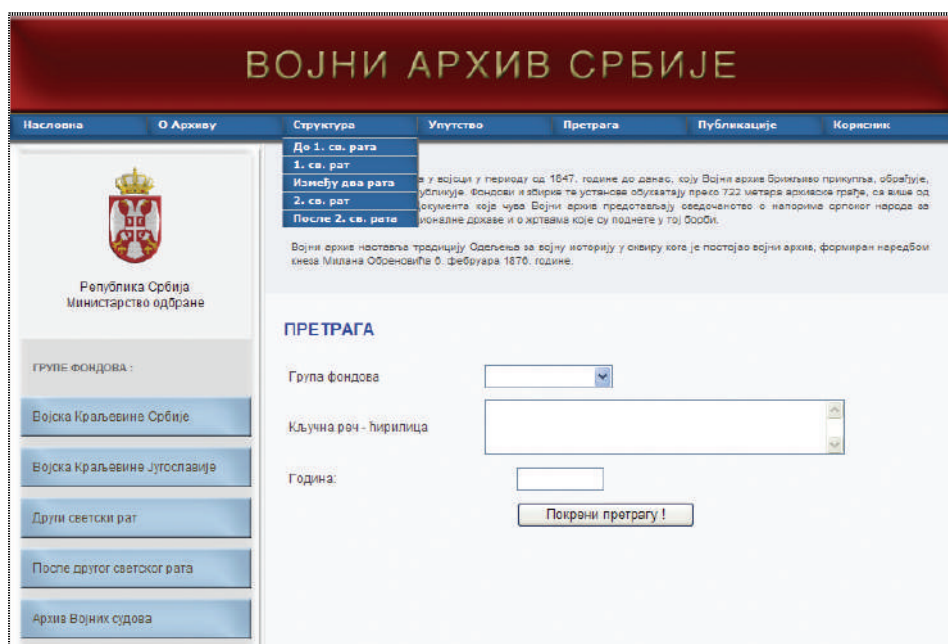
Promena licence može se izvršiti ulaskom u prozor koji se otvara klikom na strelicu u tabeli ispod polja „licence“. Klikom na ovu strelicu otvara se prozor koji je isti kao i poslednji korak prilikom upisa novog korisnika u bazu, tj. unose se samo izmene koje su nastale za već postojećeg korisnika.

Pristup digitalizovanim dokumentima

Pored cilja digitalizacije da se sačuva arhivska građa od uništenja, svakako je i cilj da se istraživačima omogući da što efikasnije pristupe svim željenim dokumentima. Radi toga je i napravljen deo aplikacije koji

se odnosi samo na korišćenje arhivske građe. Istraživač se, za razliku od ostalih korisnika ADA, koji se loguju pomoću korisničkog imena i šifre, na aplikaciju loguje pomoću istraživačke kartice. Prilikom podizanja aplikacije i ubacivanja istraživačke kartice u čitač, istraživaču se otvara početna strana, kao što je prikazano na slici 13.

Na početnoj strani nalazi se „gruba“ struktura arhiva, odnosno podebla na periode sadržaja arhivske građe i mogućnost pretrage preko ključne reči u ćirilici ili latinici. Prema tome, istraživač može da pregleda arhivsku građu na dva načina: preko strukture arhiva, dolazeći do samih dokumenata, i preko ključne reči. Prvi način je sporiji, ali ga koristi veći broj istraživača, i dolazi se do svih dokumenata jednog tipa. Pretraga preko ključne reči je brža, ali može biti neefikasna pošto daje samo dokumenta u čijem se sadržaju nalazi ključna reč. Odnosno, iz unetih meta-podataka vrši se samo pretraga, a ne iz dokumenata pošto je veći deo pisan rukom i ne može se čitati pomoću OCR softvera.



Slika 13 – Naslovna strana aplikacije ADA za pregled digitalizovanih dokumenata
Figure 13 – ADA application home page for the survey of digitized documents

Pretraga preko strukture arhiva počinje ulaskom u neki od perioda arhivske građe koja je od interesa za istraživača. Pri tome se otvara sledeći nivo u kojem je već bliže definisana arhivska građa, na primer fond Prvog svetskog rata i slično. Sledeći nivo već bliže određuje pripadnost

arhivske građe i tako se dolazi do poslednjeg nivoa, odnosno do liste dokumenata, kao što je prikazano na slici 14. Na listi se nalazi broj kutije u kojoj se nalaze dokumenta sa njihovim nazivima. Omogućen je i direktan ulazak u kutije fonda bez prolaska kroz strukturu Arhiva. Ovaj način je pogodan za istraživače koji već znaju signaturu dokumenta (iz knjige, ranijih istraživanja, ...). Uz sadržaj fonda nalazi se prečica pregled kutija fonda, gde se otvara spisak svih kutija po redu sa slovnom oznakom „k“ i četvorocifrenim brojem. Izborom određene kutije otvara se ista stranica, kao što je prikazano na slici 14.

Грађа за историју до Турског рата 1876. године			
Kutija 001_ - листа свих докумената (аналитички инвентар) >>>			
grupa	naziv	vreme	akata
001	Пројекат начина за скупљање грађе за Српску ратну историју	1865	1
002	Војна администрација. Рукописни конспект наредника Јована Мишковића	1865	1
003	Пројекат устанка хришћана у Европској Турској	1866	3
004	Официрска предавања из војне администрације у Крагујевцу од штабног капетана Јована Мишковића	1872	1
005	Питање из војне администрације	1872	1
006	Упути и предавање у официрској школи у Крагујевцу из пољске службе	1872	1
007	Састав војног министарства и Српске војске	1873	1
008	Карактеристика и стање Турске војске и флоте	1873	1
009	Преглед бројног стања стајаће војске	1874	1
010	Табеларни преглед официра свију родова војске у Србији	1874	1
011	Ценовник предмета који се издају из арсенала војницима		1
012	Програм предавања из војне администрације у Војној академији од штабног капетана Д. Ђурића		1
013	Копија садржаја акт Министра војног о скуповима народне војске		1
014	Разна акта Министарства војног уочи рата	1876	7
015	Устројство инжењерије и све о томе	1876	13
016	Расписи разни за корпусне и друге команде копиране од стране капетана Ј. Мишковића	1876-77	1
017	Упут за тактичку употребу коњице у рату	1877	1

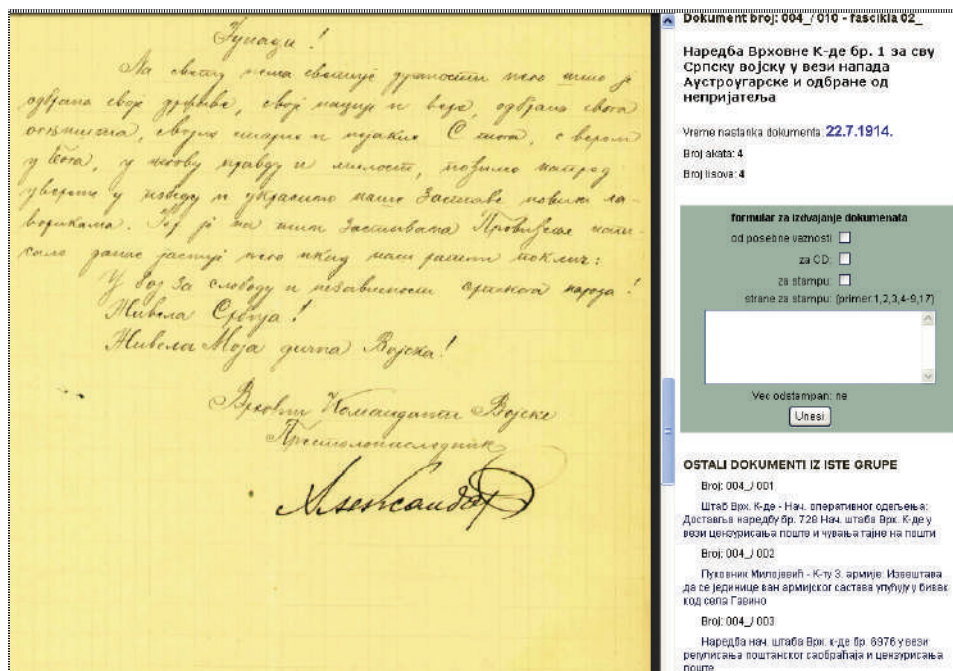
Slika 14 – Pristup digitalizovanim dokumentima kroz fondove Vojnog arhiva
Figure 14 – Access to digitized documents through the Military Archives funds

Pretraga preko ključne reči je brža i do dokumenta se direktno dolazi unosom tražene ključne reči (slika 15). Na ekranu se pojavljuje spisak svih dokumenata čiji meta-podaci sadrže ključnu reč i analogno sa internet pretraživačima ulazi u dokument. Pretraga preko ključne reči daje mogućnost sužavanja pretrage na određeni fond arhivske građe i na godinu nastanka dokumenta. Ukoliko za neki od dokumenata nije uneta godina nastanka (za određeni broj dokumenata starije arhivske građe nije poznat datum ili godina nastanka) onda se i ti dokumenti, ukoliko zadovoljavaju prethodne kriterijume, nalaze na listi iza dokumenata koji ispunjavaju sve uslove pretrage.

REZULTATI PRETRAGE - GRUPA FONDOVA PRE 1945.							
Fond	Kutija	br. arh. jed.	br dok	naziv	Vreme	br akata	br. listova
23	novj_k0002_	003_	/ 001	Депеше - Добродоли, наређење Штабу 1. про бригаде да краљевачки батаљон остане на горњој просторији.	09.01. 1942.	1	1
23	novj_k0002_	006_	/ 001	Наређење Штабу прол.бригаде за друга Фићу о распореду и задацима за краљевачки шумадинско-ужички и космајски батаљон.	15.01. 1942.	1	1
23	novj_k0002_	009_	/ 001	Опште упутство Штабу краљевачког батаљона за његов даљи рад.	31.01. 1942.	1	1
23	novj_k0003_	017_	/ 001	Штаб Четвртог краљ. бат. Врховном штабу. Извештај о покушају непр. напада: контролисању терена долином Дрине до изнад Брода.покушају да се успостави веза са Крагујевачким и бат. и др.	11.05. 1942.	1	2
23	novj_k0006j	009_	/ 001	Пресуда ратног војног суда о кажњавању 5 бораца из 3.д 4. краљ. батаљ. смртном казном због пљачке.	11.04. 1942.	2	3
23	novj_k0017_	007_	/ 001	Телеграм амбасадора његовог величанства Југословенској влади у Каиру и Форин офису који садржи одговоре маршала Тита на постављена питања с краљу, монархији, ИКОЈ-у итд.	27.12. 1943.		
23	novj_k0017_	005_	/ 001	Радиограм Винстона Черчила Јосипу Брозу Титу у вези односа са краљем Петром, Дражом Михаиловићем и савезничке помоћи Југославије.	05.02. 1944.	1	1
23	novj_k0025B	008_	/ 001	Одлука Врховног команданта у вези људства које је припадало бившој краљевској морнарици достављена команданту Керну.	07.10.45.	1	2
23	novj_k0025B	009_	/ 001	Депеша упућена Команди морнарице од генерала Маноле да се упуту у Казерту један виши официр ради довођења флоте бив краљ. морнарице	06.1945.	1	3
23	novj_k0025B	030_	/ 001	Про меморија састављена од капетана Лалчевића Предрага 25.07.1945.г. о разговорима вођеним по питању преузимања људства бив краљ. морнарице.	25.07.1945.	1	6
23	novj_k0060A	001_	/ 001	Писмо краљ. владе у Лондону британском амбасадору за Југославију којим представља ген.-мајора Велебита као представника Вш НОВ и ПОЈ у Лондону.	08.08. 1944.	1	5

Slika 15 – Rezultati dobijeni pretragom preko ključne reči
Figure 15 – Key word search results

Prilikom pretrage na bilo koji od opisana dva načina otvara se digitalizovani dokument kao na slici 16. Dokument se nalazi sa leve strane, uz mogućnost biranja broja strane dokumenta za pregled ili uvećanja ili smanjenja pregleda. Sa desne strane nalaze se osnovne informacije o dokumentu: kratak sadržaj dokumenta, vreme nastanka i broj strana. Ispod osnovnih podataka nalazi se boks u kojem istraživač može da izabere dokument za štampanje ili za snimanje na neki od medijuma. Isto tako, može se uneti i broj strana koje su od interesa ako istraživač ne želi kompletan dokument. U donjem desnom delu nalazi se i lista svih dokumenata koja pripadaju istoj grupi i kojima istraživač može direktno pristupiti. Na ovaj način istraživačima je olakšan pristup dokumentima koji su povezani sa otvorenim dokumentom i jednostavnije istraživanje grupe dokumenata.



Slika 16 – Prikaz digitalizovanog dokumenta korisnicima preko aplikacije ADA
Figure 16 – View of a digitized document through the ADA application

Pored navedenih olakšica i prednosti koje su omogućene istraživačima koji koriste digitalizovanu arhivsku građu, istraživači mogu u svako vreme da pregledaju listu svih dokumenata koje su otvarali sa datumima pregleda i sortiranih od najranijeg datuma.

Zaključak

Aplikacija za digitalizaciju arhiva – ADA u upotrebi je u Vojnom arhivu duže od 5 godina i pri tome se pokazala kao veoma pouzdana i efikasna. Više od 4 miliona listova arhivske građe digitalizovano je i dostupno svim zainteresovanim istraživačima u digitalnoj čitaonici. Takođe, veći broj istraživača svakodnevno koristi digitalizovanu arhivsku građu i pri tome je data visoka ocena za brzinu i efikasnost u korišćenju. Od samog početka primene, ADA je pretrpela veći broj izmena i nadogradnji kako bi se postigla veća efikasnost. Planirana je dalja nadogradnja i nakon sticanja zakonskih mogućnosti prezentacija dela digitalizovane arhivske građe na internetu.

Literatura

Jefferson Institute, 2006, Dokumentacija projekta „Archive digitization application for Ministry of Defence of Serbia“.

Pavlović, R., 2011, ADA – Aplikacija za Digitalizaciju Arhiva, konferencija YU INFO 2011, Kopaonik, 6–9 maja.

Porubović-Vidović, O., 2001, Digitalizacija - izazov današnjice, potreba budućnosti, Arhiv, br. 2, pp. 50–60.

Trifunović, B., 2007, Glas biblioteke, Gradska biblioteka „Vladislav Petković Dis“ Čačak, br. 14, str. 28.

www.archivedigitization.org - sajt za očuvanje arhiva i arhivske građe (preuzeto april 2012. g.).

DIGITIZATION OF ARCHIVE MATERIAL IN MILITARY ARCHIVES

FIELD: Computer Sciences

ARTICLE TYPE: Project

Summary

This work describes the Archive Digitization Application – ADA. The application was made on the request of the Military Archives of the Ministry of Defence of the Republic of Serbia and follows the complete structure of archives organization. The most important parts of the application for digitization of documents have been described as well as tasks of work posts for digitization of documents. The process of digitization can be divided into three phases in order to protect documents and to present them in the most efficient way to users – researchers. Though a term ‘scanning’ is commonly used, digitization is a complex process and requires realization of all phases in order to get the final product. At the same time, an increased possibility of access to a larger number of documents is given to researchers with no dependancy on available resources in terms of bringing out and returning archival material from and to archives depots. This work also presents the visual appearance of the application for some parts of the digitization process.

Introduction

Problems of archives can be classified into two groups. The first group of problems concerns deterioration of archive material and its protection, while the second group represents engagement of a large number of personnel involved in working with researchers of archival material for different purposes. Both groups of problems can be solved, for the most part, by archive material digitization. The parts of the funds in paper or other analog forms which are in bad condition would

be thus preserved; furthermore, it would enable access to documents to a larger number of researchers with less engagement of personnel.

Archive material digitization is a complex process and consists of several phases in order to get the final product, a digitized document which can be accessed in the easiest possible way. Each of the phases must be well planned in order to carry out the process effectively. Therefore, in order to meet the needs of the Military Archives of the Ministry of Defence of the Republic of Serbia, the ADA (Archive Digitization Application) program has been made to follow the process of digitization and make work easier and faster.

Digitization Application

The phases of the digitization process and the ADA program are production, working with users (researchers) and access to digitized documents. The Application defines several access levels and each of the program users logs on with their username and password. During login, only the parts of the program of interest to a certain type of user are opened.

Production, as one of the phases of digitization, includes several sub-units, such as scanning, entry of short contents of documents and control. The ADA application was made in such a way that through automatization it enables a more efficient realization of scanning and content entry as the most time-consuming phases. After the completion of scanning and content entry, the result is a digital document that undergoes control before being delivered to researchers for examination. There are two kinds of control, subjective and computer control. Subjective control envisages the examination of each document by a supervisor – controller and comparison with the original analog document, while in the case of computer control the signature of the scanned document is compared with the signature of short contents and they are thus connected. Also, the Application provides the possibility of OCR for more recent documents which are readable for these types of software.

Working with researchers envisages a number of actions for the purpose of determining the correct approach to interested researchers and monitoring the researchers' work. Researchers are issued research permits in the form of chip cards, with which they log on to the Application. In the process, the level of access and the period of validity of the issued permits is determined. The Application enables the administrator to check active researchers and the type of archive material they researched in the past period. Access can be achieved to all documents a researcher has opened and set aside for recording to one of the media and for printing. Also, it is possible to change the permit type and its validity, i. e. the extension of validity and termination.

Accessing digitized archive material is very simple and efficient. Digitized archive material is accessed through a Web browser, with login by

a chip card. The documents can be accessed in two ways: through the Military Archive structure and through a keyword. The former is used much more as it is more reliable than the keyword search which only takes into account the information added from the short contents, but for a quick search one can also use this kind of research. When examining digitized documents, researchers fill out a form if they are interested in obtaining a copy of a certain document, and the information on the requested document is forwarded to the administrator.

Conclusion

The best characteristics of the ADA application are confirmed by previous use in the process of digitization of the archive material of the Military Archives. The amount of more than 4 million sheets of archive material efficiently digitized and accessible to researchers presents this Application as a good solution for digitization of archives and its use in other similar systems.

Key words: digitization, digital document, digitization application.

Datum prijema članka/Paper received on: 08. 05. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 15. 08. 2012.

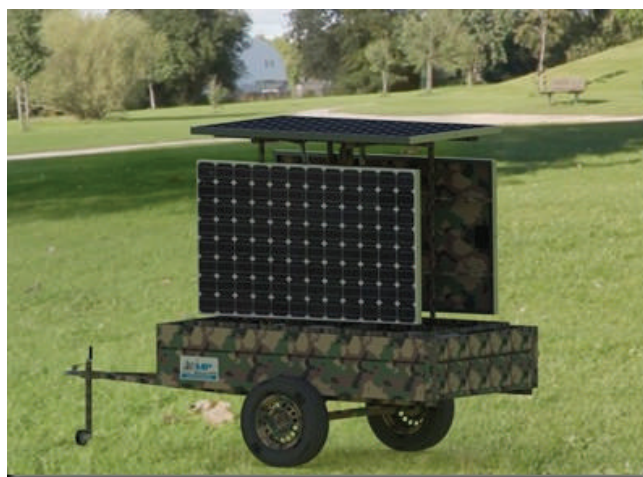
Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 17. 08. 2012.

SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

Pokretni robotizovani solarni elektrogenerator“ (imp-MRSG), Centra za robotiku instituta „Mihajlo Pupin“ iz Beograda

Na Novosadskom sajmu, u master hali, održana je izložbena manifestacija „Solar, energija, biomasa 2013“. Brojni tehnološko-tehnički noviteti izazivali su posebnu pažnju radoznalih posetilaca, ali i poslovnih ljudi. Nekoliko projekata izazivalo je veće zanimanje, a jedan od njih je „pokretni robotizovani solarni elektro-generator“ (imp-MRSG), Centra za robotiku Instituta „Mihajlo Pupin“ iz Beograda.

Prema rečima dipl. inž. mašinstva Ilije Stevanovića, učesnika u projektu koji vodi prof. dr Aleksandar D. Rodić, reč je o značajnoj aktivnosti tog instituta na razvoju proizvoda koji odlikuju energetska efikasnost, autonomnost, a za koji nije potrebna bilo kakva građevinska ili energetska infrastruktura. Solarni elektrogenerator imp-MRSG pogodan je za primenu na različitim terenskim uslovima (ruralnim ili urbanim), odnosno svuda gde postoje prirodni uslovi za eksploataciju sunčeve energije, posebno tamo gde nema uslova za korišćenje strujne mreže. Ovaj solarni generator načinjen je tako da mu ne mogu naštetiti različiti vremenski uslovi, otporan je na vlagu, snažno sunce i vetar do 80 km/h. Pored toga, korišćenje uređaja ne zahteva posebnu obuku, niti napredno tehničko obrazovanje operatera. Pojedinac može samostalno rukovati uređajem bez tuđe pomoći, odnosno jednostavno ga postaviti iz transportnog položaja u radni režim, za približno 15 minuta.



