



2
2014

ISSN 0042-8469

VOJNOTEHNIČKI glasnik

NAUČNI ČASOPIS
MINISTARSTVA ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

ISSN 0042-8469
COBISS.SR-ID 4423938



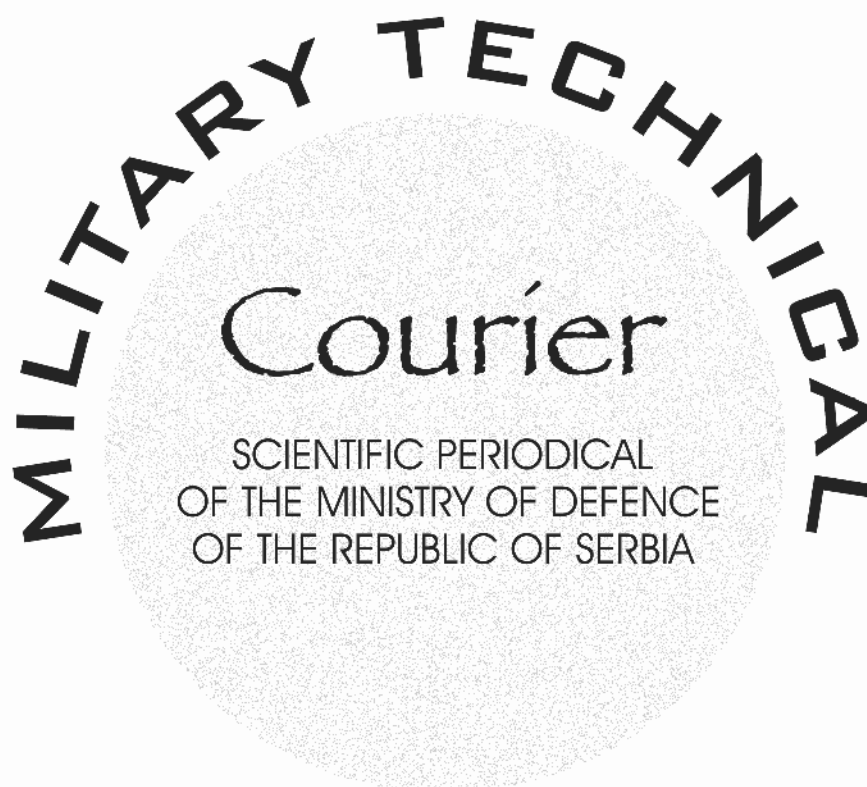
www.vtg.mod.gov.rs

2

UDC 623 + 355/359

GODINA LXII APRIL-JUN 2014.

ISSN 0042-8469
COBISS.SR-ID 4423938



www.vtg.mod.gov.rs

2

UDC 623 + 355/359

VOLUME LXII APRIL-JUNE 2014.

MINISTARSTVO ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE
UNIVERZITET ODBRANE U BEOGRADU

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

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

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

UREĐIVAČKI ODBOR

- general-major prof. dr Bojan Zrnić, načelnik Uprave za odbrambene tehnologije Sektora za materijalne resurse Ministarstva odbrane Republike Srbije, predsednik Uređivačkog odbora,
- doc. dr Danko Jovanović, general-major u penziji, 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 I. Grečihin, Минский государственный высший авиационный колледж, Минск, Республика Беларусь; академик Академии строительства Украины (Minsk State Higher Aviation College, Minsk, Republic of Belarus; academician of Academy of Construction of Ukraine),
- 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 Vojnogeoграфskog 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. Stopić, 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 Gačeša, urednik Vojnotehničkog glasnika, sekretar Uređivačkog odbora.

Adresa redakcije:
VOJNOTEHNIČKI GLASNIK,
Braće Jugovića 19, Beograd
<http://www.vtg.mod.gov.rs>
<http://aseeistant.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: vojna.stamparija@mod.gov.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

- Major General Bojan Zrnić, PhD, Professor, Head of the Department for Defence Technologies, Material Resources Sector, Ministry of Defence, (Head of the Editorial Board)
- Assistant Professor Danko Jovanović, PhD, retired Major General, (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, Protector 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; academicien of Academy of Construction of Ukraine – 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 Egineering 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 Radojić, 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 Mihailo 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, Editor of the Military Technical 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 1 st January 1953.

The first electronic edition of the *Military Technical Courier* on the Internet appeared on 1 st 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: vojna.stamparija@mod.gov.rs

SADRŽAJ

ORIGINALNI NAUČNI ČLANCI

<i>Mihailo R. Mrdak</i> Uticaj brzine dovoda praha na svojstva plazma naprskane hromkarbid 25% nikal hrom prevlake	7–26
<i>Leonid I. Gretchihin (Леонид Иванович Гречихин)</i> <i>A. L. Gushtchin (А. Л. Гущин), A. A. Narushevitch (А. А. Нарушевич)</i> Propeler "mobius" (Воздушный винт Мёбиуса)	27–43

PREGLEDNI ČLANCI

<i>Alexander I. Golodyaev (Александр И. Голодяев)</i> Razminiranje eksplozivnih bojnih naprava sa elementima koji se ne izvlače (Способ разминирования фугасных боеприпасов, установленных с элементами неизвлекаемости)	44–55
<i>Bojan Ž. Janković</i> Kinetičko ispitivanje procesa kristalizacije α -Fe faze u amorfne legure $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$	56–73
<i>Srdan D. Ljubojević, Srdan H. Dimić, Nikola M. Luković</i> Analitičnost u definisanju strateških opcija na primeru razvoja multimodalnog transporta u Vojski Srbije	74–95

STRUČNI ČLANCI

<i>Radiša R. Stefanović, Aleksa S. Srdanov</i> Upotreba računara za dešifrovanje poruka	96–108
<i>Ljubiša S. Nedeljković</i> Uticaj transportnih protokola na efikasnost namenskih radio-komunikacija ..	109–120
<i>Paun J. Bereš</i> Heuristika i zakonska regulativa u oblasti zaštite tajnih podataka u funkciji edukacije subjekata sistema odbrane	121–135
<i>Voikan M. Radonjić, Marko D. Andrejić, Igor J. Epler</i> Organizacija tehnološkog procesa remonta složenih tehničkih sistema u tehničkom remontnom zavodu u Čačku	136–150
<i>Miloš Z. Petrović, Kristina R. Anđelić, Marina G. Živulović – Petrović</i> Zaštita na radu prilikom izvođenja građevinskih radova i upotrebi mehanizacije ...	151–165

ISKUSTVA IZ PRAKSE

<i>Nenad V. Kovačević</i> Preventivne mere za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju amfibijskog transportera PTS - M	166–179
--	---------

SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA

<i>Dragan M. Vučković, Nikola M. Ostojić, Mladen R. Tišma</i>	180–236
POZIV I UPUTSTVO AUTORIMA	237–246

CONTENTS

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS

<i>Mihailo R. Mrdak</i> Influence of a powder feed rate on the properties of the plasma sprayed chromium carbide - 25% nickel chromium coating	7-26
<i>Leonid I. Gretchihin (Леонид Иванович Гречихин), A. L. Gushtchin (А. Л. Гуштин), A. A. Narushevitch (А. А. Нарушевич)</i> Mobius propeller	27-43