Pokretni robotizovani solarni elektro-generator imp-MRSG

Tehničke karakteristike uređaja

Karakteristike monofaznog solarnog generator su:

- 3 foto-naponska panela $3 \times 250 = 750$ W
- kontroler maksimalne snage MPPT
- dimenzije panela 100x150 cm
- struja na panelu 8-12 A
- maksimalna snaga opterećenja 2.2 KW
- izlazni napon 24VDC i 220VAC
- 4 kvalitetna gel-akumulatora 4x250 Ah vezanih na red i paralelno
- vek akumulatora do 5000 ciklusa
- autonomija rada 6-8 časova do pražnjenja baterija
- način punjenja: sa solarnih panela ili iz elektro-mreže
- pokretan (prenosiv) uređaj
- daljinsko upravljanje i nadzor sa mobilnog telefona
- robusna mehanika
- težina bez prikolice 530 kg
- dimenzije prikolice 200x110 cm

Sunčani elektrogenerator imp-MRSG zadovoljava standarde kvaliteta i bezbednosti propisane za klasu ovakvih uređaja. Proizvodi se od sertifikovanih komponenti i delova dostupnih na tržištu, što mu garantuje jednostavno i ekonomično održavanje, servisiranje i eventualnu popravku. Radni vek uređaja je više od 20 godina i konkurentan je odgovarajućim benzinskim ili naftnim strujnim agregatima, sličnih tehničkih karakteristika.

Sastoji se od četiri osnovna modula – transportnog, mehaničke strukture, upravljačkog bloka sa uređajima za komunikaciju i energetskog bloka. Transportni modul je standardna prikolica sa bočnim stabilizatorima, mehanički deo sačinjava dvoosni robotski mehanizam za praćenje položaja sunca koji nosi tri foto-naponska panela. Svaki panel ima snagu od 250 W. Upravljački i komunikacioni blok sačinjava mikrokontroler dvoosnog robotskog mehanizma, sa GPS modulom za daljinsko upravljanje, nadzor i prenos informacija sa uređaja do korisnika. Energetski blok poseduje stabilizator napona, punjač baterija i DC/AC inverter (koji može biti monofazni ili trofazni).

Pomenuta četiri modula daju uređaju značajne komparativne prednosti u odnosu na slične proizvode na tržištu, zbog svoje mobilnosti (prenosivosti sistema) i prilagođavanja uređaja uslovima eksploatacije. Naime, moguće ga je postaviti tamo gde ima najviše dnevnog osunčanja (sunčevog zračenja). Daljinska kontrola je prednost više u odnosu na slične generatore i jedna od mera bezbednosti za sprečavanje krađe tog uređaja. Stručnjaci kažu da je time postignuta maksimalna energetska efikasnost u odnosu na raspoloživu snagu sunčevog zračenja.

Projektom su predviđene dve verzije generatora imp-MRSG, koje se razlikuju prema projektovanoj snazi. To su monofazni agregat snage 2,2 KW i trofazni generator električne energije snage 5,5 KW.

Prikolica, koja nosi fotonaponske panele, može se ukloniti (pa čak koristiti i za druge namene), nakon postavljanja uređaja na nosače, odnosno stabilizatore.

Primena je višenamenska, odnosno postoje brojne delatnosti gde se taj solarni generator može uspešno koristiti kao alternativa akumulatorima ili drugim energetske izvorima. Projektanti su predvideli, na primer, da je solarna energija primenljiva u brojnim delatnostima u poljoprivredi. Ovaj generator može da obezbedi struju za osvetljenje i rad nekih uređaja (ako ne postoji mogućnost priključenja na strujnu mrežu), na udaljenim seoskim gazdinstvima, salašima ili objektima na planinskim padinama, gde se privremeno nalaze čuvari stoke. Struja iz ovakvog generatora može da se upotrebi i za pogon sistema za navodnjavanje, elektrifikaciju staja, a lovačka udruženja mogu da elektrificiraju svoje udaljene objekte. Pogodna je i za napajanje uređaja na uzgajalištima riba, u šumarskim objektima u kojima se privremeno smešta sezonska radna snaga, turističkim objektima na teško pristupačnim mestima (posebno za seoski turizam). Naravno, može se koristiti i za letnja kupališta i bazene (za pumpanje vode, filtere), ali i za napajanje rashladnih uređaja. Oblast saobraćaja pogodna je za korišćenje ovih uređaja za napajanje električnom energijom, posebno za putare kojima struja treba za svetlosnu signalizaciju, pri popravkama u naseljenim mestima kada se želi izbeći ekstremna buka, i u mnogim drugim prilikama. Kada je reč o prikolicama za kampovanje, jedan ovakav sistem, namešten na krov, sa najmanje tri panela, obezbeđuje dovoljno električne energije za dnevno-noćne potrebe.

Za vojsku je ovakav solarni generator posebno povoljan za obezbeđenje električne energije na logorovanjima, poligonima i strelištima, ne samo za osvetljenje u šatorima, komandnim mestima, barakama, već i za grejanje tople vode i zagrevanje prostora gde boravi više ljudi. Brojni objekti, kao što su radio-relejne stanice, osmatrački punktovi, kao i vatreni položaji različitih oruđa, koja imaju u svom sastavu optoelektronske sisteme, komunikacione uređaje i drugu informatičku opremu, mogu se napajati ovim električnim generatorom. Prednost je i to što se i postojeći akumulatori na drugim sistemima, pomoću ovog generatora, mogu puniti danju, što umanjuje troškove njihovog prevoženja do stanica za punjenje. Čak je moguće i inkorporirati ovaj solarni energetski izvor u brojne sisteme oružja i oruđa (osmatrački i izviđački sistemi i sl.), koji su najčešće na terenu, kako za vreme uvežbavanja, redovnih zadataka ili su u režimu neprekidnog rada.



Fotonaponski paneli od savitljivih materijala koji se koriste u stranim armijama

Ako pogledamo inostrana rešenja u stranim vojskama, videćemo da se često koriste savitljiva fotonaponska platna, a solarni kolektori (od savijajućeg materijala) ugrađuju se na delove odeće vojnika koji su najviše izloženi sunčevom zračenju. Ta energija koristi se za napajanje elektronske opreme savremenog vojnika. U svakom slučaju, prikolica sa fotonaponskim panelima, postavljena na pogodno mesto, može dati više energije nego fotonaponsko platno.

Ne zaboravimo ni modalarnost ovakve prikolice. Postavimo i aktiviramo više panela, koliko nam je potrebno. Ako smo dovoljno pronicljivi, više ovakvih fotonaponskih generatora može se postaviti na veće vojno vozilo i u pokretu puniti baterije, a po pristizanju na mesto korišćenja skinu se s vozila i montiraju na stabilizatore. Pretpostavimo da se u projektu mogu menjati i tipovi raznih panela, koji sa napretkom nanotehnologije omogućavaju proizvodnju panela sa većom efikasnošću pretvaranja sunčeve u električnu energiju. To omogućava duži vek ovakvog uređaja i njegovo unapređenje. Isto se odnosi i na akumulatore, odnosno baterije, jer se njihovom prostom zamenom novijim i ekonomičnijim tipovima mogu dobiti efikasniji izvori energije.

Dakle, ideja o prenosnom sunčanom elektrogeneratoru je ne samo perspektivna; ona je primenjiva u brojnim projektima, a poznato je da se danas koristi i za pokretanje solarnog aviona, električnih uređaja i motora na balonskim platformama (dirizablama), kao i za punjenje akumulatora na podmornicama.



Generator „Sola-Rover“ koristi snagu Sunca za proizvodnju električne energije

Ako pogledamo svetske proizvode ovog tipa, uočavamo šarolikost namene, koncepta i konstrukcije. Brojni su i proizvođači mobilnih solarnih elektrogenerators, širom sveta, a od pre nekoliko godina na svetskom tržištu prisutne su Rusija, Indija i Kina sa svojim proizvodima tog tipa. Pored mnogih, spomenimo kompaniju „Mobile Solar Power“, koja proizvodi više tipova solarnih generatora (MS-100, MS-200, MS-300, kao i „Sola-Gen“ koji se može koristiti i sa šest panela). Ovi generatori razlikuju se po količini električne energije koju generišu. Italijanska firma „iKUBE“ proizvodi mobilne solarne generatore kapaciteta od jednog do 5 KW. Preduzeće „Vorlodoil“ proizvodi hibridne električne generatore, od 3KW do 30 KW, koji kombinuju Sunčevu energiju, energiju vetra i generatore sa pogonom na tečna goriva i gas. Proizvođač „Solman“ nudi solarne panele na točkovi-

ma bicikla, sa lampama za osvetljavanje, a „Konsolidated solar“ prikolice sa više panela različite snage. Interesantne su i ideje koje se koriste za prevoženje solarnih panela, neki proizvođači ih slažu jedan preko drugog ili su načinjene poput fijeke, koje se uvlače u nosač, a postoji i „lotus“ solarni generator, kod kojeg su svi paneli postavljeni oko osovine, u krug, pri čemu liče na ovaj cvet. „Global Solar“ isporučuje zapadnim vojnim snagama fotovoltazno platno (Film solar product the P3 Portable Power Pack), koji mogu da se postave i na krov šatora, a „Solar-Rover“ ima u ponudi solarne generatore sa snagom od 24 kVA.

Načinjen je i prevozni solarni (modularni) sistem koji se koristi za dobijanje pitke i tehničke vode pomoću povratne osmoze (Mobile solar powered reverse osmosis system), što za vojsku ima poseban značaj. Naravno, postoji i kategorija solarnih prenosnih (portable) generatora, kompleta setova sa više različitih delova, koji se mogu nositi u prtljagu i postaviti na pogodnom mestu, kako bi vojnici koristili Sunčevu energiju za napajanje mobilnih ili prenosnih kompjuterskih uređaja.

Nikola Ostojić

DARPA skriveni zemaljski senzori

Tokom 2012. i 2013. godine DARPA je razvila jezgro za „adaptaciju“ komercijalnog hardvera i softvera prilagodivši android operativni sistem za standardne izviđačko-osmatračke i bezbednosne senzore

Savremeno ratovanje se danas, a sutra verovatno još i obimnije, sve češće odvija u oblasti informacija, a bitke će se voditi i dobijati senzorima – tvrdnja je vojnih teoretičara iz Pentagona. Možda će tako i biti, jer vizija borbenog prostora prevazilazi klasično posmatranje bojnog polja. To nije više samo prostor koji podrazumeva more-kopno-vazdušni prostor i kosmos. Od početka devedesetih godina to su i područja ekonomije, javnih informacija, kultura, ali i oblast tzv. specijalnog ratovanja koje podrazumevaju i izazivanje epidemija bolesti, elementarnih nepogoda, dirigovanje misaonim procesima stanovništva... Rat se preselio i u virtuelnu dimenziju i vodi se brojnim softverskim i informatičkim alatima (oružjima), a najnovija sintagma je tzv. „mrežno-centrično ratovanje“ koja podrazumeva povezivanje ljudi preko informacionih tokova, a koji počivaju na interoperabilnosti sistema, računarima i komunikacijama. Uključuje saradnju i razmenu informacija, obezbeđujući da se brzo ostvare preimućstva koja će komandantima koristiti za vreme borbenih dejstava. Ovakvo povezivanje omogućava da se superiornost u informacionim tehnologijama transformiše u borbenu moć.¹



Novi zemaljski senzori za izviđanje, praćenje pokreta protivničke pešadije i motorizovano-oklopnih snaga zasnovani na komercijalnim smart tehnologijama

¹ Mladen Kostić, major: Mrežnocentrično ratovanje u teoriji i praksi OS SAD, Vojno delo. 2008, vol. 60, br. 2, str. 175–199.

Više nivoa senzorskog očitavanja

Jedno od značajnih područja osavremenjavanja vojnika budućnosti za ratovanje u takvom spektru borbenih i neborbenih dejstava je unapređenje tzv. projekata digitalnog ratnika. Istovremeno sa razvojem više takvih projekata, koji treba da obuku vojnika u digitalnu borbeni uniformu, ubrzano raste i potreba za unapređenim brojnim uređajima, koji vojnikovu odeću treba da učine senzorski efikasnijom, a ratnika u njoj obaveštenijim o svim zbivanjima u borbenom prostoru. Zamisao se realizuje već više od decenije, paralelno sa unapređenjem nauke i savremene tehnologije.

Za potrebe vojske uobičajeno je više nivoa senzorskih očitavanja borbenog prostora. Osnovni nivo je dobijanje informacija o neposrednoj aktuелnoj situaciji na bojištu u realnom vremenu putem radarskih, laserskih i drugih elektromagnetnih očitavanja, optoelektronskih uređaja u rukama vojnika ili na borbenim vozilima. Viši nivo su osmatranja i izviđačke aktivnosti pomoću bespilotnih i drugih letelica, kao i snimci iz specijalnih osmatračko-izviđačkih aviona, balona i drugih vazdušnih platformi. Najviši nivo predstavlja satelitsko pokrivanje određenog dela teritorije.

Vojni stručnjaci su utvrdili da područje senzorske kontrole teritorije zaostaje za naraslim potrebama za aktuелnim informacijama o borbenom prostoru, odnosno da razvoj vojnih senzora ima tendenciju da kaska za potrebama savremenog digitalnog vojnika. Da se razvije više borbenih senzora, kao i da se utvrde sva područja koja treba da obezbede podatke neophodne vojniku na bojnopolju za efikasno dejstvo, do sada je bilo potrebno tri do osam godina. Privatna industrija, uspostavilo se, može proizvesti sličnu tehnologiju u samo jednoj ili za dve godine. U nameri da ubrzava razvoj u oblasti senzorske tehnologije, DARPA je pokrenula projekat „prilagodljiv sistem senzora“ (DARPA's adaptable Sensor System – ADAPT).² Taj program treba da omoguću primenu smartphone³ tehnologije i prakse u kreiranju novih kopnenih senzora.

Projekat „ADAPT“ ima za cilj da se razviju jeftini senzori sa zajedničkom funkcijom koja će unaprediti obaveštajnu, osmatračku i izviđačku aktivnost (Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance – ISR) pomoću dostupnog hardvera i softvera, odnosno specifičnih postojećih aplikacija u smartfonima (ajpod, ajfon, mobilni telefon sa android-operativnim sistemom i dr.).

Da bi se to postiglo, DARPA koncentriše svoju aktivnost na tri oblasti. Prvi je primena hardverskog jezgra za višekratnu upotrebu, odnosno dostupnih jeftinih komercijalnih komponenti, koje su kompatibilne sa ostalom vojnom tehnologijom proizvedenom po strogim vojnim standardima. To se postiže korišćenjem originalnih smart uređaja (ajfona, ajpada, mobilnih telefona novije generacije, tableta i sl.), različitih kompanija. S obzirom na to da su ovi proizvodi i komponente široko prisutni na tržištu, da se neprekidno razvijaju i usavršavaju, to je za vojne stručnjake jeftinije nego da angažuju određenog proizvođača pod ugovorom.

² Izvor DARPA: Smartphone Technology Inspires Design for Smart Unattended Ground Sensor, May 29, 2013 – *Commercial smartphone processes to aid development of air, sea and undersea unmanned military sensors as well DARPA's Adaptable Sensor System (ADAPT) program.*

³ Filip Majkić: Smartfoni, kompjuteri budućnosti, Benchmark, 05. 04. 2013 – Minijaturizacija i Murov zakon doprineli su da su smartfoni danas moćni gotovo koliko i desktop PC ili laptop uređaji. Murov zakon (Moore's law) diktira trend da se brzina procesora udvostručava svakih 18 do 24 meseca. Ovakav trend su, manje ili više, prihvatili i proizvođači smartfona.



DARPA zemaljski senzor zasnovan na komercijalnom hardveru i softveru savremenih smartfona

Druga oblast je korišćenje softvera za višekratnu upotrebu. Naime, agencija DARPA smatra da mnoge komercijalne tehnologije poseduju softver za obradu, skladištenje, komunikacije, orijentaciju i navigaciju, kao i druge namene. Taj softver nije neophodno paralelno razvijati, već se može prilagoditi za specifične vojne potrebe. Mnogi smart telefoni objedinjuju takve funkcije u svom hardveru i softveru, što je primenjivo, ne samo s ekonomskog aspekta (značajno pojeftinjuje razvoj vojne tehnologije specifične namene), već i sa pozicije upotrebljivosti. Tako, još pre više godina, vojni stručnjaci su primenili smartfon na pešadijskom oružju za izračunavanje elemenata za nišanje, kako bi povećali preciznost. Kasnije se ta tehnologija primenila i u artiljeriji za neposrednu podršku. A vojnici u Avganistanu i Iraku počeli su da koriste smartfonske uređaje za navođenje naoružanih bespilotnih letelica na utvrđene ciljeve. Pored toga, postoji i softver otvorenog koda (open source software) i biblioteke programa koji mogu da se prilagode za aplikacije novih vrsta senzora.

Treće područje bavi se primenom specifičnih aplikacija u vojnim senzorima, čija je struktura zajednička, što je značajna ušteda u troškovima razvoja. Primer može biti široko dostupni softver za GPS orijentaciju i navigaciju u smartfonskim uređajima, popularne aplikacije za određivanje pozicije sagovornika, za „rendgensko“ posmatranje i dr., koje se nude na različitim uređajima, ne samo kao zabava već i za brojne druge svrhe.

Unapređena postojeća komercijalna smartfon tehnologija

Potpuno je jasno da je agencija DARPA, kroz razvoj „neprimetnih“ (unattended) zemaljskih senzora uočila da se brži napredak i jaz između naraslih potreba vojske može prevazići korišćenjem postojećih komercijalnih smartfon tehnologija, naročito specifičnog hardvera i softvera ugrađenog u njih.

DARPA je tokom 2012. i 2013. godine razvila jezgro za „adaptaciju“ komercijalnog hardvera i softvera, prilagodivši android operativni sistem za standardne ISR senzore. Prvi referentni softver za automatske zemaljske senzore (unattended ground sensors - UGS) pomoću prilagođenog jezgra je završen. To je automatski elektronski zemaljski senzor u obliku veoma malog cilindra, projektovan da daljinski oseti određene frekvencije koje proizvode kretanje ili vozila. Taj senzor je bežično povezan sa drugim sensorima ili korisničkim interfejsom, preko kojih prenosi tačno utvrđene kopnene aktivnosti, čime dopunjava spektar svih senzorskih podataka u svom segmentu, što omogućava bolju informisanost vojnika na bojnopolju (ili tačnije u borbenom prostoru).



„ADAPT“ jezgro zemaljskog senzora namešteno na kvadrokopter – testiranje u laboratoriji
(<http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2013/05/29.aspx>)

Testiranje ovih malih maskiranih senzora, prilagodljivih da se postave na određena taktički značajna mesta na kopnenom delu bojnog polja počinju u leto 2013. godine, najverovatnije u Avganistanu i Iraku, koji su postali poligoni za proveravanje novih vojnih tehnologija.

Stručnjaci agencije DARPA već su proširili svoje angažovanje i u razvoju dodatnih referentnih programa koji koriste jezgro „ADAPT“ da prilagode senzore za vazduhoplove, pomorske i podvodne senzore. Novo područje primene „ADAPT“ tehnologije je kontrolni interfejs za upravljanje kvadrokopterom sa osmatračkom i izviđačkom opremom. Postojeća komercijalna tehnologija, koja je omogućavala da se kvadrokopterom upravlja pomoću smartfona ili mobilnog telefona sa android operativnim sistemom zamenjena je novim ADAPT jezgrom. To jezgro štiti signale za kontrolu letenja, odnosno eliminiše mogućnost da neko sa strane, primenom komercijalnih uređaja, ometa kontrolu leta vojnog izviđačkog kvadrokoptera.

Nikola Ostojić

„Mini-Andros II“, robot za opasne situacije

„Mini-Andros II“⁴ je kompaktna robotska platforma, osposobljena da zameni dva deminera pri rukovanju ili uklanjanju opasnih eksplozivnih naprava. Opremljen je, početkom 2013. godine, novim softverom sa dodatnim komponentama za orijentaciju i navigaciju u prostoru, što omogućava sigurno i veoma precizno kretanje i rad. Novi softver obezbeđuje da se robotskim sistemima može upravljati u trodimenzionalnom prostoru (u horizontalnoj ravni i sa visinskim pokretima robotske ruke). Ovaj robot je, takođe, u stanju da proceni i smer kretanja u trodimenzionalnom prostoru zahvaljujući spregnutim komponentama GPS sistema i kompasa ugrađenih u komponentu nazvanu „atom“. Robotsku platformu „Mini-Andros II“ pokreće hibridni sistem, koji se sastoji od gusenica sa krutim člancima, kao i sa četiri točka. Pogonski sistem omogućuje robotu da savlađuje nagib tla do 45 stepeni, kao i kretanje stepenicama. U toku upotrebe, kreće se brzinom od 10,1 metra na sat, može da se provlači kroz prostore visoke 53 cm i da savlađuje prepreke visine do 40 cm. Visina postolja robotske platforme, sa manipulativnom rukom i kamerom nešto je manja od 70 cm, širina iznosi 63 cm, dugačka je 135 cm, a klirens je približno 8 cm. Ukupna masa je 225 kg. Na platformi se nalazi manipulativna ruka, koja može da se produži do 94 cm, sa ramenom koje može da se pomera u rasponu od 60 stepeni, a hvatač na kraju ruke ima slobodu kretanja do 90 stepeni. Ruka je postavljena na postolje koje može da se rotira u krugu od 360 stepeni. Brzina korišćenja je promenljiva i zavisi od aktivnosti za koju se koristi. Postolje je ugrađeno u čauru, gde se nalaze elektromagnetski i hidraulični elementi. Hvatač (robotska „šaka“) može da se otvori do 30 cm, da nosi predmete težine do 50 kg, odnosno da digne teret mase 45 kg na visinu 46 cm. Ako je ruka potpuno izdužena može da drži teret od 15 kg. Vertikalni domet ruke je 177,8 cm, a horizontalni do 112 cm.

Na „Mini Andros II“ platformi nalaze se dvokanalne audio i video komponente, koje služe operateru da prati rad ruke i vidi okolinu, odnosno da može da čuje eventualne zvučne efekte u eksplozivnoj napravi (kao što je satni mehanizam upaljača), kao i upozorenja pomoćnog osoblja. Na platformi postoje i ležište za opciono osvetljenje snage 80 W. Za napajanje električnih komponenti, kao i za električni motor koriste se dva ćelijska akumulatora od 24 volti, 50 AMh, za koje je u priručnoj opremi i odgovarajući „inteligentni“ punjač.

Robotom se upravlja preko prenosnog kompjuterskog terminala, direktno priključenog pomoću optičkog ili žičanog kabla, a koristi i radio-vezu za prenos komandi. Bežični radio- sistem „talisman“ obezbeđuje vezu u urbanoj sredini, kroz betonske armirane zidove, do 1,2 km, i kad robot nije u vidnom polju. Na komunikacionoj komponenti nalaze se konektori za jednostavno povezivanje računara sa sistemom za upravljanje. U toku rada robot prenosi podatke operateru istovremeno preko tri linka, putem žičanog i optičkog kabla, kao i radio-vezom.

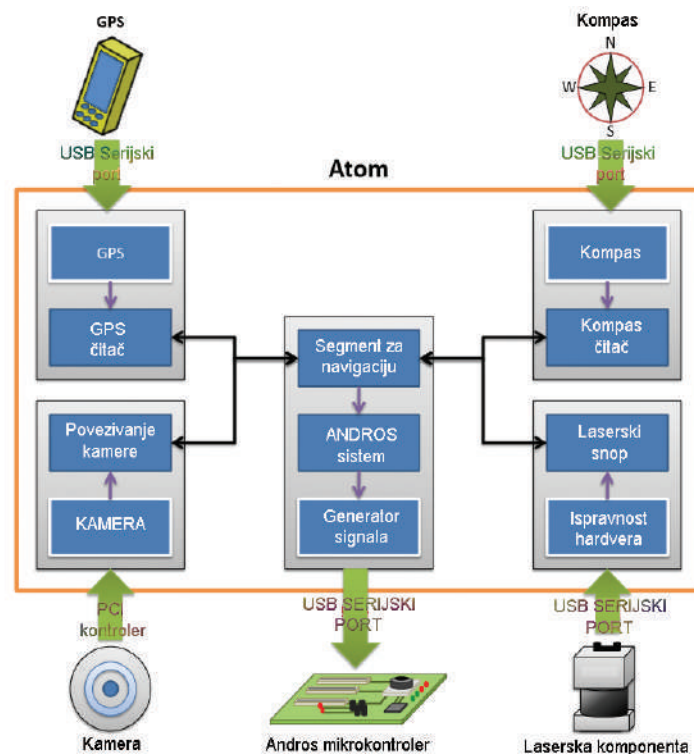
⁴ Project Andros: Engineering an Autonomous System for a Commercial Explosive Ordinance Disposal Robot, Tennessee Technological University Autonomous Robotics Club, IGVC 2011.



„Mini ANDROS II“

Na terminalu se nalazi 15-inčni monitor, bez refleksije. Na uređaju postoji prekidač za izbor kamere. Ekran grafički prikazuje položaj robotskog vozila, stanje izvora napajanja, slike sa kamere, podatke audio-senzora, a ima i komande za podešavanje. Slika sa kamere i zvuk se snimaju. Robotom se upravlja preko džojstika i komandi na ekranu. S obzirom na to da je često reč o radu s eksplozivnim napravama, osetljivim kako na dodir ili mehaničko pokretanje, elektromagnetske impulse, pa čak i na svetlost, ovakva konfiguracija mehaničkih i senzorskih komponenti obezbeđuje izuzetnu preciznost rada.

Kućiste robotske platforme je zatvoreno i vodonepropusno, tako da se ovaj robot može koristiti i u uslovima velike vlažnosti, na različitim terenima. Operativni sistem je pohranjen na CD-ROM koji, pre upotrebe, operateru omogućuje proveru ispravnosti komponenti, odnosno dijagnostiku hardvera i softvera. Proizvođač daje jednogodišnju garanciju za delove, kao i radnu garanciju. U dostupnim podacima nema informacije o tome koja količina eksploziva, i na kojoj udaljenosti, prilikom eventualne eksplozije, može da deformiše robotsku ruku, gusenice i sistem za kretanje ili čak telo robotske platforme.



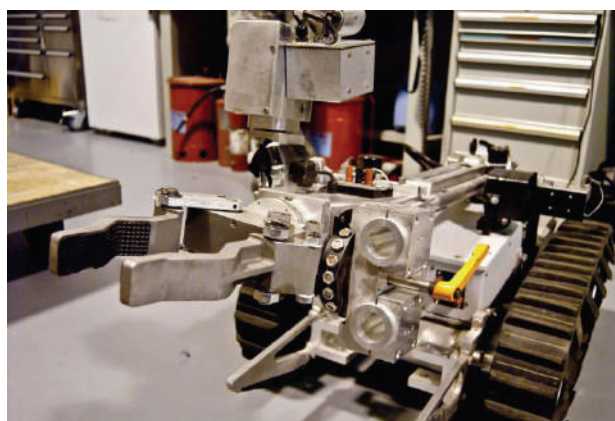
Nove hardverske i softverske komponente u sistemu za navigaciju i orijentaciju na robota „Mini Andros II“

Robota „Mini Andros II“ su, pre nego je stavljen na prodajnu listu, testirali u „Klubu autonomne robotike ARC“ iz Tenesija, uz podršku kompanije „Remotek“ (Autonomous Robotics Club (ARC) of Tennessee Technological University, with the support of Remotek). Naime, još 2010. godine na prethodnoj verziji robota, 2010 IGVC, pojavio se ozbiljan hardverski kvar. Tokom 2011. godine razvijena je verzija „Andros HD1“. Tada su postavljeni novi robotski senzori i kontrole za upravljanje, što je zahtevalo i promene u samoj platformi. Istovremeno su inženjeri i programeri počeli da pišu novi softverski program. Radilo se korak po korak, po novoj dinamici i projektnoj dokumentaciji, sa ciljem da se unapredi prethodni sistem i otklone uočeni nedostaci. Entuzijasti iz Kluba (oko 350 studenata i diplomanata), sastavljeni kao interdisciplinarna ekipa, želeli su da osmisle nove pristupe u programiranju, zahvaljujući novim unapređenim hardverskim komponentama. Rad na projektu pretvorio se u eksperimentisanje sa različitim varijantama. Korišćen je metod „brainstorming“ rasprava (oštrih diskusija sa razmenom mišljenja zasnovanih na istoimenoj tehnici učenja – brainstorming teaching).

Faze rada podeljene su na više radnih grupa. Jedan deo tima radio je na izboru odgovarajućih hardverskih komponenti i njihovom testiranju. Istovremeno, druga grupa radila je na električnim komponentama, a treća na senzorima. Če-

tvrtla grupa bila je nosilac projektovanja odgovarajuće „Mini-Andros“ šasije i mehaničkih sistema. Sledeća grupa programirala je algoritme sa navigacionom logikom za izbegavanje prepreka. Na integraciji sistema radila je još jedna grupa, objedinjujući rezultate svih radnih timova. Naravno, poseban tim bio je zadužen za izradu kompletne dokumentacije. Korišćene su nove metode za upravljanje projektima (Team Composition and Organization).

Za verziju „Andros HD1“⁵ korišćena je šasija koju je proizvela kompanija Remotek (u sastavu korporacije Nortrop Gruman). Ona se pokazala najprikladnija i za robota „Mini-Andros II“. Za razliku od modela HD1, koji je imao samo gusenice, na platformu robota „Mini-Andros II“ postavljen je hibridni sistem za kretanje, sa točkovima i gusenicama, što omogućava ne samo da se penje po stepenicama, već i da savlađuje različite strme uspone i bočne kosine.



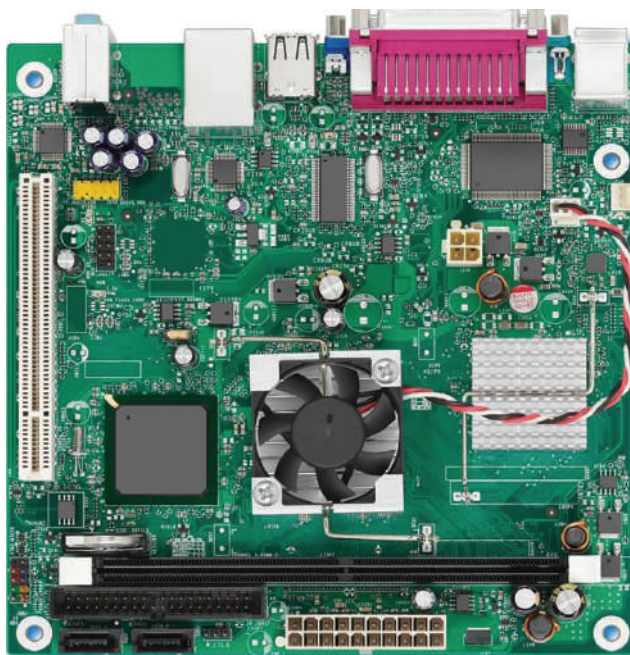
Prethodna verzija robota „Andros HD-1“

Ruka za manipulisanje postavljena je, u ležištu, na zadnjem delu platforme, što omogućava stabilnost rada i eliminiše potrebu za korišćenjem posebnih stabilizatora. Nosač kućišta računara pričvršćen je na zadnju stranu, iza ruke, što omogućava jednostavnu zamenu u slučaju potrebe. Sam računar se nalazi u vodonepropusnom kućištu i zaštićen je od vibracija. Celokupna elektronika može da se ukloniti bez otvaranja spoljnog kućišta, što omogućava lako održavanje, zamenjivanje neispravnih komponenti ili prenos računara na drugu platformu (u slučaju da je oštećena eksplozijom).

Komplet senzora na platformi sastoji se od laserskog daljinomera, tri kamere, GPS i inercionog koordinatnog i navigacionog sistema. Senzore kontroliše operator. Merna jedinica IMU, referentnog sistema za orijentaciju i navigaciju (AHRS) 3DM-GKS1 načinjena je kao jedan softverski paket. Njome se kontrolišu tri ortogonalna magnetometra, multiplekser, a sadrži 16 bit A/D konvertor, kao i ugrađeni mikrokontroler. Ovaj uređaj omogućuje ruci da zauzme tri ugaona položaja i okreće se 360 stepeni, po sve tri ose.

⁵ Remotek Enhances Air Force's Andros HD-1 Robots, Military Robotics - Featured Article, January 04, 2011.

Orijentacija se odvija u matrici po Euler formatima. Izlazni modovi i softver filter parametri su programirani, a parametri i podaci o kalibraciji čuvaju se trajno u memoriji. Posebno se vodilo računa da kutija s računarom ne ometa kretanje manipulativne ruke. Programi se čuvaju u non-volatile flash memorije (memorija koja zadržava podatke i kada se ne napaja), a komunikacije se odvijaju sa glavnog računara priključenog preko USB-a.



Matična ploča Intel D945GCLF2 Mini-ITX 17x17cm sa logičkim kompjuterskim jezgrom

Novom modelu robota „Andros“ dodat je i Hokuio URG-04LKS-UG01 laserski daljinomer LIDAR. Glavna funkcija ovog senzora je detektovanje fizičkih prepreka. Ovaj senzor laserskim snopom skenira prostor do 5, 6 metara. Tačnost merenja je najviše 3 odsto tolerancije, u odnosu na većinu senzora tog opsega. Skeniranje je ograničeno na 100 snopova u milisekundi, u prostornom opsegu od 240 stepeni. Senzorski interfejs je pojednostavljen i sa Mini-B USB konektorom omogućava napajanje električnom strujom, odnosno prenos podataka sa senzora do glavnog računara. Zbog osetljivosti ovog senzora na direktno sunčevo osvetljenje postavljeni su na izolovani podesivi nosač koji štiti od direktnog sunčevog zračenja, ali i od udara i kiše.

Kamere, njih tri, spregnute su sa fotoelektričnim senzorom i obezbeđuju snimke u boji u realnom vremenu. Mogu da detektuju ivice objekta koji se ispituje, kao i eventualne pokrete. Jedna kamera je montirana na prednjem delu, u nivou sa zemljom, a glavna kamera je pričvršćena na ruci, kojom se kontrolišu pokreti „robotske šake“. Kamere snimaju okolinu u boji, a osnovna kamera poseduje zum 6:1, ima promenljiv otvor blende i fokus. Povezana je preko kartice za snimanje, video

stream i digitalizaciju. Može da se okreće horizontalno u krugu 360 stepeni, a po visini 180 stepeni. Sliku može da prikazuje i u crno-belom režimu, sa fiksnim fokusom i automatskim podešavanjem osvetljenosti slike na ekranu monitora.

Ovog robota koristi američka vojska, još od 2004. godine, ali je do današnjih dana prvobitna verzija usavršena, kako mehanički delovi tako hardverske i softverske komponente. Najnoviji softver ugrađen je 2013. godine, a nazvan je „prvi laboratorijski proveren robotski konkurentan softver 2013“ (LabVIEW portion of the First Robotics Competition Software 2013). Aplikacije su izrađene pod operativnim sistemom „vindows“. Isporučuje se na DVD mediju, a može da se koristi i putem USB fleša. Poslednja verzija nosi oznaku 5.1, što je unapređena verzija iz prethodne godine. U softveru su promenjene rutine za kontrolu kamere, pokreta robotske ruke i hvataljke, a pojednostavljene su neke uobičajene komande za pokretanje vozila.

Prethodne verzije „Mini-Andros II“ robotskog sistema američka vojska koristila je u Kuvajtu od 2004. godine, u Bosni i Hercegovini i u Iraku i Avganistanu. Obuka operatera realizuje se u „prvom mornaričkom centru ekspedicionih snaga, na pokretnoj platformi za rad sa opasnim eksplozivnim predmetima“ (the 1st Marine Expeditionary Force - IMEF, Navy EOD Training and Evaluation Unit One, and several Navy EOD Mobile Units), u okviru udruženog programa za rad s različitim robotskim platformama ove vrste. Zabeleženo je pozitivno iskustvo u primeni, u 63. bataljonu za ubojita sredstva, u Iraku, čija uputstva su reference za ostale operatere. Do sada je od 2001. godine u SAD i na ratištima širom sveta, korišćeno oko 150 robota ovog tipa, a njih 130 je bilo na servisiranju i softverskom i hardverskom unapređivanju.

Nikola Ostojić

Novi oktokopter iz Tekskorpa u Kolumbiji

Maja 2013. godine kompanija „Tekskorp“ iz Kolumbije predstavila je novi tip bespilotne letelice sa vertikalnim poletanjem, nazvanom oktokopter (OctoCopter)⁶. Ime je dobila po osam elisa za pokretanje. To je novo rešenje već afirmisanog kvadrokoptera, letelice sa četiri elise. Puni naziv je letelica sa vertikalnim poletanjem „hronos“ (VTOL – Vertical Take Off and Land „Chronos“) i predstavlja još jedan od brojnih modela višeeleisnih bespilotnih letelica (multirotor Unmanned Aerial Vehicle – UAV).

Namenjena je za upotrebu u specijalnim jedinicama, kao i u poljoprivredi, privredi, ali i za filmsku i industriju zabave. Biće proizvedena dva modela iz iste platforme UAS (Unmanned Aerial Systems) za letenje na različitim nadmorskim visinama. Inače, kompanija „Tekskorp“ ima u ponudi pet različitih modela bespilotnih letelica različitih veličina, kapaciteta i namene.

Prototip bespilotnog helikoptera „hronos“, sa 8 rotora, predstavljen je u junu 2011. godine na međunarodnoj proslavi tokom Svetskog prvenstva FIFA U-20, gde je korišćena kao osmatračka platforma u okviru mera obezbeđenja ovog takmičenja. S obzirom na to da je vojska pokazala poseban interes za ovu letelicu, proizvođač vidi poslovnu šansu za serijsku proizvodnju. Zainteresovano je i Ministarstvo odbrane Nemačke, koje planira da nabavi stotinjak ovakvih letelica

⁶ New OctoCopter from Tescorp in Colombia, Posted on May 13, 2013 by The Editor; UAS VISION, a global forum for the unmanned aircraft systems community.

za potrebe policije, vojske i specijalnih službi. Međutim, čini se da su neke nemačke kompanije videle šansu u razvoju multikopterskih letelica i ponudile tom tržištu svoje modele.

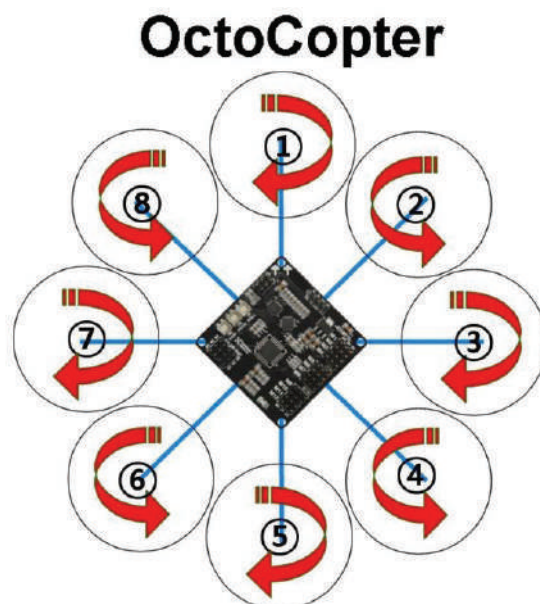
Pošto je poslednjih nekoliko godina Kolumbija postigla velike uspehe u svom sektoru odbrane, posebno u proizvodnji neophodne vojne opreme i sistemima, perspektiva ovakvog razvoja je zagarantovana. U razvoju letelice „hronos“ učestvovali su vazduhoplovni inženjeri iz više instituta, nastojeći da pronađu najoptimalniji oblik, pogon i letne osobine koje će obezbediti stabilnost leteće platforme i, posebno, funkcionalnost kamera koje se nalaze na njoj. Isprobana je verzija heksakoptera i oktokoptera, pri čemu je platforma sa osam rotora pokazala bolje letne karakteristike. To obezbeđuju sa integrisanim GPS i inercijalnim sistemom za orijentaciju u prostoru, kao i drugim komponentama, uključujući i savremen hardver i proveren softver. Osam elisa može da podigne teret mase 6 do 6,5 kg, da uspešno manevriše u prostoru, kao i da odoleva bočnom vetru i drugim strujanjima u atmosferi. Sa jednim punjenjem baterija osmorotorska letelica „helios“ može da leti deset minuta. Ova platforma može da nosi više tipova kamera, kako standardnih, tako i infracrvenih.