REVIEW PAPERS

<i>Alexander I. Golodyaev (Александр Иванович Голодяев)</i> Neutralising ordnance with non-extending elements	44-55
<i>Bojan Ž. Janković</i> Kinetic study of the crystallization process of the α -Fe phase in the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy	56-73
<i>Srdan D. Ljubojević, Srdan H. Dimić, Nikola M. Luković</i> An analytical approach to defining strategic options in a case of developing multimodal transport in the army of serbia	74-95

PROFESSIONAL PAPERS

<i>Radiša R. Stefanović, Aleksa S. Srdanov</i> Use of computers for decrypting messages	96-108
<i>Ljubiša S. Nedeljković</i> Impact of transport layer protocols on the efficiency of special purpose radio-communications	109-120
<i>Paun J. Bereš</i> <i>Heuristics legislation in the field of classified information as a function of training subjects of defense</i>	121-135
<i>Vojkan M. Radonjić, Marko D. Andrejić, Igor J. Epler</i> Organisation of the technological process of overhauling complex technical systems in the technical overhauling institution in Čačak	136-150
<i>Miloš Z. Petrović, Kristina R. Anđelić, Marina G. Živulović – Petrović</i> Safety of workers carrying out construction works and the use of machinery	151-165

PROFESSIONAL PRACTICE

<i>Nenad V. Kovačević</i> <i>Preventive measures for safety and health at work with the amphibious transporter PTS-M</i>	166-179
---	---------

MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

<i>Dragan M. Vučković, Nikola M. Ostojić, Mladen R. Tišma</i>	180-236
CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS	237-246

ORIGINALNI NAUČNI ČLANCI ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS

INFLUENCE OF A POWDER FEED RATE ON THE PROPERTIES OF THE PLASMA SPRAYED CHROMIUM CARBIDE- 25% NICKEL CHROMIUM COATING

Mihailo R. Mrdak

Research and Development Center IMTEL,
Communications a.d., Belgrade

DOI: 10.5937/vojtehg62-3793

FIELD: Chemical Technology

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Summary:

The plasma spray process is a leading technology of powder depositing in the production of coatings widely used in the aerospace industry for the protection of new parts and for the repair of worn ones. Cermet $75Cr_3C_2$ - 25Ni(Cr) coatings based on Cr_3C_2 carbides are widely used to protect parts as they retain high values of hardness, strength and resistance to wear up to a temperature of $850^{\circ}C$. This paper discusses the influence of the parameters of the plasma spray deposition of $75Cr_3C_2$ - 25Ni(Cr) powder on the structure and mechanical properties of the coating. The powder is deposited using plasma spraying at atmospheric pressure (APS). The plasma gas is He, which is an inert gas and does not react with the powder; it produces dense plasma with lower heat content and less incorporated ambient air in the plasma jet thus reducing temperature decomposition and decarburization of Cr_3C_2 carbide. In this study, three groups of coatings were deposited with three different powder feed rates of: 30, 45 and 60 g/min. The coating with the best properties was deposited on the inlet flange parts of the turbo - jet engine TV2-117A to reduce the influence of vibrations and wear. The structures and the mechanical properties of $75Cr_3C_2$ - 25Ni(Cr) coatings are analyzed in accordance with the Pratt & Whitney standard. Studies have shown that powder feed rates have an important influence on the mechanical properties and structures of $75Cr_3C_2$ - 25Ni(Cr) coatings.

Key word: *property; powders; plasmas; feed rate; coatings; chromium.*

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

Thermal spray coatings belong to a developing field of surface engineering. These high-quality functional coatings are applied to new parts in basic industry and for the renovation of parts, mainly because of their excellent characteristics, characterized by high resistance to wear, erosion, abrasion, corrosion resistance and resistance to high temperatures (Berget, et al., 2007, pp.7619-7625), (Jankura, Bačová, 2009, pp.359-366), (Mann, Arya, 2003, pp.652-667), (Monticelli, et al., 2004, pp.1225-1237), (Wheeler, Wood, 2005, pp.526-536). Coatings must provide effective protection against wear and oxidation as well as have high thermal conductivity in order to secure proper and efficient functioning of parts in service (Bala, et al., 2007, pp.201-218). The primary aim of coatings is to be stable in operation and provide good protection (Fernandez, et al., 2005, pp.1-7). Cermets are a combination of hard ceramic phases embedded in tough metal matrices. Typical coating systems are WC-Co, NiCr-Cr₃C₂ and Fe-CrAlY-Cr₃C₂. In the thermal spray technology, Cr₃C₂-NiCr cermet coatings have been used extensively to mitigate erosion and abrasive wear at high temperatures up to 850°C. (Matthews, et al., 2007, pp.59-64), (Tillmann, et al., 2010, pp.392-408). Cr₃C₂-NiCr coatings, when compared to other cermet coatings, offer better resistance to corrosion and oxidation; they also have a high melting point and high hardness, strength and wear resistance up to 850°C. In addition to these functions, the coefficient of thermal expansion of the Cr₃C₂ carbide ($10.3 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) is almost the same as the coefficient of the thermal expansion of iron ($11.4 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) and nickel ($12.8 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), which are the basis of most high-temperature alloys. This reduces thermal expansion stresses during thermal cycles (Kamal, et al., 2008, pp.358-372). Thermally sprayed cermet coatings are considered to be an important option for the replacement of electro deposited chromium on many components in industries (Guilemany, et al., 2002, pp.107-113). The application of cermet coatings results in a better service life of machinery components. Coatings based on chromium carbide are often used in gas turbines, vapour turbines, and aviation engines to improve slip resistance as well as abrasive and erosive wear (Hillery, 1986, pp.2684-2688). Parts on which this coating is applied are: hydraulic cylinders and piston rods, valve stems, turbine components, ship engine valve spindles, pump housings and others. (Material Product Data Sheet, 2012, Woka 7203 Chromium Carbide - 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-0031.1, Sulzer Metco).

The 75Cr₃C₂-25Ni(Cr) powder contains 75% of hard chromium carbide resistant to abrasion and 25% of nickel-chromium alloy (80%/20%) as a carbide binder resistant to corrosion and oxidation. The powder grain size is from 11 to 45 µm. (Material Product Data Sheet, 2012, Woka 7203 Chromium Carbide - 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-

0031.1, Sulzer Metco). The high energy level of the plasma causes the decomposition of the initial Cr_3C_2 carbide, so that other types of carbides are present in the coating. The Cr-C system is formed by three types of crystal structures such as Cr_{23}C_6 , Cr_7C_3 and Cr_3C_2 (Kajihara, Hillert, 1990, pp.2777-2787). At $1534 \pm 10^\circ\text{C}$, the first eutectic reaction $\text{L} = (\text{Cr}) + \text{Cr}_{23}\text{C}_6$ occurs and the solubility of C in the Cr-C solid solution is increased to 0.07 wt% C. The first peritectic reaction $\text{L} + \text{Cr}_7\text{C}_3 = \text{Cr}_{23}\text{C}_6$ occurs at $1576 \pm 10^\circ\text{C}$. Moreover, at $1727 \pm 7^\circ\text{C}$, there is another eutectic reaction $\text{L} = \text{Cr}_7\text{C}_3 + \text{Cr}_3\text{C}_2$ and the melting temperature of the Cr_7C_3 carbide is $1756 \pm 10^\circ\text{C}$. Another peritectic reaction occurs at $1811 \pm 10^\circ\text{C}$ when Cr_3C_2 carbide is formed by the reaction of $\text{L} + \text{C} = \text{Cr}_3\text{C}_2$ (ASM HANDBOOK VOLUME 3. Alloy Phase Diagrams, ASM International, Printed in the United States of America). In a series of carbides (Cr_{23}C_6 , Cr_7C_3 and Cr_3C_2), Cr_3C_2 carbide has the best mechanical properties and a coating with a higher content of this carbide is more resistant to wear. The microstructure of the coating is important as well as the chemical composition of the coating material. In cement coatings with different thermal spray processes considerable variations are observed in the composition and the microstructure due to the exposure of powder to high temperatures and to different gas rates in the process (Matthews, et al., 2007, pp.59–64). Besides carbide and the metal phase, thermally sprayed coatings consist of oxide and pores located at the lamella boundaries originating from the spraying process conditions (Kamal, et al., 2009, pp.1004-1013). Therefore, coatings should be carefully sprayed and the spraying parameters should be carefully chosen prior to deposition. For example, $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ -25NiCr coatings deposited by the HVOF process are dense and in their microstructure there is less porosity due to high rates and relatively low temperature. The microhardness of $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ -25NiCr sprayed coatings produced by different systems were tested in previous studies. Virojanupatump published the influence of the $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - 25Ni(Cr) powder processing technology on the characteristics of coatings deposited by the HVOF spray system (Virojanupatump, et al., 2001, pp.829-837). The coating of sintered and crushed powder shows the highest value of microhardness - $910\text{HV}_{0.3}$, the microhardness of the coating deposited from a mixture of powders is $650\text{HV}_{0.3}$, and the value of the microhardness of the coating deposited by composite powder is $820\text{HV}_{0.3}$. He and Manish found that in the coating sprayed by agglomerated $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - 25Ni(Cr) powder there was present only the Cr_3C_2 carbide phase (He, et al., 2000, pp.555-564), (Manish, et al., 2006, pp.29-38). In the microstructure of the coatings deposited by agglomerated and sintered $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - 25Ni(Cr) powder, Matthews also found significant amounts of the Cr_3C_2 phase (Matthews, et al., 2009, pp.1086-1093), (Matthews, et al., 2009, pp.1094-1100). The concentration of Cr_7C_3 carbide was too low. Similar work was

done by Suegama, who used the XRD analysis for the agglomerated $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$ powder and for the coating sprayed with the HVOF system and found that the powder consists of Cr_3C_2 carbide, Cr_7C_3 and a basis based on Ni (Suegama, et al., 2006, pp.434–445). In the $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$ coatings, deposited by plasma spraying, there are present the particles of carbide types Cr_3C_2 , Cr_7C_3 and Cr_{23}C_6 . The phenomenon of a significant degradation of Cr_3C_2 carbide particles has been published in the literature (Ji, et al., 2006, p.6749) (Picas, et al., 2003, pp.1095). Cr_7C_3 and Cr_{23}C_6 carbides are formed by the decomposition of the primary Cr_3C_2 carbide. Due to the decomposition of the Cr_3C_2 carbide, in accordance with the Pratt & Whitney standard, an acceptable value of the microhardness of the $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$ coating is in the range of 450–850HV_{0.3} (Turbojet Engine - Standard Practices Manual (PN 582 005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). Verdon C. et al. found that higher values of hardness of Cr_3C_2 -NiCr coatings can be obtained because of high density and cohesive strength as result of high influence of high-speed of particles during deposit (Verdon et al., 1998, pp.11-14). Non uniform values of hardness along coatings have been reported by many authors. This variation in hardness values is attributed to microstructural changes along the coating cross-section. These changes may be microstructural because of the presence of porosity and oxides of Ni(Cr) alloy, such as: NiO, NiCr_2O_4 , Cr_2O_3 and CrO_3 , unmelted and semi-melted particles in the coating structure (Brossard, et al., 2010, pp.1608-1615), (Matthews, et al., 2007, pp.59-64), (Mrdak, 2011, pp.9-14). Thermal spraycoatings show a typical lamellar structure with carbides in the structure and with clear boundaries of lamellas, due to precipitation and re-hardening of melted powder droplets. Lamellas are oriented parallelly to the substrate surface. Also, in the microstructure of coatings, unmelted particles can be found as well assemi-melted powder particles and the presence of fine particles - precipitates formed after the breaking of some powder particles during collision with the substrate. During spraying, oxides can be formed, because of oxidation during the flight of melted drops to the substrate on which they are deposited (Mrdak, 2010, pp.5-16), (Mrdak, 2011, pp.9-14), (Mrdak, 2012, pp.182-201), (Mrdak, 2013, pp.68-88). In the microstructure of $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$ coatings, there are three different zones. The dark zone indicates the presence of primary Cr and C, revealing the Cr_3C_2 phase. The second zone is gray, which indicates the presence of Cr_7C_3 and Cr_{23}C_6 carbides. In addition to Cr and C, this area contains Ni. The third zone is white and consists primarily of the NiCr phase (Sukhpal, et al., 2012, pp.569-586).

This paper presents the results of the experimental investigation of the impact of the powder feed rate g / min on the mechanical properties and the microstructure of cermet $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$ coatings. The main

goal was to apply the cermet $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$ coating deposited by the APS - atmospheric plasma spraying process on the inlet flange of the turbo-jet engine TV2 117A. Three groups of samples are made with the values of the powder feed rate of: 30, 45 and 60 g/min. The microstructure and the mechanical properties of the coatings were analyzed in order to select a coating with the best properties. The coating with the best mechanical and structural properties was tested and homologated on the part of inlet flange of the turbo - jet engine TV2-117A at the testing station for a period of 45 hours in VZ "Moma Stanojlovic" - Batajnica.

Materials and experimental details

For the production of coatings the powder of the Sulzer Metco company marked Woka 7203 was used (Material Product Data Sheet, 2012, Woka 7203 Chromium Carbide - 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-0031.1, Sulzer Metco). The Woka powder contains 75% of hard Cr_3C_2 chromium carbides and 25% of a nickel-chromium alloy (80% / 20%). The $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$ powder particles were spheroidized by agglomeration and sintering with a range of the powder particle grain size from 11 to 45 μm . Due to the content of 25Ni(Cr) alloy, the powder deposits well and bonds to the base based on Fe and Ni. Fig. 1 shows a scanning electron micrograph (SEM) of the morphology of powder particles. Spherical grains of powder Cr_3C_2 (brown) and the particles of the 25Ni(Cr) alloy (white) can be seen.

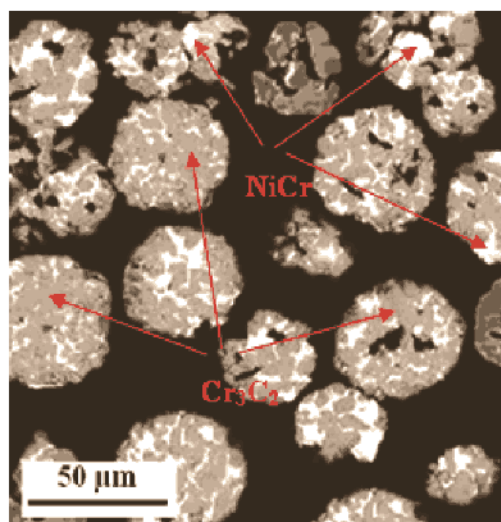


Figure 1 – (SEM) Scanning electron micrograph of $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$ powder particles
Slika 1 – (SEM) Skening elektronska mikrografija čestica praha $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25\text{Ni}(\text{Cr})$

The substrate material on which the coatings for testing microhardness are deposited and which is used for the evaluation of the microstructure in the deposited state is made of steel Č.4171 (X15Cr13 EN10027), thermally unprocessed, with the dimensions of 70x20x1.5mm. (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). The bases for testing the bond strength are also made of steel Č.4171(X15Cr13EN10027), thermally unprocessed, with the dimensions of Ø25x50 mm (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA).