Dok je kvadrokopter, nakon svoje pojave na svetskim izložbama, zadržavao zaljubljenike, zbog mogućnosti upravljanja pomoću ajpada ili nekog mobilnog uređaja sa „android“ operativnim sistemom, dotle novi tipovi oktokoptera dobijaju komercijanu primenu, pre svega u vojsci i policiji i, kao što je rečeno, filmskoj i TV industriji zabave, pre svega zbog toga što je to veoma stabilna leteća platforma kojom je jednostavno upravljati, pošto su višestruke dvosmerne rotacione lopatice rotora preciznije nego kod kvadrokopterskih modela. Na novim tipovima osmoelisnih letelica ravnoteža sistema održava se pomoću žirosko-

pa sa tro-osnom kontrolom. Obuka početnika operatera je jednostavnija nego sa standardnim RC (daljinski upravljanim) helikopterima. Pored toga, oktocopter može da nosi više kamera smeštenih u centar ravnoteže, što pomaže letelici da zadržava stabilan položaj.

Oktocopter „hronos“ ima 8 motora sa propelerima, po čemu se razlikuje od letelica sa jednim ili dva sistema rotora, koje koriste konvencionalni bespilotni helikopteri. Za razliku od drugih tipova ovakvih letelica oktocopter poseduje kontrarotirajući sistem stabilizacije, koji je sličan helikopterima sa koaksijalnim pogonom, ali obezbeđuje mnogo veću potisnu snagu i efikasnost leta. Zbog toga je mnogo stabilniji u vazduhu i njime se lakše upravlja. Konstrukcija i veća snaga obezbeđuju veću otpornost na bočni vetar.

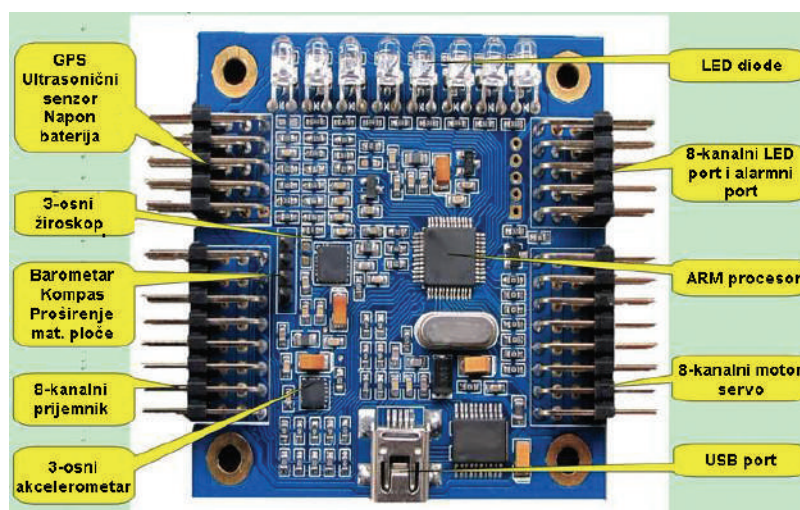


Princip rada motora oktokoptera

Tradicionalni helikopteri koriste nagib kompletnog glavnog, kao i repnog rotora za kontrolu pravca. Oktocopter menja brzinu svojih osam motora za kretanje gore-dole, naginjanje i promenu pravca. Visokokvalitetni senzori pokreta i žiroskop automatski će podesiti motore da održavaju samostabilizaciju. Da bi povećao ili smanjio visinu, operater jednostavno povećava „gas“ pomeranjem upravljačke palice na komandnoj konzoli nagore ili nadole. Time povećava ili smanjuje brzinu svih osam rotora. Za kretanje levo ili desno operater pomera komandnu palicu (koja je ista kao i palica gasa) levo ili desno. Povlačenjem palice nalevo povećava se brzina okretanja rotora u smeru kazaljke na satu i oktocopter kreće ulevo. Suprotno pokretanje palice omogućuje skretanje udesno. Za pomeranje komandnih palica definisan je određeni mod, sa po osam položaja. Pomeranje komande palice za kontrolu pravca povećava brzinu rotora za četiri do sedam puta. Takođe, upravljanje po modovima određeno je i za kretanje unazad.

U oktokopteru nalazi se računar koji služi za kontrolu letenja gde se prerađuju sve dolazne informacije. Računar prati komande operatera preko prijemnika i upravlja sa tro-osnim žiroskopom⁷. Takođe, kontroliše autostabilizaciju preko podataka dobijenih od senzora. Elektronski regulator brzine, pomoću algoritama za odgovarajuća uputstva, kontroliše snagu motora i brzinu rotora, što omogućuje stabilnost tokom leta. Aerodinamika oktokoptera je sasvim drugačija u odnosu na avion ili standardni helikopter. Pošto nema krila elise stvaraju potisnu snagu za podizanje, a kada motori usporavaju, „hronos“ se spušta. Snažniji motori mogu podići veći teret. I veličina elisa rotora ima značajnu ulogu u odnosu na masu tereta koju ova letelica treba da nosi.

Naravno, letelica sa osam rotora je veliki izazov za stručnjake. Pored tehničkih, hardverskih i softverskih karakteristika oni moraju da eksperimentišu i sa drugim osobinama. Nosivost oktokoptera je osnovna karakteristika prema kojoj se projektuje snaga motora. Multirotorski sistemi sa većim brojem rotora, kao hekakopter i oktokopter zahtevaju jače motore za stabilizaciju ili veće elise. Za razvojni tim najveći problem bilo je programiranje i prilagođavanje kontrolera letenja, odnosno sinhronizacija rada svih motora. Tokom razvoja letelice kontroleri leta zahtevali su stalnu ispravke i nadogradnje. Isprobani su različiti kontroleri, upoređivani sa modelima „Turbo Ace“, „Droidvork“, i „Cinestarov“ MicroKopter, kao i kontrolerom koji poseduje Apple Macintosh utizing Intel procesor. Tokom razvoja dolazilo je do pregrevanja motora i tu se najbolji pokazao MicroKopterov kontroler. Naravno, značajnu ulogu imali su i materijali od kojih je načinjeno telo letelice, kao i masa određenih komponenti za upravljanje i komunikaciju, kao i oblik tereta koji se nosi.



Kontroler leta oktokoptera

⁷ Miloš Jurošević: Žiroskop za detekciju prostornog ugla od 360 stepeni, 08 decembar 2009. godine; <http://www.automatika.rs/vesti/senzori/%C5%BEiroskop-za-detekciju-prostornog-ugla-od-360-stepeni.html>

S druge strane, inženjerima i razvojnom timu problem su predstavljale dimenzije između osovina motora na suprotnim krajevima letelice. Uz to, bilo je bitno utvrditi da li su bolji motori sa ili bez četkica. Manji motori sa četkicama rade veoma efikasno za manje kvadrokoptere, ali su previše slabi za veće modele. Postoji više tipova multirotorskih letelica koje su ispitivane da bi se utvrdio najpovoljniji odnos veličine, snage i nosivosti oktokoptera. Skuplji motori bez četkica su lakši, snažniji i dobro izbalansirani, sa smanjenim vibracijama. Ali, značajnu ulogu imaju elektronski regulatori brzine (ESC). Problemi koji su se javili odnosili su se na dijagnostiku, održavanje i popravku, zbog čestog pregrevanja. Sledeći problem bio je da li koristiti ESC na jednoj ploči za sve motore ili za svaki motor posebno. Treće je bilo pitanje amperaže i, naravno, veličina baterija za napajanje.

Na kraju, inženjeri su rešili brojne poteškoće u odabiru komponenti i načinili su letelicu, čiji sistemi po ukupnim performansama poseduju veliku stabilnost rada, što omogućuje da uspešno manevriše i savlađuje otpor vazduha. Izabrana je aerodinamika i veličina propelera koji omogućuju da se ovim oktokopterom upravlja i u vetrovitim uslovima. Takođe, izabrani su senzori koji veoma brzo detektuju probleme sa ravnotežom, kao kontrolera letenja koji veoma brzo obavlja neophodne korekcije u radu motora.



Konzola za upravljanje osmorotorskom letelicom

Poslednja faza razvoja bio je izbor odgovarajućih kamera visoke definicije (high definition video). Kamera mora da poseduje veliku stabilnost slike. Stabilnost slike je neophodna jer je reč o pokretnoj platformi, zavisnoj od udara vetra, oscilacija u atmosferi i vibracije, gde svaka neravnomernost rada motora može da izazove nestabilnu sliku. Takođe, nagnjanje platforme, kao i nepredvidivi pokreti mogu dodatno da izazovu nestabilnost slike. Zbog toga su, već u sam nosač kamere, ugrađeni uređaji koji eliminišu neke od ovih manifestacija, kao i automatski fokus koji prati sliku bez obzira na položaj letelice. Senzori leta, troosni žiroskop i odgovarajući servouređaj dodatne su komponente koje služe, ne samo stabilizaciji letelice, već i same kamere. Pored toga, tu je i uređaj za autokompensaciju, koji dodatno stabilizuje pokret kamere. Testiranja su pokazala

la da stabilnost oktokoptera ima najvažniju ulogu u kvalitetu snimka. Tu su i filteri koji obezbeđuju eliminaciju određenih manifestacija. Koristi se i video-stabilizujući softver, koji dodatno obezbeđuje stabilnost slike. Naravno, kamera je postavljena na višesosno postolje.

Problem je rešen, kako izborom izbalansiranih motora koji stvaraju najmanje vibracije, tako i odgovarajućim softverskim algoritmima, koji izoluju vibracije pre nego što stignu do kamere. Tu je i servosistem, čija uloga je takođe da smanji vibracije i njihov uticaj na snimke. I sam CMOS senzor kamere ima programirane opcije kompenzacije vibracija i pokreta. Uz to, koristi se i vibracioni izolacioni sistem nosača kamere, koji je različit u odnosu na njenu težinu.

Trajanje vremena letenja i energetske efikasnosti bilo je, takođe, jedan od izazova za stručnjake koji su razvijali ovaj oktokofter. Ali, oni su to uspešno rešili. Nisu se opredelili za veće baterije, koje dodatno opterećuju nosivost letelice, već su vodili računa o dodatnim performansama letelice, kako bi sprečili negativan uticaj dejstva mlaza vazduha koji prolazi kroz elise. Time je čak za 20 do 25 odsto povećana energetska efikasnost.

Inače, oktokofter „helios“, izrađen je aluminijumskih delova, koristi novu generaciju predajnika i prijemnika Voker Devenšn (Walker Deventon) sa boljim vremenom odziva signala i pouzdanosti. Za upravljanje se koristi konzola sa dvostrukim komandama – palicom za upravljanje radom motora, kao i palicom za usmeravanje leta. Međutim, ugradnjom dodatne memorije može se obezbediti i programiran let i rad kamere. Koristi se ESC elektronski regulator za povećanje snage i kontrolu motora, sa optimizovanim hlađenjem, čime se sprečava pregrevanje motora i elektronike.

Sve projektovane komponente obezbeđuju nošenje tereta mase od 5,6 do 5,8 kg (uključujući kameru, postolje i baterije). Sa kamerom može upravljati drugi operater, koji prati sliku, usmerava kameru, fokusira i izabire najbolje detalje, neophodne za korisnika. On poseduje virtuelne naočari i monitor na kojem se prikazuje slika. Veza je dvokanalna.

Naravno, i druge svetske industrije razvijale su svoje verzije multikoptera, među kojima se ističu „Turbo Ace Cineving 8 Octocopter“, „DJI FV550 Hekacopter“ ili „DJI S800 Hekacopter“, „Fly Floater Jet RC plane“ i dr.

Vojne strukture u svetu koriste više modela oktokoptera, heksakoptera, kvadroptera i drugih multitrotorskih letelica, obično u taktičkim jedinicama i to za prikupljanje podataka o protivniku. Posebno su korisne u jedinicama koje izvode urbana dejstva, s obzirom na to da se mogu podići iznad zgrada i osmotriti stranu koja je van domašaja vida osmatrača ili izviđača. Takođe, mogu se provući kroz prozor u unutrašnjost neke zgrade, hangara, skladišta ili sličnog objekta. Nekoliko specijalnih jedinica skoro svih većih vojnih snaga u svetu koristi i ovakve bespilotne sisteme. Pošto imaju električni pogon, zvuk im je prigušen, te se teže otkrivaju na određenoj udaljenosti. Ruske oružane snage poseduju multitrotorsku letelicu, na koji je spregnut puškomitraljez sa okvirom od 100 metaka (Multitrotor Machine Gun).

Nikola Ostojić

Nova iranska naoružana bespilotna letelica⁸



Iran je već više vremena u žiži interesovanja svetske javnosti, kako zbog politike, tako i zbog pokušaja da se takmiči sa svetskim vojnim industrijama. Činjenica je da se na svetskim naučnim skupovima pojavljuju mladi iranski pronalazači koji su prisutni, unazad nekoliko godina, i na „Tesla-festu“ u Novom Sadu. Početkom maja 2013. godine Iranska sredstva informisanja objavila su vest da je njihova industrija razvila novu vlastitu naoružanu bespilotnu letelicu koja, pored izviđanja, može da izvodi i napade. Vest je pratio slogan da je „to je letelica koju neprijatelj ne može da uoči na radaru“.

Nova iranska bespilotna letelica, nazvana „epik“ (epic-eng., hemaseh-na persijskom jeziku), leti na velikim visinama, ima odlične letne karakteristike i može da ponesu, pored naoružanja, i optoelektronsku izviđačku opremu. Predstavljena su još tri modela bespilotnih letelica – „troun“, „hazem 3“ i „mohadžer-B“, od kojih prva može da nosi rakete vazduh-vazduh. Saopšteno je, takođe, da je Iran već proizveo na desetine letelica tipa „troun“ koje su u upotrebi. Tokom 2010. godine predstavljena je i naoružana bespilotna letelica „napadač“ („kappap“), za koju je rečeno da ima dolet od 620 do 1000 kilometara, nosivost bombi do 250 kg, a može da se naoruža i protivbrodskim raketama „nasr-1“. Ova borbena letelica dugačka je četiri metra, a pokreće je turbomlazni motor, brzinom 900 km/čas. Spušta se na zemlju kočećim padobranom. Zatim je, 2012. godine, prikazana bespilotna letelica „svedok“ (Shahed 129). Za tu letelicu se tvrdilo da je namenjena za izviđačke i borbene namene, a da poseduje izdržljivost od 24 sata leta. Februara 2013. godine svetska štampa je prenela da Iran poseduje naoružani nevidljivi borbeni avion tipa „kaher“ (Qaher-313 stealth fighter).

Najviše iranskih bespilotnih letelica uočeno je na granicama prema Izraelu i Golanu.

Nikola Ostojić

⁸ Teherans' Drone Fever, http://defense-update.com/20130511_teherans-drone-fever.html, May 11, 2013 at 12:03

Kamera u šlemu

Protekle, 2012. Godine, obeležen je 50. rođendana noseće platforme za instrumente RP Flip (Floating Instrument Platform – noseća instrument platforma). Reč je o nosačima optičkih i drugih uređaja na vojnoj tehnici i opremi, pa i na šlemu. Početkom 2013. godine pojavila se nova generacija kamera, koje su ugrađene u sam šlem,⁹ iako se još uvek koriste kamere koje se postavljaju na posebne nosače ili vezuju kaiševima.

Kamera u šlemu nije neka velika novost, jer je to jedna od najčešće primenjenih tehnologija u sportskim disciplinama. Brojni skokovi padobranaca i njihove akrobacije, auto- trke za svetske trofeje, konjske trke, ronjenje i mnogi drugi sportovi su područja gde je ovakva tehnologija sve više primenljivana. I filmska industrija učinila je ovu tehnologiju dostupnom za brojne druge aktivnosti. U vojsci se one koriste već više od četrdesetak godina.¹⁰



Vojnici u Avganistanu i Iraku, kao i specijalci koji su učestvovali u operaciji hvatanja Bin Ladena, opremljeni su i šlemovima sa kamerama. Ova tehnologija neprestano se usavršava

Danas su ovakve kamere relativno jeftine, lako se koriste i omogućavaju, ne samo profesionalcima već i početnicima da snime vlastite podvige ili podvige svojih kolega. Od tog posla osnivač firme GoPro Nikolas Woodman zaradio je milijarde.

Naravno, vojni stručnjaci uočili su mogućnosti ovakvih kamera za potrebe vojnih aktivnosti,¹¹ s obzirom na to da je moguće projektovati brojne vrste kame-

⁹ Video Head puts the helmet cam into the helmet by **C.C. Weiss**, <http://www.gizmag.com/video-head-cam-helmet/25987/>

¹⁰ The first documented helmet camera was a Canon CI-10 camera mounted to the side of Dick Garcia's helmet by Aerial Video Systems (AVS) of Burbank, CA at the Nissan USGP 500 World Championship at Carlsbad Raceway in Carlsbad, CA on June 28, 1986.; http://en.wikipedia.org/wiki/Helmet_camera

¹¹ DOD funds tiny cave camera, iris recognition technology for military, homeland security, March 17, 2010 by Margaret Allen; <http://blog.smu.edu/research/2010/03/17/dod-funds-tiny-cave-camera-iris-recognition-technology-for-military-homeland-security/>

ra i prilagoditi ih različitim potrebama. S druge strane, reč je o kvalitetnim kamerama koje snimaju u HD formatu. Sočivo u prednjem delu šlema nudi više pozicija i mogućnosti upravljanja i zumiranja, a uz korišćenje led osvetljenja moguće je kameru koristiti u brojnim uslovima.

Pokazalo se, takođe, da je bolje ugraditi kamere u sam šlem nego je montirati na vrh ili sa strane. Na vrhu šlema ju je teže kontrolisati, a i snažno strujanje vazduha kod padobranaca i vode kod ronilaca može da polomi nosače ili je pomeri iz ležišta. Takođe, predstavljaju smetnju pri kretanju kroz žbunje, u uskim tunelima i sl.

U samom šlemu integrisana je i optička tehnika i elektronika. Sočivo u prednjem delu šlema (a može se postaviti i pozadi) moguće je podesiti u četiri različita položaja. Tasteri za upravljanje nalaze se na desnoj strani šlema, pa je upravljanje jednostavno, a crveno led osvetljenje jasno ukazuje da je kamera uključena, a rasprostire se u krugu optičkog vida i omogućava osvetljavanje objekata koji se snimaju kada je vanjsko osvetljenje slabije.

Ovakve kamere, pored vojske, koriste i vatrogasci. Njihove specijalne kamere u šlemu predstavljaju sredstvo za procenu širine i žarišta požara, a omogućava im da vide i šta se dešava unutar zgrade u plamenu. Kamere imaju i mogućnost termovizijskog otkrivanja razlika u toploti.



Komande i položaj kamere na šlemu

Američki, a i vojnici drugih jedinica koalicionih snaga, u Avganistanu i Iraku, koriste ovakve šlemove, a snimak se video-linkom prenosi u komandni centar ili operativni štab. Takve kamere nosili su i vojnici koji su izveli napad na kuću Osame Bin Ladena, odakle su snimci prenošeni uživo u Belu kuću. Za gledanje video-snimaka vojnici koriste vizir na koji se slika projektuje s unutrašnje strane, ili video-monokl, mali ekran na jednom oku.

Kamere na GoPro šlemovima koriste se i u mornarici, kao osmatrački uređaji postavljeni na različitim pozicijama na brodu i vanjskom delu trupa pod vodom, a deo su opreme i vojnika ronioca.

Nikola Ostojić



Ministarstvo odbrane Republike Srbije potvrdilo je saopštenjem za javnost da je 17. maja tekuće godine prvi prototip domaćeg klipnog aviona za početnu i osnovnu obuku tipa *Lasta* izveo prvi probni let, što je ujedno i prvi let aparata ovog tipa od septembra prošle godine kada je zbog udesa jednog aviona prizemljena cela flota.

Nakon utvrđivanja svih uzroka pada, pristupilo se izmenama tehničke dokumentacije, a zatim i realizaciji potrebnih modifikacija. Istovremeno, iskorišćena je prilika i da se radi na daljem usavršavanju aviona, čiji je prvi prototip poleteo početkom 2009. godine. Probni let izvršen je sa aerodroma Batajnica i trajao je oko 45 minuta, a prema dostupnim podacima, tokom probnog leta, utvrđeno je da su zadovoljeni svi parametri koji su bili predmet provere.

Ministarstvo odbrane tom prilikom je saopštilo da će nakon uspešnog probnog leta biti nastavljena letna ispitivanja, izvršene potrebne modifikacije i na ostalim aparatima, te nastavljena realizacija programa nabavke ovih aviona za ViPVO Vojske Srbije.

Na Međunarodnom sajmu naoružanja i vojne opreme „Partner 2013“, pored ostalih proizvoda domaće vazduhoplovne industrije, uključujući i demonstrator lakog turboelisnog školsko-borbenog aviona *Kobac*, te bespilotnih letelica *Pegaz* i *Vrabac*, prikazan je i novoprodukovani primerak *Laste*, evidencijski broj 54211, koji je proizveden u Utvi i uskoro treba da bude predat Vojsci Srbije. Prikazani avion izazvao je veliku pažnju domaće javnosti, ali i stranih delegacija, a interes za potencijalnu nabavku pokazalo je i više država, uključujući i neke sa azijskog kontinenta.