The examination of the microhardness of coating layers was done by the method $HV_{0.3}$. The measurement was done in the direction along the lamellae, in the middle and at the ends of the sample. There were five readings in three places and the minimum and maximum values are presented in the paper..

Tests for tensile bond strength were done at room temperature on hydraulic equipment with a speed of 10 mm / min for all tests. For each group of samples there were three specimens and the average values are given in the paper.. Mechanical and microstructural characterizations of the coatings were done according to the Pratt & Whitney standard (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA).

The microstructural analysis of the coatings was done on a light microscope. The morphology of the powder particles was done on the SEM (Scanning Electron Microscope).

For powder deposition, the atmospheric plasma gun SG -100 of the plasma spray system (APS) Plasmadyne was used. The plasma spray gun SG -100 consisted of a cathode type K 1083 -129 A , an anode type A 2084 -145 and a gas injector type GI 2083 -130. As a gas, argon was used in a combination with helium and with a power supply of 40 kW. Before depositing, the substrates were not preheated and the substrate surfaces were roughened with white electro-corundum with a granulation from 0.7 to 1.5 mm. The aim of increasing the roughness of the substrate surface is removing the thin oxide layer in order to make the surface more reactive using molten powder and in order to get a better bond between the coating and the substrate. In selecting the powder deposition parameters, the powder feed rate (g/min.) was taken as the main parameter. The powder feed rate is one of important parameters that influence the stress state of the coating which is directly related to the cohesion strength, microhardness and adhesion of the coating. The share of unmelted particles, oxides and pores in the coating can be significantly controlled by controlling the powder feed rate. The powder feed rate must be optimal to enable complete melting of the powder par-

ticles and to reduce the minimum percentage of unmelted particles, oxides and pores in the coating layer. In this study there were three groups of samples. In the first group of samples, the powder feed rate was 30 g/min. With a carrier gas flow rate of 5 l/min, in the second group of samples, this rate was 45 g/min. with a carrier gas flow rate of 6 l/min, and in the third group of samples, the rate was 60 g/min. with a carrier gas flow rate of 7 l/min. Other parameters of the powder deposition had the following values: plasma current of 700 A, arc voltage - 36 V, the primary gas (Ar) - 47 l/min, the flow of secondary gas (He) - 12 l/min, and plasma arc distance - 100 mm from the substrates. The coatings were formed with a thickness of 0.2 mm. The detailed values of the plasma spray deposition parameters are shown in Table 1.

Table 1 – Plasma spray parameters
Tabela 1 – Plazma sprej parametri

Deposition parameters	Values		
Plasma current, I (A)	700	700	700
Plasma Voltage, U (V)	36	36	36
Primary plasma gas flow rate, Ar (l/min)	47	47	47
Secondary plasma gas flow rate, He (l/min)	12	12	12
Carrier gas flow rate, Ar (l/min)	5	6	7
Powder feed rate (g/min)	30	45	60
Stand-off distance (mm)	100	100	100

Results and discussion

The values of the microhardness and bond strength of the deposited $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - 25Ni(Cr), coatings depending on the powder feed rate, are shown in Figs. 2 and 3. The values of the microhardness of the coating layers are directly related to the powder feed rate. The powder feed rate significantly affects the values of the microhardness of the deposited layers, which must be optimal in order to ensure complete melting of powder particles and reduction of unmelted particles, pores and oxides in the coating layers to a minimum. Non-uniform values of microhardness attributed to microstructural changes along the coating cross-section are measured in the coating layers. Microstructural changes were caused by the presence of porosity, unmelted particles, Ni(Cr) alloy oxide and decomposed carbides in the structure of the coatings, which was confirmed by metallographic examinations of coating layers. The $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - 25Ni(Cr) coating layers deposited with the lowest powder feed rate of 30g/min have a microhardness value of 515-798HV_{0.3}.

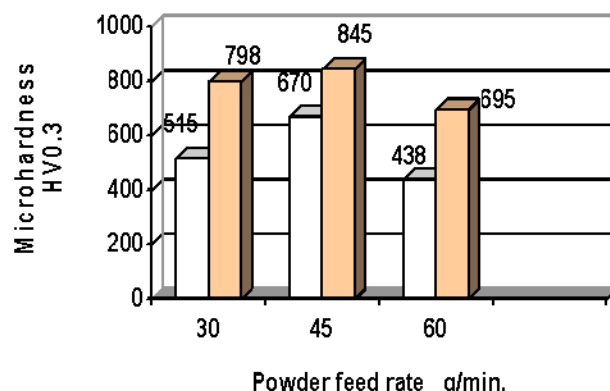


Figure 2 – Microhardness of 75Cr3C2 - 25Ni(Cr) layers
Slika 2 – Mikrotvrdoća 75Cr3C2 - 25Ni(Cr) slojeva

With a lower powder feed rate than the optimum one, primary Cr_3C_2 carbide powder has enough time to degrade in plasma with pores which reduce the microhardness of the coating. The layers deposited with a powder feed rate of 45g/min have the microhardness values of 670–845 $\text{HV}_{0.3}$, which is consistent with the values (450–850 $\text{HV}_{0.3}$) prescribed by the Pratt & Whitney standard (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). These layers showed the densest and the best microstructure, which was also confirmed by metallographic examinations of the coatings. The coating layers deposited with the highest powder feed rate of 60g/min had the lowest values of microhardness of 438–695 $\text{HV}_{0.3}$. With a powder feed rate higher than the optimum rate, all powder particles do not have enough time to be completely melted, which leads to the increase of the proportion of unmelted particles and coarse pores in the coating layers. Unmelted particles together with pores decrease the coating microhardness.

Tensile bond strength is, as well as microhardness, directly related to the powder feed rate, presence of pores, unmelted particles and inter lamellar oxides. The measurements of the tensile bond strength showed that the powder feed rates of 30 and 45g/min give values of more than 35 MPa, which is prescribed by the Pratt & Whitney standard (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). The highest value of tensile strength of 47MPa was found in the layers deposited with the powder feed rate of 45 g / min. These layers in the microstructure did not have coarse pores, unmelted particles or semi-molten particles. Since the presence of pores, unmelted particles and oxides is directly related to the values of the bond strength of coatings, the measured values of the coating deposited with the powder feed rate of 45g/min. indicate that their share is the lowest in this coating. These values were also confirmed by the analysis of the microstructure of the coatings under a light microscope.

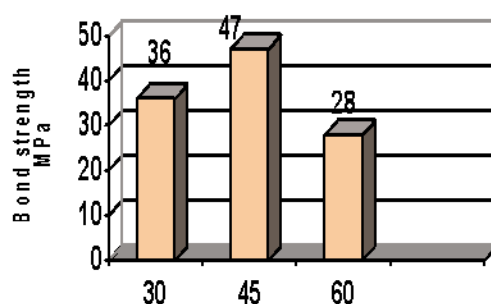


Figure 3 – Bond strength of 75Cr3C2 - 25Ni(Cr) layers
Slika 3 – Čvrstoća spoja 75Cr3C2 - 25Ni(Cr) slojeva

Figs. 4 and 5 show the microstructures of the layers deposited with the powder feed rate of 30 g / min. The qualitative analysis of the deposited 75Cr₃C₂-25Ni(Cr) layers showed that the substrate / coating interface has a negligible share of corundum Al₂O₃ particles due to roughening.