Mladen Tišma

Objavljeni novi taktičko-tehnički podaci za MiG-29M/M2

Poznati ruski proizvođač lovačkih aviona, Ruska avionska korporacija MiG objavila je nove kataloge¹² u kojima su dati poslednji taktičko-tehnički podaci za borbeni avion MiG-29M/M2 koji se u nekim segmentima razlikuju od do sada dostupnih.¹³

Normalna masa u poletanju iznosi 18.900 kg za jednosed i 18.800 kg za dvosed, dok je maksimalna masa u poletanju ukupno 24.500 kg. Prema ranije dostupnim podacima, navođeno je da normalna masa u poletanju iznosi 17.500 kg za MiG-29M, odnosno 17.800 kg za MiG-29M2. Maksimalna brzina pri tlu iznosi 1.400 km/h, što je za 100 km/h manje u odnosu na prethodne brojke, a na velikoj visini 2.100 km/h, dok je po dosadašnjim informacijama iznosila 2.400 km/h, a maksimalni Mahov broj bio $M=2,25$ (u ruskim uslovima). Dolet jednoseda iznosi 2000 km bez dodatnih rezervoara i 3.000 km (200 km manje) sa dva potkrilna i jednim podtrupnim rezervoarom, dok za dvosed iznosi 1.700, odnosno 2.700 km, odnosno 300 km manje u odnosu na do sada poznate informacije. S obzirom na to da se sistem za dopunu gorivom u vazduhu prema novom katalogu nudi samo kao opcija, izostao je raniji podatak o doletu sa tri dodatna rezervoara i jednim punjenjem u letu, koji je po tadašnjim proračunima iznosio 6.000 km. Plafon leta iznosi 16.000 m za jednosed i 16.200 m za dvosed, dok je po ranijim navodima vrhunac leta bio na 17.500 m za obe verzije. Avion može podneti opterećenje najviše 9 g. Za poletanje je potrebna staza dužine 600 m, dok je za sletanje, uz korišćenje kočionog padobrana, potrebno 700 m.

¹² *MiG-29M/M2 multi-role front-line fighter*, Russian Aircraft Corporation, s.a.

¹³ www.migavia.ru/eng/military_e/MiG_29_M_M2_e.htm (poslednji pristup: 27. 6. 2013).

Svaki motor RD-33MK naknadnim sagorevanjem daje potisak od 9.000 kgf, a RAC MiG ističe da novi avioni sa FADEC sistemom imaju komoru za dopunsko sagorevanje bez karakterističnog dima, po kojem su ranije verzije MiG-29 bile poznate. Kao opcija nudi se i vektorisani potisak. Životni vek motora iznosi 4.000 časova, a resurs 1.000 h ili 10 godina. Za razliku od starijih varijanti aviona MiG-29, za korišćenje MiG-29M/M2 sa nepripremljenih aerodroma umesto karakterističnih „škruga“ kao zaštita od usisavanja stranih tela u motor primenjena je rešetka u usisniku, slično sistemu primenjenom na Suhojevim lovcima familije Flanker.

Svako krilo ima po četiri podvesne tačke, čemu treba dodati i podtrupni nosač. Ukupna nosivost devet podvesnih tačaka iznosi 6.500 kg, uključujući jedan podtrupni rezervoar zapremine 2.200 litara i dva potkrilna u koje staje po 1.150 litara goriva. Prema podacima proizvođača, vođeno naoružanje uključuje rakete v-v srednjeg dometa tipa RVV-AE (prema starom katalogu najviše šest), R-27R1/R-27ER1 i R-27T1/R-27ET1, te kratkog dometa R-73E, zatim rakete V-Z i V-M Kh-35E, Kh-31A, Kh-31P i Kh-29L, kao i vođene avio-bombe KAB-500Kr/OD, dok arsenal nevođenih ubojnih sredstava obuhvata NRZ S-8 koje se koriste iz lansera B-8M1 i razne avio-bombe kalibra 100 do 500 kg, kao i kasetne bombe. Dakako, tu je i top GŠ-301 kalibra 30 mm.

Ipak, treba reći i da su i taktičko-tehnički podaci koje je MiG dao u novim katalogima reklamno-informativnog karaktera, te da ih stoga treba uzeti sa rezervom.

Mladen Tišma

Saab razvija palubni Sea Gripen i opciono bespilotni Gripen OP

Sredinom maja, švedski proizvođač borbenih aviona Saab, putem svog bloga, saopštio je da planira da razvoj specijalizovane palubne varijante pod nazivom Sea Gripen. Polazište za njegov razvoj jesu zahtevi Švedskog ratnog vazduhoplovstva (Flygvapnet) da Gripen NG, odnosno JAS 39E, pored ostalog, ima i STOL karakteristike, odnosno mogućnost poletanja i sletanja koristeći staze male dužine, posebno prilagođenih deonica puteva. Šveđani smatraju da Gripen već poseduje brojne karakteristike poželjne za jedan palubni borbeni avion, pre svega tačnost letnih komandi, stabilnost pri malim brzinama, dobru vidljivost iz pilotske kabine, te brz odgovor motora na ubrzavanje. Međutim, isto tako su svesni i izazova odgovarajućeg reprojekovanja, posebno pravilnog izbora pozicije i veličine kuće za zaustavljanje, ojačavanja stajnog trapa, ali i celog zmaja letelice, budući da eksploatacija aviona na nosačima ima velik uticaj na strukturu čitavog aviona.

Kome treba Sea Gripen? Čini se da Saab gleda na Indijsku ratnu mornaricu (Indian Navy) kao glavnog kupca. U autorskom tekstu Toni Ogilvy (Tony Ogilvy), generalni menadžer i šef aeronautike u Saab-ovom centru za Sea Gripen, akcenat upravo stavlja na Indiju i argumentovanje zašto je baš Sea Gripen idealan za ratnu mornaricu ove države, ističući, pored ostalog, „punu kompatibilnost Sea Gripen-a sa domaćim Tejas LCA“. ¹⁴ Tom prilikom otkrio je i da ideja o

¹⁴ www.saabgroup.com/en/Markets/Saab-India/About-Saab-India/Saab-in-Focus/Sea-Gripen-Force-Multiplier-For-The-Indian-Navy-IN1/ (poslednji pristup: 24. 6. 2013).

palubnom avionu postoji još od 2009. godine, a da je idejni projekat završen u avgustu prošle godine. Iako su prvi palubni lovci tipa MiG-29K/KUB tek odnedavno operativni, Indija već planira nabavku novog savremenijeg mornaričkog borbenog aviona, kako bi parirala jačanju vazduhoplovnih kapaciteta kineske ratne mornarice, uključujući i program Shenyang J-31,¹⁵ pa Švedjani imaju i realnog osnova za svoje nade.



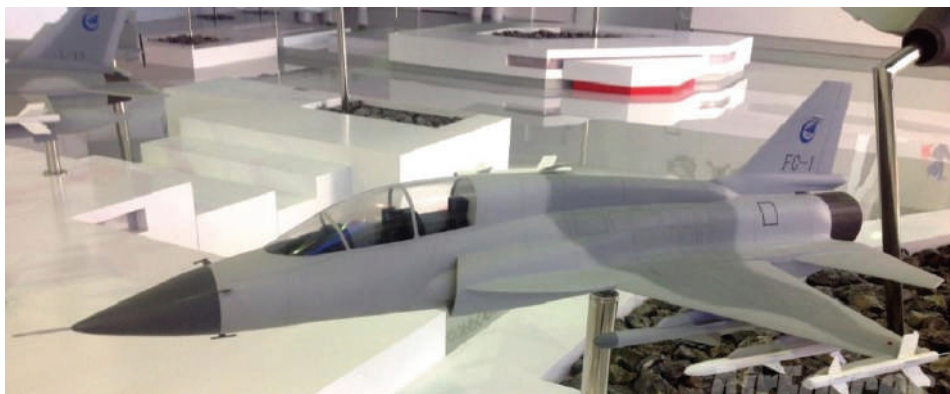
Tokom pariske vazduhoplovne izložbe Saab je otkrio i da kompanija ozbiljno razmatra mogućnosti razvoja opciono bespilotne verzije Gripena NG pod oznakom Gripen OP. Naime, s obzirom na stalno smanjenje odbrambenih budžeta u većini država sveta, oružane snage često nisu u mogućnosti da sebi obezbede više od jednog tipa borbenih vazduhoplova, u švedskoj kompaniji se nadaju da bi letelica koja bi, zavisno od potreba, mogla da se koristi i kao klasičan avion sa ljudskom posadom, ali i kao BPL predstavljala najefikasnije rešenje za ratna vazduhoplovstva, ali i prodajni uspeh za proizvođača. Međutim, u Saab-u ističu da će se sa ovom idejom ići postepeno i da je cilj kompanije da prethodno pronađe kupca pre nego što uđe u ovaj projekat „punom parom“.¹⁶

Mladen Tišma

¹⁵ O planovima razvoja mornaričkog vazduhoplovstva Indije vid. R. Bedi, „Expanding requirement: Indian Navy eyes naval aviation upgrades“, *IHS Jane's Navy International*, May 2013, pp. 24-26.

¹⁶ www.airforcesdaily.com/2013/06/paris-saab-proposes-optionally-manned-gripen/ (poslednji pristup: 23. 6. 2013).

Čengdu prikazao model dvosede verzije aviona FC-1¹⁷



Tokom ovogodišnje pariske vazduhoplovne izložbe u Le Buržeu, kineska nacionalna korporacija za izvoz i uvoz aeronautičkih tehnologija (China National Aero-Technology Import and Export Corporation – CATIC) premijerno je prikazan model planirane dvosede verzije višenamenskog borbenog aviona FC-1 Xiaolong (u prevodu: strašni zmaj), koji proizvodi Čengdu (Chengdu Aircraft Industries Corporation).

Avion FC-1 razvijen je, što je inače neuobičajeno za Kinu, isključivo kao proizvod za izvoz, ali je do danas prodat samo Pakistanskom ratnom vazduhoplovstvu (Pakistan Air Force – PAF), pod oznakom JF-17 Thunder, i trenutno se licencno proizvodi u pakistanskom aeronautičkom kompleksu Kamra (Pakistan Aeronautical Complex Kamra).

Čengdu je, inače, pre više godina razmatrao razvoj dvosedog derivata FC-1, ali su planovi odbačeni budući da jedini kupac – PAF nije iskazao želju za kupovinom dvoseda, zadovoljivši se nabavkom jednosedih FC-1. Međutim, s obzirom da Čengdu sada traži i nove kupce za svoj avion, verovatno su u firmi zaključili da bi bilo mudro tržištu ponuditi i dvosed koji bi omogućio lakšu preobuku pilota na FC-1.

Mladen Tišma

Prikazan transportni avion C296W¹⁸

Vojna podružnica evropskog proizvođača aviona Erbas (Airbus Military) krajem maja prikazala je demonstrator nove verzije svog transportnog aviona pod oznakom C296W. Na opitnom C-295 u vlasništvu fabrike izvršene su potrebne modifikacije koje se ogledaju u primeni tzv. vingleta (winglets) na krajevima krila. Otuda i slovo W u oznaci.

¹⁷ www.airforcesdaily.com/2013/06/paris-chengdu-unveils-two-seat-fc-1-model/ (poslednji pristup: 23. 6. 2013)

¹⁸ www.armada.ch/c296w-officially-launched/ (poslednji pristup: 22. 6. 2013).



Inače, vingleti su izrađeni od kompozita i imaju masu od šezdeset kilograma, dok potrebna metalna ojačanja krila teže trideset kilograma. Međutim, upareni sa novim motorima PW127 oni značajno poboljšavaju performanse aviona, posebno odnos uzgona i vučne sile. Pored toga, proizvođač očekuje i smanjenje potrošnje goriva za tri do šest procenata. Dalje, novi motori omogućiće i povećanje nosivosti za jednu i po tonu na visinama od 25.000 stopa (feet). Ova karakteristika smatra se posebno značajnom budući da Erbas kao potencijalne kupce ovog aviona posmatra latinoameričke države poput Kolumbije, Čilea i Perua (prve dve već koriste C-295) koje redovno upotrebljavaju transportnu avijaciju u planinskom području Anda. Proizvođač očekuje da C296W bude sertifikovan u drugom kvartalu sledeće godine, dok bi se u standardnoj ponudi Erbasa našao već krajem 2014. godine. Pored toga, avion se planira i kao platforma za razvoj verzije za rano radarsko upozoravanje i nadzor (AEW&C), dok se trenutno razmatra i razvoj još jednog derivata u vidu leteće topovnjače, naoružane oruđima kalibra 27 mm i 30 mm.

Mladen Tišma

Američka Kopnena vojska izabrala Bell V-280 Valor za svoj program JMR-TD program¹⁹

„Bel“, američka kompanija za proizvodnju helikoptera (Bell Helicopter), saopštila je 5. juna da je njen projekat treće generacije tiltrotora izabran od strane Kopnene vojske Sjedinjenih Američkih Država (US Army) za program združenog višenamenskog tehnološkog demonstratora (Joint Multi-Role Technology De-

¹⁹ www.airforcesdaily.com/2013/06/bell-v-280-valor-selected-for-us-armys-jmr-td-programme/ (poslednji pristup: 23..6..2013).

monstrator – JMR-TD). Američka KoV očekuje da će ugovor biti zaključen u septembru ove godine, dok je prvi let demonstratora planiran za 2017. godinu. Program JMR-TD ima za cilj razvoj helikoptera opšte namene nove tehnologije kojim bi se u budućnosti, počev negde od 2035. godine, obezbedila zamena flote helikoptera Sikorsky UH-60 Crni Jastreb (Black Hawk). Pored toga, suvozemni vid oružanih snaga Sjedinjenih Država traži i zamenu za jurišne helikoptere AH-64 Apač (Apache), koja bi, u najmanju ruku, morala da primeni iste tehnologije. Zbog toga, „Bel“ predlaže i jurišnu verziju letelice V-280 koja bi na zakržljanim krilima imala i podvesne tačke, dok bi se ispod rupa nalazio bombaluk.



Prema izjavama predstavnika kompanije, težište u razvoju ove letelice biće na postizanju brzine krstarenja od 280 čvorova (odnosno 518,56 km/h), agilnosti pri malim brzinama, mogućnosti lebdenja pri visokim temperaturama, manevrabilnosti pri velikim brzinama i višestrukom g opterećenju, štedljivosti goriva, povećanom taktičkom radijusu, unapređenoj pouzdanosti i nižim troškovima operativne upotrebe.

Nakon pregleda pristiglih ponuda za progrma JMR-TD, ocenjivačka komisija američke Kopnene vojske projekat V-280 Valor ocenila je predlogom prve kategorije, odnosno preporučila da ga vojska prihvati i odobrila finansiranje programa.

Inače, program JMR-TD zapravo predstavlja zagrevanje za program američkog Sekretarijata odbrane (Department of Defense – DoD) pod nazivom Future Vertical Lift, za koji se procenjuje da će dostići vrednost od sto milijardi američkih dolara. Naime, DoD planira da u okviru tog programa zameni između dve i četiri hiljade srednjih transportnih, te borbenih helikoptera i to iz sastava svih vidova američkih oružanih snaga, a osnovni uslov je krstareća brzina veća od 230 čvorova, odnosno 425,96 km/h, budući da postojeći helikopteri postižu prosečno 240 km/h.

Mladen Tišma

Zašto se gasi program Global Hawk Block 40²⁰



Kompanija *Raytheon* pronalazi nove načine ne bi li odgovorila na urgentne potrebe američke mornarice za novom verzijom rakete AIM-9X *Sidewinder* koja bi imala znatno poboljšan dolet.

Iako je verzija rakete *Block II* i dalje u fazi operativnog testiranja, mornarica želi da verzija *Block III* uđe u razvojni stepen testiranja do 2018 godine.

U tom slučaju verzija *Block III* će imati isti dolet kao i raketa *AIM-120 Amraam*.

Istovremeno teku naponi za dodavanje infracrvenog uređaja za pretraživanje i praćenje na avionu *Super Hornet* radi prevazilaženja problema sa sistemom praćenja putem radio-frekvencija. Čini se da je ovakav pravac razvoja izazvan napretkom Kineza na polju aktivnog ometanja frekvencija.

Kompanija *Boeing* ističe da je program IRST *Hornet* odgovor na „neprijateljsko RF okruženje“, što bi značilo da se pretpostavlja okruženje u kojem deluju vrlo jaki emiteri RF ometanja.

Nova raketa imaće tragač preuzet iz modela *Block II*, biće povezana data linkom, imaće optički upaljač, ali je gotovo sigurno da će biti potreban i novi motor.

Trenutno su u opciji jači motor, ali i dvopulsna verzija, što će sigurno uticati na širinu rakete.

Za kompaniju *Raytheon* razvoj motora će predstavljati izazov. Linija za proizvodnju motora pređašnjeg dobavljača za motore rakete *Amraam* je ugašena, jer istragama nije otkriven razlog iznenadnih samozapaljenja motora tokom 2010. i 2011. godine.

Trenutno motore za *Amraam* rakete izrađuje kompanija *Nammo* u Norveškoj, upotrebljavajući kao pogon motor nemačke rakete vazduh-vazduh IRIS-T, dok je u toku izrada novog pogonskog goriva.

²⁰ Aviation Week & Space Technology 19 June 2013.

Kompanija *Raytheon* se nalazi u partnerskom odnosu sa kompanijom *Rafael* u pogledu izrade rakete *Stunner* koja je u fazi testiranja i koristi tropulsni motor koji je razvila izraelska kompanija. Još uvek nije došlo do zvaničnih razgovora što se tiče razvoja rakete *AIM-9X Block III*.

Dragan Vučković

Turska traži dopunu za petu generaciju lovaca, za JSF²¹



Turska avio-industrija prešla je dug put otkada je počela da gradi lovce *F-16 Fighting Falcon* još tokom osamdesetih godina. Sada je uverena da može proizvesti avion koji će ne samo zameniti *F-16* već dopuniti letelicu *F-35 Joint Strike Fighter* u godinama koje dolaze.

Turska avio-industrija *Turkish Aviation Industries* (TAI) već nekoliko godina potajno radi na idejama o lovcu pete generacije, nazvanom *F-X*, ali je ova 2013. godina kritična po odlukama u vezi s projektom. Dvogodišnja koncept faza, vredna 20 miliona dolara, započeta tokom avgusta 2011. godine završava se ovog septembra, a sastanak Turskog izvršnog komiteta za odbranu, predviđenog za kraj ove godine, odlučiće o budućem obliku ovog programa.

Tokom sajma naoružanja IDEF, održanog u Istanbulu prošlog meseca, turska avio-industrija je prikazala tri moguća projektna koncepta jednosede letelice, dva konvencionalna modela, jedan sa jednim motorom, vrlo sličan *F-35* i jedan sa dva motora, dok je treći model prikazan sa prednjim kanardima i velikim delta krilom. Svaki od prikazanih koncepta sadrži elemente dizajna pete generacije lovačkih aviona, kao što su dinamičan oblik trupa aviona radi smanjenja radarskog odraza, unutrašnja oružna spremišta, mogućnost održavanja nadzvučnih krstarećih brzina, kao i napredna avionika i aktivni radarski sistem sa elektron-

²¹ Aviation Week & Space Technology 10 June 2013.

skim skeniranjem (AESAs). Inženjerima je u tom pogledu pomagala kompanija SAAB koja je dobila posao konsultanta u vezi s ovim programom.

Zvaničnici TAI (Turske avio-industrije) naveli su da će dva koncepta sa jednim motorom imati maksimalnu poletnu težinu od 22 do 29 tona dok će verzija sa dva motora imati MPT od 27 do 32 tone. Dijagramski nacrt dvomotorne verzije pokazuje dva spremnika za naoružanje, jedan koji se nalazi između vazdušnih uvodnika na koji se mogu staviti dve rakete vazduh-vazduh kratkog dometa i drugi spremnik koji se nalazi ispred motora u koji se mogu smestiti četiri veće rakete veličine rakete AIM-120 *Amraam*.

Do sada su bar tri puta promenjeni zahtevi koje je definisalo tursko vazduhoplovstvo u pogledu specifikacija onoga što bi Turska avio-industrija i Turska industrija bile u mogućnosti da postignu u sledećim godinama. Od prikazanih konceptata, onaj dvomotorni je taj koji zadovoljava uslove koje je postavilo ratno vazduhoplovstvo. Međutim, sa druge strane, zahtevi vojske bili bi zadovoljeni i jednomotornom letelicom radi reduciranja troškova i kompleksnosti. Iako prvobitni koncept predstavlja višenamensku letelicu, zvaničnici TAI smatraju da će vazduhoplovstvo više insistirati na letelici koja bi ostvarivala vazdušnu prevlast u borbama vazduh-vazduh.

Trenutno je planiran razvoj nove letelice u isto vreme kada i plaćanje za F-35. TAI planira prvi let F-X u roku od 10 godina. Dok je F-35 namenjen kao zamena za F-4 *Fantome* i za prve lovce F-16 koji su ušli u sastav vazduhoplovstva, Turska vidi F-X kao zamenu kasnije uvedenih lovaca F-16 koji su nabavljeni u okviru programa *Peace Onyx*. Poslednji proizvedeni F-16 isporučen je ratnom vazduhoplovstvu u decembru u okviru pomenutog programa.

Trenutno se razmatraju razne tehnologije koje bi mogle biti primenjene na novu letelicu kao što su opcije od nijednog pa do dva člana posade, što bi značilo da bi letelica sa dva člana posade radila nezavisno kao komandna misija floti bespilotnih letelica.

Jedan od najvećih problema za razvoj letelice moglo bi biti pronalaženje odgovarajućeg pogonskog sistema, naročito ukoliko vazduhoplovstvo bude i dalje insistiralo na jednomotornoj varijanti. TAI je još prošle godine započela pregovore sa najvećim proizvođačima avionskih motora, od SAD preko Evrope i Rusije.

Trenutno postoji nekoliko mogućnosti razvoja, koje uključuju zajedničkog stranog partnera koji bi mogao pomoći u finansiranju programa na osnovu postavljenih parametara. Druga mogućnost bi bila partnerstvo sa državom koja je postavila slične ciljeve u pogledu proizvodnje letelice pete generacije i koja bi bila voljna sarađivati prilikom razvoja, proizvodnje i, na kraju, i prodaje letelice na tržištu.

Turska štampa je imenovala Južnu Koreju kao državu koja je bila zainteresovana za zajednički projekat tokom konceptne faze koja je započeta 2011. godine. Treća mogućnost uključivala bi državu ili kompaniju kao partnera koji ima iskustva u projektovanju i razvoju lovaca koja bi obezbedila tehničku pomoć u vezi s projektom na sličan način kao što je i kompanija SAAB bila uključena u konceptnoj fazi.

Turska će morati da pređe još dug put pre nego što bude realizovala svoje ambicije, ali bi odgovarajuća ulaganja i tehnička znanja u vezi s programom omogućila avio-industriji Turske značajan kredibilitet, kao i proizvod koji bi mogao naveliko da se izvozi državama koje nisu u mogućnosti da se uključe u program JSF.

Dragan Vučković

*Northrop se bori za svoj Global Hawk dok Triton poleće*²²



Dok se kompanija *Northrop Grumman* bori ne bi li sačuvala svoju bespilotnu letelicu *Global Hawk* od brisanja sa liste projekata ratnog vazduhoplovstva što bi sa druge strane moglo značiti i njen prodor na strano tržište, njen novi i robustniji rođak *Triton*, koji je sponzorirala ratna mornarica upravo započinje sa letnim testovima.

Prvi let letelice *Triton*, 22. maja, označio je novu etapu u nastojanjima američke mornarice za posedovanje bespilotne letelice koja bi kontrolisala morske površine.

MQ-4C *Triton* treba da uđe u aktivnu službu tokom 2015. Godine, a letelica je poletela samo nekoliko dana nakon istorijskog lansiranja iz katapulta nevidljivog X-47B sa američkog nosača aviona. *Triton* će biti prva mornarička bespilotna letelica predviđena za misije za koje su dosada bili zaduženi isključivo avioni sa posadom.

Prvi let trajao je 80 minuta i predstavlja prvi od devet misija tokom kojih će sukcesivno biti uvođeni novi sofisticirani sistemi.

Triton će imati značajnu ulogu u operacijama pomorskog nadzora velikog dometa kao deo novog strateškog fokusiranja na azijsko-pacifički region, što će značiti da će stara flota P-3 aviona biti zamenjena kombinacijom 117 letelica *Boeing* P-8A i 68 letelica MQ-4C.

Najmodernija verzija letelice *Northrop Global Hawk*, MQ-4C, nalazi se u fazi razvijanja još od 2008. godine u okviru programa *Broad Area Maritime Surveillance* (BAMS) vrednog 1,16 milijardi dolara. Mornarica planira kupovinu 70 letelica, uključujući i dve letelice za testiranje u vrednosti od 13 milijardi dolara.

Ovaj let mnogo znači kompaniji *Northrop Grumman* koja se bori sa preranim gašenjem varijante RQ-4B predviđene za američko vazduhoplovstvo i to zbog cene i problema za senzorima letelice. Nemačka je takođe objavila da neće nastaviti sa svojim projektom *EuroHawk* u vrednosti od 655 miliona dolara u okviru kojeg je planirala uvođenje domaće nadzorne opreme. Berlin poseduje jednu letelicu tog tipa i ne planira kupovinu novih četiri kao što je to ranije najavljivano.

Dragan Vučković

²² Aviation Week & Space Technology 01 June 2013.

Su-35 u centru pažnje u Parizu²³

Lovački avioni su tradicionalno u prvom planu na Pariskom aeromitingu, ali već dugo vremena se nije pojavila letelica koja je u svakom smislu u centru pažnje. To se očekuje od prvog izlaska lovca SU-35S, koji prvi put izlazi na scenu van granica Rusije.

Već dve godine unazad, na aero-mitingu MAKS, u Moskvi, SU-35S je kombinujući dokazane aerodinamičke sposobnosti porodice letelica T-10 obogaćene novim integrisanim letnim i pogonskim kontrolnim sistemom, uključujući i 3-D vektorisan potisak, pokazao neke poteze koje nijedan drugi avion nije pokazao u javnosti. To je podrazumevalo i jednostavan prelaz od dinamičkog usporavanja (manevar „Kobra“) pa do okreta niskom brzinom i do ravnog okretanja na leđa, a zatim i na drugu stranu – sve vreme pod punom kontrolom pilota.

Svaka ovakva demonstracija letnih sposobnosti obično je praćena povikom da se radi o „manevrima na aeromitingu“ i da to nema veze sa borbenim sposobnostima letelice. Ali, ovakvi manevri nisu trikovi. Nepredviđena letna putanja dovodi do velikog iskušenja algoritma svakog raketnog sistema, a veoma brzo spuštanje nosa aviona omogućava lansiranje raketa kratkog dometa sa mnogo većom mogućnošću pogađanja.

Što se tiče ostalih lovaca, naravno da će tu biti i *Rafale*, na zemlji ali i u letu, a iako kompanija *Dassault* ne otkriva svoje namere neće nas iznenaditi ukoliko na mitingu bude prikazana neka od novih dostignuća kompanije *Thales* u pogledu aktivnog radara sa elektronskim skeniranjem (AESA). Lovac italijanskog ratnog vazduhoplovstva, *Eurofighter Typhoon*, će se takođe pojaviti na mitingu a

²³ Aviation Week&Space Technology 27 May 2013.

možda će imati i letnu tačku. Možda će biti i nekih novih vesti u pogledu novog AESA radara na lovcu *Typhoon*. Kompanija *Eurofighter* je ponudila zainteresovanim vladama ponudu u vezi s radarom AESA koja je od skora revidirana u smislu unapređenja mogućnosti za vođenje napada u oblastima vazduh-zemlja, kao i u elektronskoj borbi.

Kompanija *Eurofighter* se nada potencijalnim prodajama u Ujedinjenim Arapskim Emiratima gde se *Rafale* nije dovoljno dobro pokazao, kao i novom izboru lovca za dansko i kanadsko ratno vazduhoplovstvo.

Kompanija SAAB se još nije javno izjasnila da li će se pojaviti sa nekim avionom u Parizu. Prototip *Gripen Demo* trebalo je da završi probne letove ovog meseca, a od toga zavisi i njegov dolazak.

Boeing, koji se takmiči sa avionima *Gripen* i *Rafale* u Brazilu ne dovodi nijednu letelicu u Pariz, kao ni kompanija *Northrop Grumman*.

Još jedna od novih ruskih letelica koja će prvi put biti prikazana je *Kamov Ka-52 Alligator*, nova dvoseda verzija K-50 gde piloti sede jedan pored drugog (K-50 je prvi put prikazan u Parizu 2003 godine).

Yakovlev Yak-130 trenažni avion vraća se u proizvodnju kao i njegov dalji rođak *Alenia M-346*.

Kompanija *Alenia* takođe prikazuje i vazdušnu topovnjaču MC-27 i izviđačku varijantu transportnog aviona C-27J, razvijenu u saradnji sa firmom ATK koja je obezbedila top 30 mm *Bushmaster*. Pored topa, MC-27J poseduje i multispektralnu senzorsku opremu, uključujući i radar sa sintetičkom antenom i senzorom koji otkriva pokretne kopnene ciljeve, kao i paletu sa oruđima visoke preciznosti montiranu na zadnjoj tovarnoj rampi.

Nakon što su se usmereni infracrveni sistemi zaštite pokazali vrlo efikasni protiv raketa zemlja-vazduh kojima je oboren AC-130 za vreme Prvog golfskog rata, vazdušne topovnjače mogu se konačno ponovo upotrebljavati u operacijama koje su im bile osporene nakon akcija u Libiji gde im je prigovorena vrlo visoka cena u upotrebi protiv ciljeva vrlo niske vrednosti.

Kompanija *Selex ES* prvi put se pojavljuje kao jedinstvena kompanija, pokazaće svoje bespilotne letelice *Falco* i *Falco Evo*, ističući da je to jedina kompanija van Izraela koja je u stanju da obezbedi bespilotne letelice sa kompletnom opremom. *Selex* će, takođe, prikazati i *VigilX*, sferokružni elektrooptički sistem za upravljanje helikopterom.

U pogledu naoružanja, kompanija Rafael će predstaviti *Spice-250*, najmanju (oko 113 kg) verziju svoje porodice preciznih navodećih bombi. *Spice-250* je borbeno testirana i predstavlja alternativu porodici američkih bombi malog dijametra, a od njih se razlikuje po sistemu vođenja koji se zasniva na poklapanju sa infracrvenom slikom cilja, dok američke navođene bombe upotrebljavaju GPS ili lasersko ozračavanje cilja.

O zajedničkom evropskom programu bespilotnih letelica priča se već godinama, što navodi na pomisao da osim priča tu ničeg drugog neće ni biti. Međutim, frustracije Italije povodom nemogućnosti da dobije dozvolu za naoružavanje svojih bespilotnih letelica *Reaper* možda i iznedri novi evropski program. To će naravno opet izazvati standardna pitanja u vezi s partnerstvom, vodećim ulogama ili saradnji, uključujući odbijanje kompanije *Dassault* za bilo kakvu vezu sa Nemačkom.

Dragan Vučković

Stani i izbaci²⁴

Minobacači, ručni raketni bacači i improvizovane eksplozivne naprave, sve to spada u naoružanje pobunjenika protiv kojeg se armije bore tako što povećavaju nivo oklopne zaštite, menjaju operativne postupke i taktike i trude se da dobiju obaveštajne podatke u realnom vremenu. Međutim, kada pobunjenici dođu do vođenih raketa to onda menja stvari i opasnost po savezničke snage se drastično uvećava.



Bright Arrow APS

Sofisticirano navođeno protivtenkovsko naoružanje je kobno po borbena vozila. Takvo naoružanje je malih gabarita, ali smrtonosno na velikim daljinama. Navođene protivtenkovske rakete imaju bojeve glave koje probijaju izuzetno čvrste oklope. Na savremenim bojištima, kao i za vreme mirovnih misija takvo naoružanje je izuzetno moćno. Pobunjenici upotrebljavaju vođene rakete u malim grupama, ali i tako dominiraju velikim delovima bojišta prosto odvrćajući vojne i bezbednosne snage od vršenja operacija na osetljivim područjima.

Izraelske odbrambene snage (*Israeli Defence Force – IDF*) suočile su se sa takvom pretnjom tokom devedesetih godina u Libanu, kao i koalicione snage u Iraku i Avganistanu. Međunarodne pomorske snage suočavaju se sa problemima navođenih protivtenkovskih raketa u Latinskoj Americi, Africi i Jugoistočnoj Aziji u borbi protiv kriminalnih organizacija, kao što su pirati i narko-karteli koji na taj način nastoje odvratiti dejstvo vojnih i bezbednosnih snaga po njihovim bazama.

Aktivni zaštitni sistemi (*Advanced Protection Systems – APS*) omogućavaju operacije vojnih snaga u uslovima upotrebe protivtenkovskih navođenih raketa. Te sisteme su prvo razvile i upotrebile izraelske snage, IDF, za zaštitu tenkova i oklopnih vozila od dejstva navođenim i nenavođenim raketama. Prvobitno su upotrebljavani takozvani „soft kill“ sistemi u obliku infracrvenih protivmera koji su štitili bunkere, tenkove i oklopna vozila od navođenih raketa. Od 2011. godine IDF uvodi sistem „hard kill“ montiran na tenkove *Merkava* Mk 4 koji su patrolirali pojasom Gaze. Ove patrole često su bile na udaru napadima vođenim i nevođenim protivtenkovskim projektilima, ali APS sistem „*Trophy*“ kompanije *Rafael* tu se pokazao izuzetno efikasnim. Koliko god da su ovi sistemi efikasni, oni nisu nudili potpunu zaštitu, jer se lakooklopljena vozila nisu mogla zaštititi ovim sistemima, tim pre što je APS ograničen brojem protivmera koje poseduje tako da je dolazilo i do kombinovanja ova dva sistema.

²⁴ Aviation week & Space and technology 29 April 2013.

Tri „*soft kill*“ sistema trenutno su u fazi razvoja u Izraelu, a namenjeni su zaštiti aviona, oklopljenih vozila kao i brzih patrolnih čamaca.

Kompanija *Elbit systems* razvila je čitavu lepezu infracrvenih protivmera integrisanih sa laserskim i drugim senzorima koje čine odbrambeni sistem vozila.

ESP Optronics sistem protivmera pokriva 360 stepeni, obezbeđujući osmatranje i zaštitu od napada navođenih projektila. Nalazi se u jednoj integrisanoj jedinici koja uključuje mnogobrojne senzore za otkrivanje lansiranja projektila, sisteme za upozoravanje od laserskog ozračenja, kao i pokretni elektrooptički senzor i modul sa protivmerama. Potpuno je automatizovan i sam otkriva nadolazeće pretnje, upotrebljava mere zaštite i preduzima kontranapad.

Sličan projektil namenjen za kontriranje raketa iz ručnih protivvazдушnih raketnih lansera je *Music*, proizvod kompanije *Elbit*, kompaktan omnidirektivni IR sistem sa protivmerama, namenjen opremanju aviona i helikoptera. Sistem automatski otkriva napad na vreme da onemogući projektil sa navođenjem putem optičkog laserskog kabla. *Music* podrazumeva senzor za upozoravanje, sistem kontrole i laserski modul koji takođe poseduje svoj elektrooptički senzor koji može nišaniiti laserom na metu.

Drugačiji sistem nalazi se u fazi razvoja u kompaniji *Israel Aerospace Industries/Elta*, a namenjen je zaštiti patrolnih čamaca. Srce sistema čini novi *Navguard* sistem samozaštite, koji upotrebljava laki četvoropanelni radar zasnovan na naprednoj, digitalnoj tehnologiji antenskih faznih rešetaka. Radar automatski otkriva, klasifikuje i proverava sve pretnje u jednom ili više mogućih okruženja. Sistem radi nezavisno od ostalih uređaja na plovilu. Ukoliko otkrije napad raketom, radar aktivira moguće odgovore, kao što su dimni kanisteri, radarski i toplotni mamci. *Navguard* sistem može biti montiran oko glavnog jarbola, odmah ispod navigacionog radara plovila. Sistem teži od 130 kg i sastoji se od četiri fazne rešetke, glavnom elektronskom kutijom i do četiri lansera dimnih kanistera.

Kompanija *Elta* integrisala je *Navguard* sa sistemima za disperziju dimnih kanistera proizvođača *Rosy* i *Rheinmetall* prilagođeni za ugradnju na plovila. Ovaj projektil od 40 mm proizvodi dimni zid koji absorbira radarsko zračenje, ali i optičku i IR detekciju.

Na testovima koji su sprovedeni na nemačkim brodovima tokom 2012. godine, *Navguard* je efikasno otkrivao i klasifikovao navođene projekte ispaljene sa različitih daljina. Nemačka mornarica i *Rheinmetall* vode testiranja koja se sprovode u okviru *Smart Defence* programa u organizaciji NATO.

Dragan Vučković

*Brži udarac čekićem*²⁵

Francusko ratno vazduhoplovstvo odgovorilo je na operativne potrebe specijalnih snaga koje se bore protiv islamističkih pobunjenika u Maliju, ubrzavajući integraciju novog laserski navođenog projektila vazduh-zemlja na lovcu *Rafale* i uskoro najavljuje zeleno svetlo za operativnu upotrebu projektila protiv pokretnih ciljeva.

²⁵Aviation week & Space and technology 27 May 2013.



Radi se o laserski navođenom projektilu AASM (*Armement Air-Sol Modulair* – modularno naoružanje vazduh-zemlja) koji je namenjen udaru po brzim pokretnim ciljevima. Bilo je potrebno ubaciti određene softverske izmene u cilju prilagođavanja projektila novim zadacima.

Početkom aprila laserski vođenu verziju kvalifikovala je francuska agencija za poslove odbrambenih nabavki, DGA, i to nakon sprovedenih testova za vreme kojih je lovac *Rafale* gađao nepokretne i pokretne ciljeve. Dozvola za operativnu upotrebu projektila nazvanog „*Hammer*“ (čekić) označila je kulminaciju napora DGA.

Ovu dozvolu je, bar kada se radi o operacijama u Maliju, francusko vazduhoplovstvo proglasilo ograničenom. Očekuje se da piloti letelica *Rafale* započnu sa obukom gađanjem ovim projektilom za potrebe operacija u Maliju, u roku od nekoliko dana ili nedelja.

Jednom kada bude u potpunosti integrisan sa lovcem *Rafale*, oružje će zaokružiti porodicu preciznih navođenih projektila AASM koji su u upotrebi u francuskom vazduhoplovstvu i mornarici. To obuhvata projekte sa GPS i inercijalnim navigacionim sistemima (INS), kao i varijantu koja kombinuje sisteme GPS/INS sa IC navođenjem za upotrebu po svim vremenskim uslovima, danju i noću sa mogućnošću projektila da ispravi sve koordinatne greške putem naknadne korekcije neposredno pre udara po cilju.

Laserski vođeni projektil je fleksibilniji za upotrebu u borbenim operacijama, naročito u situacijama kada je potrebno ispraviti putanju projektila u poslednjem trenutku.

Obe verzije su borbeno isprobane tako što su lansirane 225 puta tokom operacije *Harmattan* u Libiji 2011. godine. Za razliku od projektila koji koriste GPS i IC vođenje, nova laserski vođena bomba namenjena je udaru po ciljevima koji se kreću brzinama do 80 km na čas, što je skoro dva puta brže od ciljeva koje može pratiti projektil GBU-12. U tu svrhu upotrebljava se vazdušni označivač ciljeva, kao što je podvesni kontejner *Thales Damocles*. Za sada ipak neće biti moguće upotrebljavati projektil za gađanje toliko brzih ciljeva već samo onih koji se kreću brzinama do 50 km na čas. Piloti su na testovima uspevali da pogađaju fiksne ciljeve, ali mobilne samo uz velike poteškoće.

Rešen je problem koji je postojao kod projektila AASM kada je odsjaj od jezera blizu poligona ometao sistem za vođenje.

Laserski vođeni projektil je, u stvari, montiran na telo bombe od 250 kg i podrazumeva modul sa sistemom za navođenje i set sa krilima i integrisanim raketnim motorom koji omogućava otpuštanje bombe sa malih visina. To znači da oružje može napadati cilj sa razdaljine od 50 km i to sa tačnošću u okviru od jednog metra.

Kompanija *Sagem* ističe da manevrabilnost projektila omogućava upotrebu projektila u misijama zabrane vazdušnog prostora, bliske vazdušne podrške (čak i u urbanim uslovima), kao i za napad na sisteme odbrane vazdušnog prostora i protivbrodske misije.

Takođe, moguće je reprogramirati projektil usred misije, kao i napadati šest ciljeva istovremeno.

Isti komplet, odnosno opremu sa laserskim navođenjem moguće je koristiti i sa bombama od 125 kg, 250 kg kao i onima od 500 kg, a postoji i modifikovana verzija kompleta koja se može koristiti i za bombe od 1000 kg sa širim kanardima i krilcima kao jačim motorom.