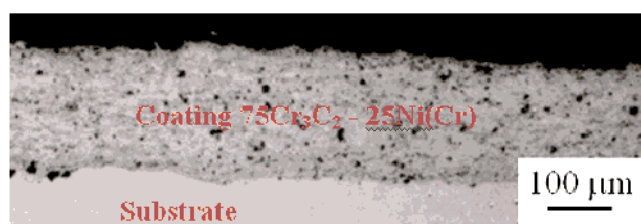


Figure 4 – 75Cr3C2 - 25Ni(Cr) coating microstructure deposited with the powder feed rate of 30 g/min
Slika 4 – Mikrostruktura 75Cr3C2 - 25Ni(Cr) prevlake deponovane sa brzinom dovoda praha 30 g/min

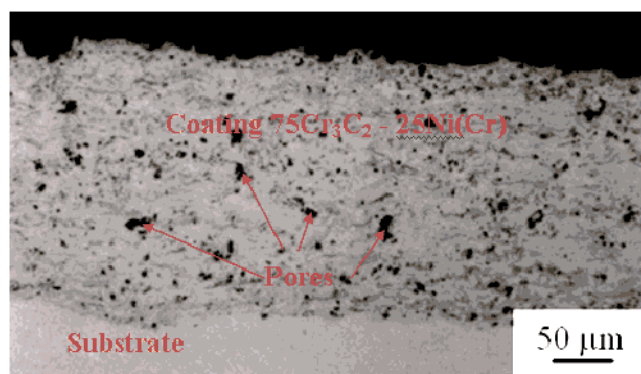


Figure 5 – 75Cr3C2 - 25Ni(Cr) coating microstructure deposited with the powder feed rate of 30 g/min
Slika 5 – Mikrostruktura 75Cr3C2 - 25Ni(Cr) prevlake deponovane sa brzinom dovoda praha 30 g/min

Along the substrate/coating interface, micro-cracks and macro-cracks are not present. The coating/substrate bond is uniform, without the separation of coating layers from the substrate. The coating structure is lamellar (Fig.5). The coating layers were deposited continuously without the presence of micro-cracks and macro cracks. Unmelted powder particles are not present in the layers. Through the coating layers, we can clearly see dark micro pores of irregular spherical shapes, which affected the coating to have a lower microhardness value of 850 HV0.3 prescribed by the Pratt & Whitney Pratt & Whitney standard (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA).

Figs. 6 and 7 show the microstructures of the $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ -25Ni(Cr) coating layers deposited with the highest powder feed rate of 60g/min., which had the worst microstructure and mechanical properties.

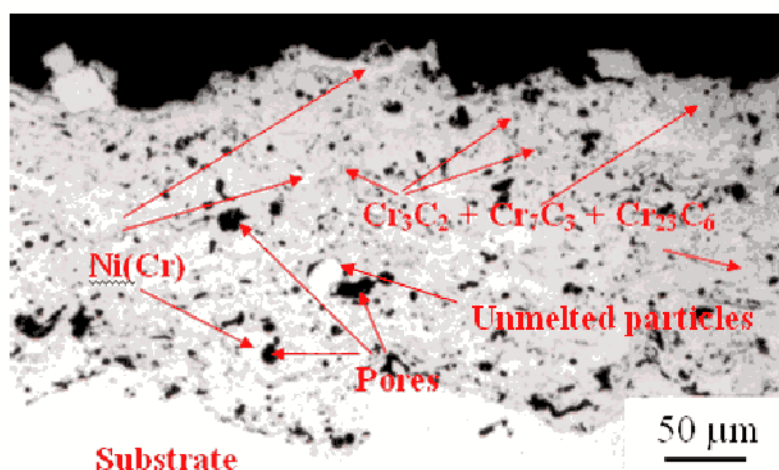


Figure 6 – $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - 25Ni(Cr) coating microstructure deposited with the powder feed rate of 60 g/min

Slika 6 – Mikrostruktura $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - 25Ni(Cr) prevlake deponovane sa brzinom dovoda praha 60 g/min

Because of a high powder feed rate, all particles do not have enough time to melt completely in the plasma jet, due to which unmelted particles and coarse pores (black) are present in the coating layers (Fig. 6., and 7). The coatings show a lamellar structure with limited inter-lamellar bonding. Therefore, micro pores are present as volumetric errors with large concentrations of stress which can cause the appearance of micro-cracks and accelerated wear during exploitation. Limited bonding of lamellae in the deposit decreases microhardness and fracture toughness. Through the coating layers, there can be clearly seen thin interlamellar films of gray

oxides: NiO , NiCr_2O_4 , Cr_2O_3 and CrO_3 (Fig.7) originating from the oxidation of Ni and Cr in the process of the melting of Ni (Cr) particles in plasma (Brossard, et al., 2010, pp.1608-1615), (Mrdak, 2011, pp.9 - 14). In the coating there are dispersed Cr_3C_2 carbides in dark gray, located in the light gray area of Cr_{23}C_6 and Cr_7C_3 carbides formed in plasma by the temperature decomposition of the primary Cr_3C_2 carbide (Fig.7). Throughout the carbide layers, there are also present bright white lamellae of the Ni(Cr)alloy (Sukhpal, et al., 2012, pp.569-586).

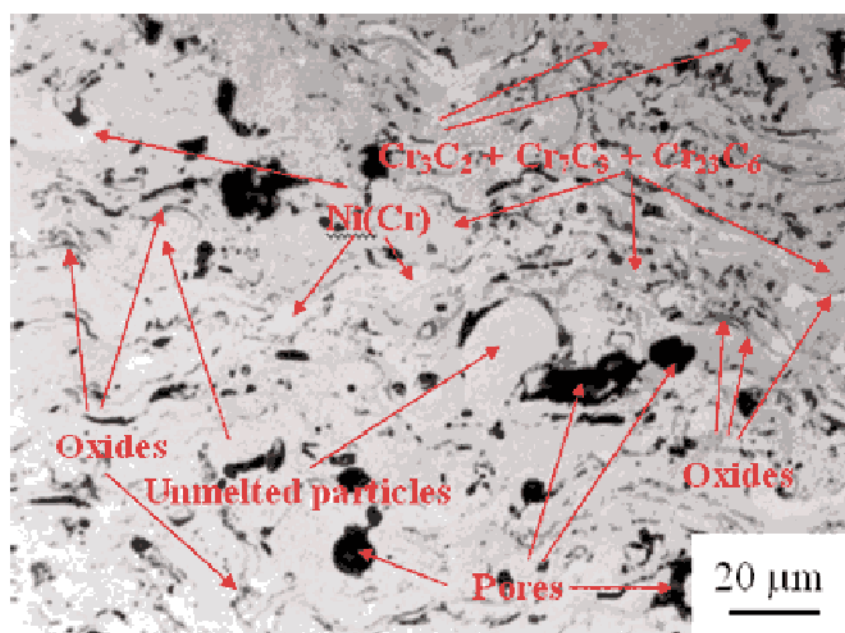


Figure 7 – 75Cr₃C₂ - 25Ni(Cr) coating microstructure deposited with the powder feed rate of 60 g/min