Dragan Vučković

Navođenje u terminalnoj fazi²⁶

TTX nišanski sistem upotrebljava mikroprocesor i napredni softver koji formira ono što bi se moglo nazvati puškom sa preciznim navođenjem koja ima pet puta veću preciznost pogotka prvim metkom u odnosu na konvencionalne sisteme.

TTX tehnologija podrazumeva tri umrežena okulara za praćenje mete – skup okulara koji se sastoje od zumirajućeg okulara 6X35, laserskog daljinomera i žiroskopa sa vremenskim senzorom – montiranog na običnu pušku, ali sa upotrebom municije visoke preciznosti kao što su .338 kalibar *Lapua Magnum* ili .300 kalibar *Winchester Magnum*.



²⁶ Aviation week & Space and technology 29 April 2013.

TTX tehnologija omogućava ono što se naziva prva puška sa preciznim navođenjem. Oružje omogućava strelcu lociranje mete, praćenje kretanja, automatsko podešavanje daljine i vremenskih uslova, kao i eliminisanje grešaka prilikom ciljanja i povlačenja obarača.

Sistem uključuje i ugrađeni WI-Fi koji prenosi videostrim mete do pametnog telefona ili tableta preko aplikacije koja se zove *ShotView*.

Optička slika nalikuje slici sa *hed-ap* displeja u avionu, a aktivacijom crvenog dugmeta za označavanje, sistem *TrackingPoint* započinje operaciju koja liči na „*lock and launch*“, odnosno lansiranje projektila iz aviona.

Rezultat je, kako tvrdi kompanija, pet puta veća mogućnost pogotka prvim metkom u odnosu na konvencionalni sistem gađanja, na daljini od preko 1000 metara i to bez obzira na veštinu strelca.

Tehnologija je trenutno dostupna samo civilima.

Kompanija se nada da će *TrackingPoint* sistem biti interesantan i američkoj vojsci kao i marinskom korpusu koji bi mogli u roku od jednog dana, od mladića od 19 godina, napraviti snajperistu koji pogađa ciljeve na 800 metara.

Wi-Fi sistem bi mogao biti od koristi i snajperistima, ali bi mogao prenositi uživo video-snimak i komandnim mestima i drugim zainteresovanim subjektima.

Kompanija *TrackingPoint* trenutno može raditi modifikacije standardnih pušaka kao što su M4 i M14, snajperska puška M24 i M110 SASS.

TTX tehnologija je dostupna i za modele pušaka kompanije *Surgeon rifles* iz Praga. To su puška velikog dometa SX1 sa municijom .338 kalibar *Lapua Magnum* sa cevi od 27 inča na šasiji AX koju izrađuje kompanija *Accuracy International*, a prodaje se za 22,500 dolara, model XS2 sa municijom .300 kalibar *Winchester Magnum*, sa cevi od 24 inča na šasiji AX i to po ceni od 20,000 dolara i modelom XS3 koja koristi municiju .300 kalibar *Winchester*, ima cev od 22 inča i šasiju *McMillanA5*, a košta samo 17,500 dolara.

Sistem sa dužinom cevi od 14,5 inča i težinom od 1,6 kg je jednostavna za upotrebu. Strelac nalazi metu i pritisne dugme za označavanje. Plavi znak X pojavljuje se u okularu. Strelac „oboji“ metu pomoću dugmeta za označavanje i navodi „rešenje za otvaranje vatre“ na metu. Kada su puška i meta poravnati, znak X je obojen u crveno. Strelac tada pritisne obarač i drži ga pritisnutog dok sistem ne odredi sve parametre za gađanje.

Iza ovog jednostavnog redosleda poteza stoje mikroprocesor i softver koji obavljaju mnoge radnje, kao što su balističko računanje, predviđanje i kompenzacija kretanja mete i puške, korekcija putanje metka i čak predviđanje takozvanog Koriolisovog efekta, uticaja rotacije Zemlje na okretanje metka. Svi ovi podaci izračunavaju se u milisekundama.

Budućnost je otvorena za nove tehnologije, a tek se otvaraju mogućnosti za interakciju porodice pešadijskog naoružanja sa ovakvim pametnim napravama.

Dragan Vučković

*Rusija radi na šinskim interkontinentalnim balističkim raketama*²⁷

Ruski zvaničnici su objavili da je ponovo započeo rad na interkontinentalnim balističkim raketama koji se nalaze u posebnim vozovima. Projekat je poveren Moskovskom institutu za termalnu tehnologiju.

Trenutno je rad u fazi konceptualnog projektovanja borbenog šinskog raketnog sistema. Finansiranje projekta je trenutno u početnoj fazi i još je nepoznato koliko će koštati razvoj ovakvog sistema.

Rusija ima u svom naoružanju balističke interkontinentalne projekte na šinama RT-23UTTH *Modlet* (SS-24 *Scalpel*). Radi se ukupno o tri puka koji su formirani još 1987. godine – jedan sa tri vagona, a dva sa po četiri vagona. Svaki voz je opremljen sa po tri vagona lansera raketa u kojima se nalaze trostepene rakete SS-24, opremljene bojevom glavom od 400 ili 430 Kt. Tadašnji ukupan broj raketa SS-24 bio je 56 i one su se, uglavnom, nalazile u zaštićenim silosima na području današnje Ukrajine. Rusija je povukla svoje poslednje šinske SS-24 još 2005. Godine, dok su rakete u silosima prestale da budu operativne još tokom 1994. godine, a 10 ruskih sistema je povučeno tokom 1999. godine.

Moskovski institut za termalne tehnologije još ne zna odgovor na pitanje da li će novi šinski sistem biti baziran na osnovu postojeće rakete ili će biti razvijena nova. Inače, pomenuti institut je projektant najnovije interkontinentalne balističke rakete koja se lansira iz podmornice, RSM-56 *Bulava* odnosno SS-32, kao i rakete RS-12 *Topol*, SS-27 koja se lansira sa kopna, ali i rakete RS-24 *Yars*, odnosno SS-29.

Prethodni izveštaji navodili su da će šinski raketni sistem biti znatno lakši od 104,800 kg koliko je težila raketa SS-24, pa se baratalo sa cifrom od 50,000 kg. Raketa koja bi sada odgovarala ovim zahtevima je SS-29 koja ima težinu do 49,000 kg.

Dragan Vučković

*Nastavlja se kupovina ruskog oružja*²⁸

Irački ministar spoljnih poslova *Hoshyar Zebari* izjavio je da će se nastaviti sa ostvarivanjem dogovora između Iraka i Rusije o poslu izvoza naoružanja vrednog 4,2 milijarde dolara. Prodaja je u jednom trenutku stopirana zbog nepravilnosti, ali je sada nastavljena i prve isporuke su predviđene za nekoliko meseci.

Prve isporuke se očekuju tokom ovog leta i uključivaće borbene helikoptere i sisteme protivvazdušne odbrane.

Dogovor je prvi put objavljen za vreme posete iračkog premijera *Nuri al-Maliki*-ja Moskvi u oktobru 2012. godine. Iako tada nisu objavljeni detalji, ruski mediji su objavili da se radi o prodaji 30 ruskih borbenih helikoptera *Mil Mi-28 Havoc* i 42 mobilna sistema protivvazdušne odbrane *Pantsyr-S-1*, dok su dalji razgovori uključivali moguću isporuku aviona Mig-29 i drugo oružje.

²⁷ IHS Jane's Defence Weekly 01 May 2013.

²⁸ IHS Jane's Defence Weekly 13 March 2013.

Pred kraj novembra 2012. godine iz kancelarije premijera objavljeno je da je sporazum poništen zbog sumnji u korupciju, ali je to irački ministar odbrane *Sadun al-Dulymi* demantovao.

Iračka odluka o nabavci helikoptera MI-28 prilično je nerazumljiva. Helikopter je, pre svega, namenjen kao protivtenkovska platforma i uveden je u rusku vojsku 2009. godine, ali nije borbeno isproban.

Nekoliko zemalja je izjavilo da je zainteresovano za kupovinu, uključujući Venecuelu i Alžir, ali još nijedna letelica nije izvezena stranom kupcu, dok je Indija odabrala Boingov AH-64E *Apache* umesto MI-28.

Osim ako nije proizvela helikoptere MI-28 na osnovu još neotkrivenog sporazuma koji je otkazan, Rusija će biti u mogućnosti da isporuči helikoptere Iraku tek nakon nekoliko meseci i to ukoliko otkaže isporuku helikoptera svom ratnom vazduhoplovstvu.



Mi-28 Havoc

Sada iračko vazduhoplovstvo u svom sastavu uglavnom poseduje američke helikoptere Bell UH-1H, Bell 206B i trenazne helikoptere Bell OH-58A/C i Bell 407 naoružane raketama Hellfire i mitraljezima. Takođe, naručeno je 24 helikoptera *Eurocopter EC635* koji će verovatno biti naoružani podvesnim topovima i južnoafričkim *Ingwe* vođenim raketama.

S obzirom na budžetske probleme Bagdada, bilo bi logičnije kupiti više naoružanih helikoptera tipa onih koji su već u sastavu iračke armije jer su piloti već obučeni za let na takvim vrstama letelica. Nabavka novog tipa zahtevaće novu obuku pilota, nove rezervne delove i opremu.

Doduše, Irak će verovatno uskoro imati potrebu za bolje oklopljenim borbennim helikopterima s obzirom na to da su porasle tenzije između centralne vlade i kurdske regionalne vlade, čiji su sledbenici otvarali vatru na iračke helikoptere.

Pobunjenici već poseduju čitavu lepezu protivavionskog naoružanja koje su nabavili od još neimenovane države i, naravno, bez dozvole centralne vlade.

Sa druge strane, ovakav sporazum o isporuci oružja može odvratiti Moskvu od prodaje oružja iračkim Kurdima.

Dragan Vučković

POZIV I UPUTSTVO AUTORIMA O NAČINU PRIPREME ČLANKA

Uputstvo autorima o načinu pripreme članka za objavljivanje u *Vojnotehničkom glasniku* urađeno je na osnovu Akta o uređivanju naučnih časopisa, Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, evidencioni broj 110-00-17/2009-01, od 09. 07. 2009. godine. Primena ovog Akta prvenstveno služi unapređenju kvaliteta domaćih časopisa i njihovog potpunijeg uključivanja u međunarodni sistem razmene naučnih informacija. Zasnovano je na međunarodnim standardima ISO 4, ISO 8, ISO 18, ISO 215, ISO 214, ISO 18, ISO 690, ISO 690-2, ISO 999 i ISO 5122, odnosno odgovarajućim domaćim standardima.

VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (www.vtg.mod.gov.rs, ISSN 0042-8469 – štampano izdanje, ISSN 2217-4753 – online, UDC 623+355/359) jeste multidisciplinarni naučni časopis Ministarstva odbrane Republike Srbije, koji objavljuje naučne i stručne članke, kao i tehničke informacije o savremenim sistemima naoružanja i savremenim vojnim tehnologijama. Časopis prati jedinstvenu intervidovsku tehničku podršku Vojske na principu logističke systemske podrške, oblasti osnovnih, primenjenih i razvojnih istraživanja, kao i proizvodnju i upotrebu sredstava naoružanja i vojne opreme, i ostala teorijska i praktična dostignuća koja doprinose usavršavanju pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije.

Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije, saglasno odluci iz člana 27. stav 1. Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, saglasno odluci iz člana 27. stav 1. tačka 4), a po pribavljenom mišljenju iz člana 25. stav 1. tačka 5) Zakona o naučnoistraživačkoj delatnosti („Službeni glasnik RS“, br. 110/05, 50/06-ispr. i 18/10), utvrdilo je kategorizaciju Vojnotehničkog glasnika, za 2012. godinu:

za oblast **osnovna istraživanja**:

– na listi časopisa za matematiku, računarske nauke i mehaniku: kategorija naučni časopis nacionalnog značaja (M_{52}),

za oblast **tehnološki razvoj**:

– na listi časopisa za materijale i hemijske tehnologije: kategorija naučni časopis nacionalnog značaja (M_{52}),

– na listi časopisa za elektroniku, telekomunikacije i informacione tehnologije: kategorija naučni časopis (M_{53}),

– na listi časopisa za mašinstvo: kategorija naučni časopis (M_{53}).

Usvajene liste domaćih časopisa za 2012. godinu mogu se videti na sajtu Vojnotehničkog glasnika, stranica Kategorizacija časopisa.

Detaljnije informacije mogu se pronaći i na sajtu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Podaci o kategorizaciji mogu se pratiti i na sajtu KOBSON-a (Konzorcijum biblioteka Srbije za objedinjenu nabavku).

Kategorizacija časopisa izvršena je prema Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, koji je propisao Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj (Službeni glasnik RS, broj 38/2008).

U skladu sa ovim pravilnikom i tabelom o vrsti i kvantifikaciji individualnih naučnoistraživačkih rezultata (u sastavu Pravilnika), objavljeni rad u *Vojnotehničkom glasniku* vrednuje se sa 1,5 bod (kategorija M_{52}) i 1 bod (kategorija M_{53}).

Časopis se prati u kontekstu Srpskog citatnog indeksa – SCindeks (baza podataka domaćih naučnih časopisa – detalji dostupni na sajtu <http://scindeks.nb.rs>) i podvrgnut je stalnom vrednovanju (monitoringu) u zavisnosti od uticajnosti (impakta) u samoj bazi i, dopunski, u međunarodnim (Thompson-ISI) citatnim indeksima.

Radovi se predaju putem onlajn sistema za elektronsko uređivanje ASEESTANT, koji je razvio Centar za evaluaciju u obrazovanju i nauci (CEON).

Pristup i registracija za servis vrše se na sajtu www.vtg.mod.gov.rs, preko stranice SCINDEKS, opcija ASEESTANT (aseestant.ceon.rs/index.php/vtg).

Detaljno uputstvo o registraciji i prijavi za servis nalazi se na sajtu www.vtg.mod.gov.rs, stranica Uputstvo za e-Ur: Elektronsko uređivanje – ASEESTANT.

Vojnotehnički glasnik objavljuje članke na srpskom, engleskom, ruskom, nemačkom ili francuskom jeziku (arial, srpska latinica, veličina slova 11 pt, prored Single).

Članak treba da sadrži sažetak sa ključnim rečima, uvod, razradu, zaključak, literaturu i rezime sa ključnim rečima na engleskom jeziku (bez numeracije naslova i podnaslova). Obim članka treba da bude oko jednog autorskog tabaka (16 stranica formata A4 sa proredom Single), a najviše 24 stranice.

Članak treba da bude napisan na obrascu za pisanje članka, koji se u elektronskoj formi može preuzeti sa sajta na stranici Obrazac za pisanje članka.

Naslov

Naslov treba da odražava temu članka. U interesu je časopisa i autora da se koriste reči prikladne za indeksiranje i pretraživanje. Ako takvih reči nema u naslovu, poželjno je da se pridoda i podnaslov. Naslov treba da bude preveden i na engleski jezik.

Ovi naslovi ispisuju se ispred sažetka na odgovarajućem jeziku.

Tekući naslov

Tekući naslov se ispisuje sa strane svake stranice članka radi lakše identifikacije, posebno kopija članaka u elektronskom obliku. Sadrži prezime i inicijal imena autora (ako autora ima više, preostali se označavaju sa „et al.“ ili „i dr.“), naslove rada i časopisa i koliciju (godina, volumen, sveska, početna i završna stranica). Naslovi časopisa i članka mogu se dati u skraćenom obliku.

Ime autora

Navodi se puno ime i prezime (svih) autora. Veoma je poželjno da se navedu i srednja slova autora. Imena i prezimena domaćih autora uvek se ispisuju u originalnom obliku (sa srpskim dijakritičkim znakovima), nezavisno od jezika na kojem je napisan rad.

Naziv ustanove autora (afiliacija)

Navodi se pun (zvanični) naziv i sedište ustanove u kojoj je autor zaposlen, a eventualno i naziv ustanove u kojoj je autor obavio istraživanje. U složenim organizacijama navodi se ukupna hijerarhija (na primer, Univerzitet u Beogradu, Vojna akademija, Katedra prirodno-matematičkih nauka, Beograd). Bar jedna organizacija u hijerarhiji mora biti pravno lice. Ako autora ima više, a neki potiču iz iste ustanove, mora se, posebnim oznakama ili na drugi način, naznačiti iz koje od navedenih ustanova potiče svaki od navedenih autora. Afiliacija se ispisuje neposredno nakon imena autora. Funkcija i zvanje autora se ne navode.

Kontakt podaci

Adresa ili e-adresa autora daje se u napomeni pri dnu prve stranice članka. Ako autora ima više, daje se samo adresa jednog, obično prvog autora.

Kategorija (tip) članka

Kategorizacija članaka obaveza je uredništva i od posebne je važnosti. Kategoriju članka mogu predlagati recenzenti i članovi uredništva, odnosno urednici rubrika, ali odgovornost za kategorizaciju snosi isključivo glavni urednik.

Članci u časopisima se razvrstavaju u sledeće kategorije:

Naučni članci:

1. originalan naučni rad (rad u kojem se iznose prethodno neobjavljivani rezultati sopstvenih istraživanja naučnim metodom);

2. pregledni rad (rad koji sadrži originalan, detaljan i kritički prikaz istraživačkog problema ili područja u kojem je autor ostvario određeni doprinos, vidljiv na osnovu autocitata);

3. kratko ili prethodno saopštenje (originalni naučni rad punog formata, ali manjeg obima ili preliminarog karaktera);

4. naučna kritika, odnosno polemika (rasprava na određenu naučnu temu, zasnovana isključivo na naučnoj argumentaciji) i osvrti.

Izuzetno, u nekim oblastima, naučni rad u časopisu može imati oblik monografske studije, kao i kritičkog izdanja naučne građe (istorijsko-arhivske, leksikografske, bibliografske, pregleda podataka i sl.) – dotad nepoznate ili nedovoljno pristupačne za naučna istraživanja.

Radovi klasifikovani kao naučni moraju imati bar dve pozitivne recenzije. Spisak recenzenata Vojnotehničkog glasnika može se videti na stranici sajta spisak recenzenata.

Ako se u časopisu objavljuju i prilozi vannaučnog karaktera, naučni članci treba da budu grupisani i jasno izdvojeni u prvom delu sveske.

Stručni članci:

1. stručni rad (prilog u kojem se nude iskustva korisna za unapređenje profesionalne prakse, ali koja nisu nužno zasnovana na naučnom metodu);

2. informativni prilog (uvodnik, komentar i sl.);

3. prikaz (knjige, računarskog programa, slučaja, naučnog događaja, i sl.).

Jezik rada

Jezik rada može biti srpski, engleski ili drugi jezik koji se koristi u međunarodnoj komunikaciji u određenoj naučnoj oblasti (ruski, nemački ili francuski).

Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, bez skraćenica (osim standardnih). Sve fizičke veličine moraju biti izražene u Međunarodnom sistemu mernih jedinica – SI. Redosled obrazaca (formula) označava se rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama.

Sažetak (apstrakt) i rezime

Sažetak (apstrakt) jeste kratak informativan prikaz sadržaja članka koji čitaocu omogućava da brzo i tačno oceni njegovu relevantnost. U interesu je uredništava i autora da sažetak sadrži termine koji se često koriste za indeksiranje i pretragu članaka. Sastavni delovi sažetka su cilj istraživanja, metodi, rezultati i zaključak. Sažetak treba da ima od 100 do 250 reči i treba da se nalazi između zaglavlja (naslov, imena autora i dr.) i ključnih reči, nakon kojih sledi tekst članka. Ako je rad napisan na srpskom (ruskom, nemačkom ili francuskom) jeziku poželjno je da se, pored sažetka na srpskom (ruskom, nemačkom ili francuskom), daje i sažetak u proširenom obliku na engleskom jeziku – kao tzv. rezime (summary). Ovakav rezime treba da bude na kraju članka, nakon odeljka Literatura. Važno je da rezime bude u strukturiranom obliku, a njegova dužina može biti do 1/10 dužine članka (opširniji je od sažetka sa početka članka). Početak ovog rezimea može biti prevedeni sažetak (sa početka članka), a zatim treba da slede prevedeni glavni naslovi, podnaslovi i osnove zaključka članka (literatura se ne prevodi). Potrebno je da se u strukturiranom rezimeu prevede i deo teksta ispod naslova i podnaslova, vodeći računa da on bude proporcionalan njihovoj veličini, a da odražava suštinu. Nakon rezimea na engleskom jeziku (proširenog sažetka) dodaje se njegov prevod na srpskom, da bi redakcija izvršila proveru i lekturu.