Slika 7 – Mikrostruktura 75Cr₃C₂ - 25Ni(Cr) prevlake deponovane sa brzinom dovoda praha 60 g/min

Fig. 8 shows the layers of the 75Cr₃C₂-25Ni(Cr) coating deposited with the powder feed rate of 45g/min., which had the best microstructure and mechanical properties. The coating shows a lamellar structure with good inter-lamellar bonding. Good inter-lamellar bonding of the lamellae in the deposit increases the value of microhardness and fracture toughness, as confirmed by the mechanical testing of coatings. Micro cracks and macro cracks are not present in the inner layers of the coating. In the coating layers there are no unmelted particles and coarse pores, which points to good melting of particles and good diffusion of particles during the coating process on the metal substrate. The microstructure of the coating is layered

with longitudinal lamellar Cr_{23}C_6 and Cr_7C_3 carbides (light gray) containing dispersed Cr_3C_2 carbides (dark gray). In the coating layers there are present fine black micropores and thin oxide layers of NiO , NiCr_2O_4 and Cr_2O_3 (light gray). The oxide layers are the result of incorporating air into the plasma jet and the oxidation of $\text{Ni}(\text{Cr})$ alloys during the deposition, i.e. they are an inevitable consequence of the application of the plasma spray process in atmospheric conditions. In the light gray zone of the Cr_{23}C_6 and Cr_7C_3 carbides, white light lamellae of $\text{Ni}(\text{Cr})$ alloy are clearly visible.

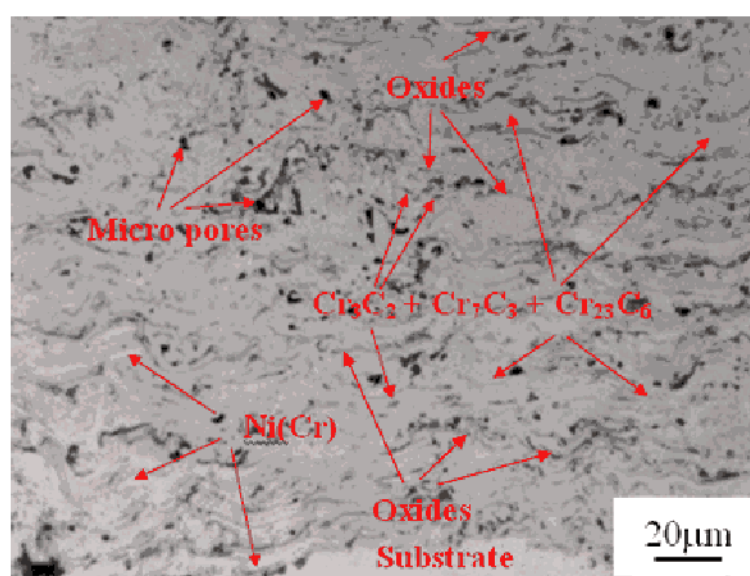


Figure 8 – $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ coating microstructure deposited with the powder feed rate of 45 g/min

Slika 8 – Mikrostruktura $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ prevlake deponovane sa brzinom dovoda praha 45 g/min

Conclusion

$75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ coatings were deposited by the atmospheric plasma spraying (APS) process with three powder feed rates of 30, 45 and 60g/min. This paper analyzes the mechanical properties and the microstructures of the deposited layers by light microscopy. The morphology of the powder particles was examined on a Scanning Electron Microscope (SEM). The analysis led to the following conclusions.

The morphologies of the agglomerated powder particles of $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ are spherical in shape, consisting of sintered Cr_3C_2 carbides and particles of $25\text{Ni}(\text{Cr})$ alloy.

The values of the microhardness and the bond strength of the deposited layers were directly related to the powder feed rate (g/min). The layers deposited with the powder feed rate of 45g/min. had the highest values of microhardness (670-845HV_{0.3}) and the tensile bond strength of 47MPa, which are within the limits of 450–850 HV_{0.3} and min.35MPa prescribed by the Pratt & Whitney standard. The microhardness and tensile bond strength values were correlated with their microstructures.

The structure of the deposited 75Cr₃C₂-25Ni(Cr) coatings is lamellar. Micro pores (black) were present in all coatings. The layers deposited with the powder feed rate of 45g/min did not have coarse micro pores in the microstructure. These layers had the best microstructure. These layers did not show the presence of unmelted powder particles, precipitates, and inter-lamellar pores. The microstructure of the coating is layered with longitudinal lamellar carbides. Light gray fields are Cr₂₃C₆ and Cr₇C₃ carbides created by the decomposition of the primary Cr₃C₂ carbide. In the light gray fields of the Cr₂₃C₆ and Cr₇C₃ carbides, there is a dispersed phase of the primary non-decomposed Cr₃C₂ carbide (dark gray). In the light gray zone of the Cr₂₃C₆ and Cr₇C₃ carbides, there are light white lamellae of the Ni(Cr) alloy. In the coating layers, there are also present thin NiO, NiCr₂O₄ and Cr₂O₃ oxide layers (light gray). The oxide layers are the result of incorporating air into the plasma jet and the oxidation of Ni(Cr) alloys during the powder deposition.

The coating deposited with the powder feed rate of 45g/min., which showed the best mechanical properties and the microstructure, has been tested and homologated on the inlet flange parts of the turbo jet engine TV2-117A at the test station for 45 hours in VZ "Moma Stanojlovic", – Batajnica.

Literature

ASM HANDBOOK, *Alloy Phase Diagrams*, 3rd. United States: ASM International.

Berget, J., Rogne, T., & Bardal, E. 2007. Erosion–corrosion properties of different WC–Co–Cr coatings deposited by the HVOF process—influence of metallic matrix composition and spray powder size distribution. *Surface and Coatings Technology*, 201(18), str. 7619-7625. doi:10.1016/j.surfcoat.2007.02.032

Bala, N., Singh, H., & Prakash, S. 2007. An overview of characterizations and high temperature behaviour of thermal spray NiCr coatings. *Int. J. Mater. Sci.*, 2(3), pp. 201-218.

Brossard, S., Munroe, P.R., Tran, A.T.T., & Hyland, M.M. 2010. Study of the microstructure of NiCr splats plasma sprayed on to stainless steel substrates by TEM. *Surface and Coatings Technology*, 204(9-10), pp. 1608-1615.