Ključne reči

Ključne reči su termini ili fraze koje adekvatno predstavljaju sadržaj članka za potrebe indeksiranja i pretraživanja. Treba ih dodeljivati oslanjajući se na neki međunarodni izvor (popis, rečnik ili tezaurus) koji je najšire prihvaćen ili unutar date naučne oblasti. Za

npr. nauku uopšte, to je lista ključnih reči Web of Science. Broj ključnih reči ne može biti veći od 10, a u interesu je uredništva i autora da učestalost njihove upotrebe bude što veća. Ključne reči daju se na jeziku na kojem je napisan članak (sažetak) i na engleskom jeziku. U članku se pišu neposredno nakon sažetka, odnosno nakon rezimea.

Sistem ASEESTANT u tu svrhu koristi specijalnu alatku KWASS: automatsko ekstrahovanje ključnih reči iz disciplinarnih tezaurusa/rečnika po izboru i rutine za njihov odabir, tj. prihvatanje odnosno odbacivanje od strane autora i/ili urednika.

Datum prihvatanja članka

Datum kada je uredništvo primilo članak, datum kada je uredništvo konačno prihvatilo članak za objavljivanje, kao i datumi kada su u međuvremenu dostavljene eventualne ispravke rukopisa navode se hronološkim redosledom, na stalnom mestu, po pravilu na kraju članka.

Zahvalnica

Naziv i broj projekta, odnosno naziv programa u okviru kojeg je članak nastao, kao i naziv institucije koja je finansirala projekat ili program, navodi se u posebnoj napomeni na stalnom mestu, po pravilu pri dnu prve strane članka.

Prethodne verzije rada

Ako je članak u prethodnoj verziji bio izložen na skupu u vidu usmenog saopštenja (pod istim ili sličnim naslovom), podatak o tome treba da bude naveden u posebnoj napomeni, po pravilu pri dnu prve strane članka. Rad koji je već objavljen u nekom časopisu ne može se objaviti u Vojnotehničkom glasniku (preštampati), ni pod sličnim naslovom i izmenjenom obliku.

Tabelarni i grafički prikazi

Poželjno je da naslovi svih prikaza, a po mogućstvu i tekstualni sadržaj, budu dati dvojezično, na jeziku rada i na engleskom jeziku.

Tabele se pišu na isti način kao i tekst, a označavaju se rednim brojevima sa gornje strane. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Crteže treba raditi u programu word ili corel. Fotografije i crteže treba postaviti na željeno mesto u tekstu.

Navođenje (citiranje) u tekstu

Način pozivanja na izvore u okviru članka mora biti jednoobrazan.

Vojnotehnički glasnik za referenciranje (citiranje i navođenje literature) primenjuje Harvardski sistem referenci, odnosno Harvardski priručnik za stil (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual). U samom tekstu, u običnim zagrada, na mestu na kojem se vrši pozivanje, odnosno citiranje literature nabrojane na kraju članka, obavezno u običnoj zagradi napisati prezime citiranog autora, godinu izdanja publikacije iz koje citirate i, eventualno, broj stranica. Npr. (Petrović, 2012, pp.10–12).

Detaljno uputstvo o načinu citiranja, sa primerima, dato je na stranici sajta Uputstvo za Harvardski priručnik za stil. Potrebno je da se pozivanje na literaturu u tekstu uradi u skladu sa pomenutim uputstvom.

Sistem ASEESTANT u svrhu kontrole navođenja (citiranja) u tekstu koristi specijalnu alatku CiteMatcher: otkrivanje izostavljenih citata u tekstu rada i u popisu referenci.

Napomene (fusnote)

Napomene se daju pri dnu strane na kojoj se nalazi tekst na koji se odnose. Mogu sadržati manje važne detalje, dopunska objašnjenja, naznake o korišćenim izvorima (na primer, naučnoj građi, priručnicima), ali ne mogu biti zamena za citiranu literaturu.

Lista referenci (literatura)

Citirana literatura obuhvata, po pravilu, bibliografske izvore (članke, monografije i sl.) i daje se isključivo u zasebnom odeljku članka, u vidu liste referenci. Reference se ne prevode na jezik rada i nabrajaju se u posebnom odeljku na kraju članka.

Vojnotehnički glasnik, kao način ispisa literature, primenjuje Harvardski sistem referenci, odnosno Harvardski priručnik za stil (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual).

Literatura se nabraja po abecednom redosledu, navodeći najpre prezimena autora, bez numeracije.

Detaljno uputstvo o načinu popisa referenci, sa primerima, dato je na stranici sajta Uputstvo za Harvardski priručnik za stil. Potrebno je da se popis literature na kraju članka uradi u skladu sa pomenutim uputstvom.

Nestandardno, nepotpuno ili nedosledno navođenje literature u sistemima vrednovanja časopisa smatra se dovoljnim razlogom za osporavanje naučnog statusa časopisa.

Sistem ASEESTANT u svrhu kontrole pravilnog ispisa liste referenci koristi specijalnu alatku RefFormatter: kontrola oblikovanja referenci u skladu sa Harvardskim priručnikom za stil.

Propratno pismo

Pored članka dostavlja se propratno pismo u kojem treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, koji su grafički prilozi (fotografije i crteži) originalni, a koji pozajmljeni.

U propratnom pismu navode se i podaci autora: ime, srednje slovo, prezime, čin, zvanje, e-mail, adresa poslodavca (VP), kućna adresa, telefon na radnom mestu i kućni (mobilni) telefon, račun i naziv banke, SO mesta stanovanja, broj lične karte i JMB građana.

Ako je više autora članka, u propratnom pismu se navodi pojedinačni procentualni udeo radi obračuna honorara.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije honorišu se prema važećim propisima.

Adresa redakcije: Vojnotehnički glasnik, 11000 Beograd, Braće Jugovića 19.
E-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.

Urednik
Nebojša Gaćeša
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs
tel.: 011/3349-497,
064/8080-118

CALL FOR PAPERS AND ARTICLE FORMATTING INSTRUCTIONS

The instructions to authors about the article preparation for publication in the *Military Technical Courier* are based on the Act on scientific journal editing of the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia, No 110-00-17/2009-01 of 9th July 2009. This Act aims at improving the quality of national journals and raising the level of their compliance with the international system of scientific information exchange. It is based on international standards ISO 4, ISO 8, ISO 18, ISO 215, ISO 214, ISO 18, ISO 690, ISO 690-2, ISO 999 and ISO 5122 and their national equivalents.

THE MILITARY TECHNICAL COURIER (www.vtg.mod.gov.rs, ISSN 0042-8469 – print issue, ISSN 2217-4753 – online, UDC 623+355/359) is a multidisciplinary scientific journal of the Ministry of Defence of the Republic of Serbia. It publishes scientific and professional papers as well as technical data about contemporary weapon systems and modern military technologies. Offering a logistic system support, the *Courier* is a part of a unique technical support to the Army services in the field of fundamental, applied and development research. It also deals with production and use of weapons and military equipment as well as with theoretical and practical achievements leading to professional development of the personnel of the Ministry of Defence and the Army of the Republic of Serbia.

Pursuant to the decision given in Article 27, paragraph 1, point 4, and in accordance with the acquired opinion given in Article 25, paragraph 1, point 5 of the Act on Scientific and Research Activities (*Official Gazette of the Republic of Serbia*, No 110/05, 50/06-cor and 18/10), the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia classified the *Military Technical Courier* for the year 2012

in the **field fundamental research:**

– on the list of periodicals for mathematics, computer sciences and mechanics: category: scientific periodical of national interest (M₅₂),

in the **field technological development:**

– on the list of periodicals for materials and chemical technology, category: scientific periodical of national interest (M₅₂),

– on the list of periodicals for electronics, telecommunications and IT, category: scientific periodical (M₅₃),

– on the list of periodicals for mechanical engineering, category: scientific periodical (M₅₃).

The approved lists of national periodicals for the year 2012 can be viewed on the Military Technical Courier website, page Journal categorization.

More detailed information can be found on the website of the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

The information on the categorization can be also found on the website of KOBSON (Consortium of Libraries of Serbia for Unified Acquisition).

The periodical is categorized in compliance with the Regulations on the procedure and method of evaluation and quantitative formulation of scientific and research results of researchers, stipulated by the National Council for Scientific and Technological Development (*Official Gazette of RS*, No 38/2008). More detailed information can be found on the website of the Ministry of Education, Science and Technological Development.

In accordance with the Regulations and the table about types and quantification of individual scientific and research results (as a part of the Regulations), a paper published in the *Military Technical Courier* scores 1,5 (one and a half) point (category M₅₂) and 1 (one) point (category M₅₃).

The journal is in the Serbian Citation Index – SC index (data base of national scientific journals – details available at <http://scindeks.nb.rs>) and is constantly monitored depending on the impact within the base itself and on the international (Thompson-ISI) citation indexes.

Manuscripts are submitted online, through the electronic editing system ASEESTANT, developed by the Center for Evaluation in Education and Science – CEON.

The access and the registration are through the Military Technical Courier site <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-e.html>, on the page SCINDEKS, option ASEESTANT (aseestant.ceon.rs/index.php/vtg).

The detailed instructions about the registration for the service are on the website <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-e.html>, on the page Instructions for e-Ur: Electronic Editing - ASEESTANT.

The Military Technical Courier publishes articles in Serbian, English, Russian, German or French, using Arial and a font size of 11pt with Single Spacing.

The article should contain the abstract with keywords, introduction, body, conclusion, references and the summary in English language (without heading and subheading enumeration). The article length should not exceed 24 pages of A4 paper format.

The article should be formatted following the instructions in the Article Form which can be downloaded from Article form.

Title

The title should be informative. It is in both Journal's and author's best interest to use terms suitable for indexing and word search. If there are no such terms in the title, the author is strongly advised to add a subtitle. The title should be given in English as well.

The titles precede the abstract and the summary in an appropriate language.

Letterhead title

The letterhead title is given at a top of each page for easier identification of article copies in an electronic form in particular. It contains the author's surname and first name initial (for multiple authors add "et al"), article title, journal title and collation (year, volume, issue, first and last page). The journal and article titles can be given in a shortened form.

Author's name

Full name(s) of author(s) should be used. It is advisable to give the middle initial. Names are given in their original form (with diacritic signs if in Serbian).

Author's affiliation

The full official name and seat of the author's affiliation is given, possibly with the name of the institution where the research was carried out. For organizations with complex structures, give the whole hierarchy (for example, Military Academy, Department for Military Electronic Systems, Belgrade). At least one organization in the hierarchy must be a legal entity. When some of multiple authors have the same affiliation, it must be clearly stated, by special signs or in other way, which department exactly they are affiliated with. The affiliation follows the author's name. The function and title are not given.

Contact details

The postal address or the e-mail address of the author (usually of the first one if there are more authors) is given in the footnote at the bottom of the first page.

Type of articles

Classification of articles is a duty of the editorial staff and is of special importance. Referees and the members of the editorial staff, or section editors, can propose a category, but the editor-in-chief has the sole responsibility for their classification.

Journal articles are classified as follows:

Scientific articles:

1. Original scientific paper (giving the previously unpublished results of the author's own research based on scientific methods);
2. Survey paper (giving an original, detailed and critical view of a research problem or an area to which the author has made a contribution visible through his self-citation);
3. Short or preliminary communication (original scientific paper of full format but of a smaller extent or of a preliminary character);
4. Scientific critique or forum (discussion on a particular scientific topic, based exclusively on scientific argumentation) and commentaries.

Exceptionally, in particular areas, a scientific paper in the Journal can be in a form of a monograph or a critical edition of scientific data (historical, archival, lexicographic, bibliographic, data survey, etc.) which were unknown or hardly accessible for scientific research.

Papers classified as scientific must have at least two positive reviews.

The list of referees of the Military Technical Courier can be viewed at List of referees.

If the journal contains non-scientific contributions as well, the section with scientific papers should be clearly denoted in the first part of the Journal.

Professional articles:

1. Professional paper (contribution offering experience useful for improvement of professional practice but not necessarily based on scientific methods);
2. Informative contribution (editorial, commentary, etc.);
3. Review (of a book, software, case study, scientific event, etc.)

Language

The article can be in Serbian, English or other language used in international communication in a particular scientific field (Russian, German or French).

The grammar and style of the article should be of good quality. The systematized text should be without abbreviations (except standard ones). All measurements must be in SI units. The sequence of formulae is denoted in Arabic numerals in parentheses on the right-hand side.

Abstract and summary

An abstract is a concise informative presentation of the article content for fast and accurate evaluation of its relevance. It is both in the Editorial Office's and the author's best interest for an abstract to contain terms often used for indexing and article search. The abstract describes the purpose of the study and the methods, outlines the findings and state the conclusions. A 100- to 250- word abstract should be placed between the

title and the keywords with the body text to follow. Besides an abstract in Serbian (Russian, German or French), articles in Serbian (Russian, German or French) are advised to have a summary in English, at the end of the article, after the Reference list. The summary should be structured and long up to 1/10 of the article length (it is more extensive than the abstract). It can start with the translated Serbian (Russian, German or French) abstract from the beginning of the article with translated main headings, subheadings and major conclusions to follow (Reference list is not translated). The structured summary should also contain the proportional informative parts of the text below the headings and subheadings.

Keywords

Keywords are terms or phrases showing adequately the article content for indexing and search purposes. They should be allocated heaving in mind widely accepted international sources (index, dictionary or thesaurus), such as the Web of Science keyword list for science in general. The higher their usage frequency is, the better. Up to 10 keywords immediately follow the abstract and the summary, in respective languages.

For this purpose, the ASEESTANT system uses a special tool KWASS for the automatic extraction of key words from disciplinary thesauruses/dictionaries by choice and the routine for their selection, i.e. acceptance or rejection by author and/or editor.

Article acceptance date

The date of the reception of the article, the dates of submitted corrections in the manuscript (optional) and the date when the Editorial Board accepted the article for publication are all given in a chronological order at the end of the article.

Acknowledgements

The name and the number of the project or programme within which the article was realised is given in a separate note at the bottom of the first page together with the name of the institution which financially supported the project or programme.

Article preliminary version

If an article preliminary version has appeared previously at a meeting in a form of an oral presentation (under the same or similar title), this should be stated in a separate note at the bottom of the first page. An article published previously cannot be published in the *Military Technical Courier* even under a similar title or in a changed form.

Tables and illustrations

All the captions should be in the original language as well as in English, together with the texts in illustrations if possible. Tables are typed in the same style as the text and are denoted by Arabic numerals at the top. Photographs and drawings, placed appropriately in the text, should be clear, precise and suitable for reproduction. Drawings should be created in Word or Corel.

Citation in the text

Citation in the text must be uniform. The Military Technical Courier applies the Harvard Referencing System given in the Harvard Style Manual. When citing sources within your paper, i.e. for in-text references of the works listed at the end of the paper, place the year of publication of the work in parentheses and optionally the number of the page(s) after the author's name, e.g. (Petrovic, 2012, pp.10-12). A detailed guide on

citing, with examples, can be found on Military Technical Courier website on the page Instructions for Harvard Style Manual. In-text citations should follow its guidelines.

For checking in-text citations, the ASESESTANT system uses a special tool CiteWatcher to find out quotes left out within papers and in reference lists.

Footnotes

Footnotes are given at the bottom of the page with the text they refer to. They can contain less relevant details, additional explanations or used sources (e.g. scientific material, manuals). They cannot replace the cited literature.

Reference list (Literature)

The cited literature encompasses bibliographic sources such as articles and monographs and is given in a separate section in a form of a reference list.

References are not translated to the language of the article.

In compiling the reference list and bibliography, the Military Technical Courier applies the Harvard System – Harvard Style Manual. All bibliography items should be listed alphabetically by author's name, without numeration. A detailed guide for listing references, with examples, can be found on Military Technical Courier website on the page Instructions for Harvard Style Manual. Reference lists at the end of papers should follow its guidelines.

In journal evaluation systems, non-standard, insufficient or inconsequent citation is considered to be a sufficient cause for denying the scientific status to a journal.

The covering letter

The article should be accompanied with a cover letter with the information about the author(s): surname, middle initial, first name, citizen personal number, rank, title, e-mail address, affiliation address, home address including municipality, phone number in the office and at home (or a mobile phone number), bank account and the name of the bank.

If there are more authors, their share in the article should be given in percents for honorarium calculation purposes.

The cover letter should state the type of the article and tell which illustrations are original and which are not.

All articles are peer reviewed. All authors and reviewers are paid an honorarium on publication of the article.

Address of the Editorial Office:
Vojnotehnički glasnik, 11000 Beograd,
Braće Jugovića 19.
E-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.
Editor
Nebojša Gaćeša
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs
tel.: +381 11 3349 497, +381 64 80 80 118

MEDIJA CENTAR „ODBRANA“

- Braće Jugovića 19, 11000 Beograd •
- Telefoni: (011) 3201-995 i 23-995 •
- Telefaks: (011) 3241-009 •
- Tekući račun: 840-312849-56 • PIB: 102116082 •
- Broj potvrde o evidentiranju za PDV: 135328814 •

POZIV NA PRETPLATU ZA 2013. GODINU

Pretplaćujemo se na časopis:

br. primeraka

1. „Vojnotehnički glasnik“

Godišnja pretplata 1.200,00 dinara

Prilikom uplate pozvati se na broj: 54

.....

2. „Novi glasnik“

Godišnja pretplata 1.800,00 dinara

Prilikom uplate pozvati se na broj: 53

.....

3. „Vojno delo“

Godišnja pretplata 1.400,00 dinara

Prilikom uplate pozvati se na broj: 51

.....

Pretplatne cene važe do 31. 12. 2013. godine.

Broj primeraka izdanja koja se naručuju upisati u narudžbenicu, a primerak narudžbenice sa dokazom o izvršenoj uplati na gore navedeni tekući račun poslati na gore navedenu adresu.

Kupac

tel.:

Mesto

Ulica

br.

Potpis naručioca

M. P.

.....

Likovno-grafički urednik
mr *Nebojša Kujundžić*
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Tehničko uređenje
Zvezda Jovanović

Lektor
Dobriša Miletić, profesor
e-mail: dobriša.miletic@mod.gov.rs

Prevod na engleski
Jasna Višnjić, profesor
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com

Prevod na ruski
Olivera Hajduković, profesor
e-mail: oliverahajdukovic@lukoil.rs

Prevod na nemački
Gordana Bogdanović, profesor
e-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

Prevod na francuski
Dragan Vučković
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

CIP – Каталогизacija у публикацији:
Народна библиотека Србије, Београд

623+355 / 359
355 / 359

ВОЈНОТЕХНИЧКИ гласник : научни часопис
Министарства одбране Републике Србије =
Military technical courier : scientific
periodical of the Ministry of Defence of the
Republic of Serbia / одговорни уредник
Небојша Гаћеша. - Год. 1, бр. 1 (1953) -
- Београд (Браће Југовића 19) : Министарство
одбране Републике Србије, 1953- (Београд :
Војна штампарија). - 24 cm

Доступно и на:
<http://www.vtg.mod.gov.rs>
Тромесечно. - Друго издање на другом медијуму:
Vojnotehnički glasnik (Online) = ISSN
2217-4753
ISSN 0042-8469 = Војнотехнички гласник
COBISS.SR-ID 4423938

Cena: 350,00 dinara
Tiraž: 480 primeraka

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije,
broj 413-00-1201/2001-01 od 12. 9. 2001. godine,
časopis „Vojnotehnički glasnik“ je publikacija od posebnog interesa za nauku.
UDK: Narodna biblioteka Srbije, Beograd

Graphic design editor
Nebojša Kujundžić MA
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Copy editing
Zvezda Jovanović

Proofreader
Dobriša Miletić BA
e-mail: dobrila.miletic@mod.gov.rs

English translation and polishing
Jasna Višnjić BA
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com

Russian translation and polishing
Olivera Hajduković BA
e-mail: oliverahajdukovic@lukoil.rs

German translation and polishing
Gordana Bogdanović BA
e-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

French translation and polishing
Dragan Vučković
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

CIP – Catalogisation in the publication:
National Library of Serbia, Belgrade

623+355 / 359
355 / 359

ВОЈНОТЕХНИЧКИ гласник : научни часопис
Министарства одбране Републике Србије =
Military technical courier : scientific
periodical of the Ministry of Defence of the
Republic of Serbia / одговорни уредник
Небојша Гаћеша. - Год. 1, бр. 1 (1953) -
- Београд (Браће Југовића 19) : Министарство
одбране Републике Србије, 1953- (Београд :
Војна штампарија). - 24 cm

Доступно и на:
<http://www.vtg.mod.gov.rs>
Тромесечно. - Друго издање на другом медијуму:
Vojnotehnički glasnik (Online) = ISSN
2217-4753
ISSN 0042-8469 = Војнотехнички гласник
COBISS.SR-ID 4423938

Price: 350.00 RSD
Printed in 480 copies

According to the Opinion of the Ministry of Science and Technological Development
No 413-00-1201/2001-01 of 12th September 2001, the *Military Technological Courier* is a
publication of special interest for science.

UDC: National Library of Serbia, Belgrade