- Fernández, E., García, J.R., Cuetos, J.M., & Higuera, V. 2005. Behaviour of laser treated Cr, Ni coatings in the oxidative atmosphere of a steam boiler. *Surface and Coatings Technology*, 195(1), pp. 1-7. doi:10.1016/j.surfcoat.2004.11.043
- Guilemany, J.M., Fernández, J., Delgado, J., Benedetti, A.V., & Climent, F. 2002. Effects of thickness coating on the electrochemical behaviour of thermal spray Cr_3C_2 -NiCr coatings. *Surface and Coatings Technology*, 153(2-3), pp. 107-113. doi:10.1016/S0257-8972(01)01679-6
- He, J., Ice, M., & Lavemia, E.J. 2000. Synthesis of nanostructured Cr_3C_2 -25(Ni20Cr) coatings. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 31(2), pp. 555-564. doi:10.1007/s11661-000-0290-0
- Hillery, R.V. 1986. Coatings for performance retention. *Journal of vacuum science and technology A*, 4, pp. 2684-2688.
- Jankura, D., & Bačová, V. 2009. *Metallic Materials*, 47(6), pp. 359-366.
- Ji, G., Li, C., Wang, Y., & Li, W. 2006. Microstructural characterization and abrasive wear performance of HVOF sprayed Cr_3C_2 -NiCr coating. *Surface and Coatings Technology*, 200(24), pp. 6749-6757. doi:10.1016/j.surfcoat.2005.10.005
- Kamal, S., Jayaganthan, R., Prakash, S., & Kumar, S. 2008. Hot corrosion behavior of detonation gun sprayed Cr_3C_2 -NiCr coatings on Ni and Fe-based superalloys in Na_2SO_4 -60% V_2O_5 environment at 900°C. *Journal of Alloys and Compounds*, 463(1-2), pp. 358-372. doi:10.1016/j.jallcom.2007.09.019
- Kamal, S., Jayaganthan, R., & Prakash, S. 2009. Evaluation of cyclic hot corrosion behaviour of detonation gun sprayed Cr_3C_2 -25%NiCr coatings on nickel- and iron-based superalloys. *Surface and Coatings Technology*, 203(8), pp. 1004-1013. doi:10.1016/j.surfcoat.2008.09.031
- Kajihara, M., & Hillert, M. 1990. Thermodynamic evaluation of the Cr-Ni-C system. *Metallurgical Transactions A*, 21(10), pp. 2777-2787. doi:10.1007/BF02646072
- Mann, B.S., & Arya, V. 2003. HVOF coating and surface treatment for enhancing droplet erosion resistance of steam turbine blades. *Wear*, 254(7-8), pp. 652-667. doi:10.1016/S0043-1648(03)00253-9
- Matthews, S.J., James, B.J., & Hyland, M.M. 2007. Microstructural influence on erosion behaviour of thermal spray coatings. *Materials Characterization*, 58(1), pp. 59-64. doi:10.1016/j.matchar.2006.03.014
- Matthews, S., James, B., & Hyland, M. 2009. The role of microstructure in the mechanism of high velocity erosion of Cr_3C_2 -NiCr thermal spray coatings: Part 1 — As-sprayed coatings. *Surface and Coatings Technology*, 203(8), pp. 1086-1093. doi:10.1016/j.surfcoat.2008.10.005
- Matthews, S., James, B., & Hyland, M. 2009. The role of microstructure in the mechanism of high velocity erosion of Cr_3C_2 -NiCr thermal spray coatings: Part 2 — Heat treated coatings. *Surface and Coatings Technology*, 203(8), pp. 1094-1100. doi:10.1016/j.surfcoat.2008.10.013
- Material Product Data Sheet, Woka 7203 Chromium Carbide - 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-0031. 12012. Sulzer Metco.*

- Roy, M., Pauschitz, A., Polak, R., & Franek, F. 2006. Comparative evaluation of ambient temperature friction behaviour of thermal sprayed Cr_3C_2 -25(Ni20Cr) coatings with conventional and nano-crystalline grains. *Tribology International*, 39(1), pp. 29-38. doi:10.1016/j.triboint.2004.11.009
- Monticelli, C., Frignani, A., & Zucchi, F. 2004. Investigation on the corrosion process of carbon steel coated by HVOF WC/Co cermets in neutral solution. *Corrosion Science*, 46(5), pp. 1225-1237. doi:10.1016/j.corsci.2003.09.013
- Mrdak, M.R. 2010. Uticaj brzine depozicije praha na mehaničke karakteristike i strukturu APS-NiCr/Al prevlake. *Vojnotehnički glasnik*, 58(4), pp. 5-16. Taken from <http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0042-84691004005M0>
- Mrdak, M., & Vencel, A. 2011. Uticaj parametara nanošenja NiCr prevlake plazma sprej postupkom u atmosferskim uslovima na njene mehaničke karakteristike i strukturu. *Tehnička dijagnostika*, 10(3), pp. 9-14. Taken from <http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=1451-19751103009M>
- Mrdak, M. 2012. Study of the properties of plasma deposited layers of nickel-chrome-aluminium-yttrium coatings resistant to oxidation and hot corrosion. *Vojnotehnički glasnik*, 60(2), pp. 182-201. doi:10.5937/vojtehg1202182M
- Mrdak, M. 2013. Characterization of sealing nickel - graphite coating in the system with bonding of nickel-aluminum coating. *Vojnotehnički glasnik*, 61(1), pp. 68-88.
- Picas, J.A., Forn, A., Igartua, A., & Mendoza, G. 2003. Mechanical and tribological properties of high velocity oxy-fuel thermal sprayed nanocrystalline CrC NiCr coatings. *Surface and Coatings Technology*, 174-175, pp. 1095-1100. doi:10.1016/S0257-8972(03)00393-1
- Sukhpal, Singh, C., Hazoor, S., Buta, S., & Sidhu, S. 2012. Characterisation and Corrosion-Erosion Behaviour of Carbide based Thermal Spray Coatings. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, 11(6), pp. 569-586.
- Suegama, P.H., Espallargas, N., & Guilemany, J.M. 2006. Electrochemical and structural characterization of heat-treated Cr_3C_2 -NiCr coatings. *Journal of the Electrochemical Society*, 153, pp. 434-445.
- Tillmann, W., Vogli, E., Baumann, I., Kopp, G., & Weihs, C. 2010. Desirability-Based Multi-Criteria Optimization of HVOF Spray Experiments to Manufacture Fine Structured Wear-Resistant $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ -25(NiCr20) Coatings. *J. Therm. Spray Technol.*, 19(1-2), pp. 392-408.
- Verdon, C., Karimi, A., & Martin, J. 1998. A study of high velocity oxy-fuel thermally sprayed tungsten carbide based coatings. Part 1: Microstructures. *Materials Science and Engineering: A*, 246(1-2), pp. 11-24. doi:10.1016/S0921-5093(97)00759-4
- Wheeler, D.W., & Wood, R.J.K. 2005. Erosion of hard surface coatings for use in offshore gate valves. *Wear*, 258(1-4), pp. 526-536. doi:10.1016/j.wear.2004.03.035
- Wirojanupatump, S., Shipway, P.H., & McCartney, D.G. 2001. The influence of HVOF powder feedstock characteristics on the abrasive wear behaviour of Cr_xC_y -NiCr coatings. *Wear*, 249, pp. 829-837.

UTICAJ BRZINE DOVODA PRAHA NA SVOJSTVA PLAZMA NAPRSKANE HROMKARBID 25% NIKAL HROM PREVLAKE

OBLAST: hemijske tehnologije
VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

Plazma-sprej postupak je vodeća tehnologija deponovanja praha u cilju izrade prevlaka koje imaju široku primenu u avio-industriji za zaštitu novih i opravku pohabanih delova. Kermet prevlake $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ na bazi Cr_3C_2 karbida imaju veliku primenu za zaštitu delova, jer zadržavaju visoke vrednosti tvrdoće, čvrstoće i otpornosti na habanje do temperature od 850°C . Ovaj rad razmatra uticaj parametara plazma-sprej depozicije praha $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ na strukturu i mehaničke karakteristike prevlake. Prah je deponovan plazma-sprej postupkom na atmosferskom pritisku (APS). Pri izboru parametara kao plazma gas koristio se helijum, koji je inertan i ne reaguje sa prahom, proizvodi gušću plazmu sa manjim toplotnim sadržajem i manje inkorporira okolni vazduh u mlaz plazme, što smanjuje temperaturno razlaganje i dekarburizaciju karbida Cr_3C_2 . U istraživanju su deponovane tri grupe prevlaka sa tri različite brzine dovoda praha od 30, 45 i 60 g/min. Prevlaka sa najboljim karakteristikama deponovana je na ulaznoj pri-rubnici dela turbo-mlaznog motora TV2-117A da bi se smanjio uticaj vibracija i habanja. Analizirane su strukture i mehaničke karakteristike $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ prevlaka u skladu sa standardom Pratt & Whitney. Istraživanja su pokazala da brzine dovoda praha bitno utiču na mehaničke osobine i strukture $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ prevlaka.

Uvod

Termo-sprej prevlake pripadaju razvoju oblasti inženjerstva površina. Ove visokokvalitetne funkcionalne prevlake primenjuju se na novim delovima u baznoj industriji, kao i za renoviranje delova, uglavnom zbog svojih odličnih karakteristika, koje odlikuje visoka otpornost na habanje, eroziju, abraziju, otpornost na koroziju i otpornost prema visokim temperaturama (Berget, et al., 2007, pp.7619-7625), (Jankura, Bačová, 2009, pp.359-366), (Mann, Arya, 2003, pp.652-667), (Monticelli, et al., 2004, pp.1225-1237), (Wheeler, Wood, 2005, pp.526-536). Kermet prevlake su kombinacija keramičkih tvrdih faza ugrađenih u žilavoj metalnoj osnovi. Cr_3C_2 -NiCr kermet prevlake se intenzivno koriste za ublažavanje abrazionog i erozionog habanja na visokim temperaturama do 850°C (Matthews, et al., 2007, pp. 59-64), (Tillmann, et al., 2010, pp. 392-408). Prevlake Cr_3C_2 -NiCr u odnosu na druge kermet prevlake nude veću otpornost na koroziju i oksidaciju, takođe ima visoku tačku topljenja i održavanje visoke tvrdoće, čvrstoće i otpornosti na habanje do 850°C . Primenom kermet prevlaka dobio se bolji radni vek komponenti mašina. Prevlake na bazi hrom karbida često se koriste na gasnim turbinama,

parnim turbinama i vazduhoplovnim motorima da poboljšaju otpornost na klizanje, abraziono i eroziono habanje (Hillery, 1986, pp.2684-2688). Delovi na kojima se primenjuje ova prevlaka su : hidraulički cilindri i klipnjače, pločice ventila, turbinske komponente, šita i čunjevi, vretena i ventili brodskih motora, kućišta pumpi i dr. (Material Product Data Sheet, 2012, Woka 7203 Chromium Carbide – 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-0031.1, Sulzer Metco). U kermet prevlakama sa različitim termo-sprej procesima uočene su značajne varijacije u sastavu i mikrostrukturi usled izlaganja praha visokim temperaturama i različitim brzinama gasa u procesu (Matthews, et al., 2007, pp.59–64). U prevlakama $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ deponovanim plazma-sprej postupkom prisutne su čestice karbida tipa Cr_3C_2 , Cr_{23}C_6 i Cr_7C_3 . Fenomen značajne razgradnje čestica karbida Cr_3C_2 publikovan je u literaturi (Ji, et al., 2006, p.6749), (Picas, et al., 2003, pp.1095). Karbidi Cr_7C_3 i Cr_{23}C_6 formiraju se razgradnjom osnovnog karbida Cr_3C_2 . Zbog razgradnje karbida Cr_3C_2 , po standardu Pratt & Whitney prihvatljiva vrednost mikrotvrdoće prevlake $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ je raspona 450–850 $\text{HV}_{0.3}$ (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). Neuniformne vrednosti tvrdoće duž prevlaka prijavili su mnogi autori. Ova varijacija u vrednosti tvrdoće pripisuje se mikrostrukturnim promenama duž poprečnog preseka prevlaka. Ove promene mogu biti mikrostrukturne zbog prisustva poroznosti, oksida legure $\text{Ni}(\text{Cr})$ kao što su: NiO , NiCr_2O_4 , Cr_2O_3 i CrO_3 , neistopljenih i poluistopljenih čestica u strukturi prevlaka (Brossard, et al., 2010, pp.1608-1615), (Matthews, et al., 2007, pp. 59–64), (Mrdak, 2011, pp. 9-14).

U ovom radu predstavljeni su rezultati eksperimentalnih istraživanja uticaja brzine dovoda praha (g/min) na mehanička svojstva i mikrostrukturu kermet prevlake $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$. Glavni cilj bio je da se na ulaznoj prirubnici dela turbomlaznog motora TV2-117A primeni kermet prevlaka $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ deponovana APS – atmosferskim plazma-sprej postupkom. Urađene su tri grupe uzoraka sa vrednostima brzine dovoda praha od 30, 45 i 60 g/min. 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 ulaznoj prirubnici dela turbomlaznog motora TV2-117A motora na ispitnoj stanici u trajanju od 45 časova u VZ "Moma Stanojlović" – Batajnica.

Materijali i eksperimentalni detalji

Za proizvodnju prevlaka koristio se prah firme Sulzer Metco s oznakom Woka 7203 (Material Product Data Sheet, 2012, Woka 7203 Chromium Carbide - 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-0031.1, Sulzer Metco). Prah Woka sadrži 75% tvrdog hrom karbida Cr_3C_2 i 25% legure niki-hrom (80%/20%). Čestice praha $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ su sferoidizirane aglomeracijom i sinterovanjem sa rasponom granulacije čestica praha od 11 do 45 μm .

Materijal substrata na kojem su deponovane prevlake za ispitivanje mikrotvrdoće i za procenu mikrostrukture u deponovanom stanju izrađen je od čelika Č.4171 (X15Cr13 EN10027) u termički neobrađenom stanju dimenzija 70x20x1,5mm (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). Osnove za ispitivanje čvrstoće spoja takođe su izrađene od čelika Č.4171(X15Cr13EN10027) u termički neobrađenom stanju dimenzija Ø25x50 mm (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA).

Ispitivanje mikrotvrdoće slojeva prevlaka rađeno je metodom HV_{0.3}. Merenje je urađeno u pravcu duž lamela, u sredini i na krajevima uzorka. Urađeno je pet očitavanja na tri mesta, a u radu su prikazane minimalne i maksimalne vrednosti.

Ispitivanja zatezne čvrstoće spoja vršena su na sobnoj temperaturi na hidrauličnoj opremi brzinom od 10 mm/min, za sva ispitivanja. Za svaku grupu uzoraka urađene su tri epruvete, a u radu su prikazane srednje vrednosti. Mehaničke i mikrostrukturne karakterizacije dobijenih prevlaka urađene su prema standardu Pratt & Whitney (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA).

Mikrostrukturna analiza prevlaka urađena je na svetlosnom mikroskopu, a morfologija čestica praha na SEM-u (skening elektronskom mikroskopu).

Za depoziciju praha korišćen je plazma-pištolj SG -100 atmosferski plazma-sprej sistema (APS) firme Plasmadyne. Kao gas korišćen je argon u kombinaciji sa helijumom i snaga napajanja od 40 kW. Pri izboru parametara depozicije praha kao osnovni parameter uzeta je brzina dovoda praha (g/min). U ovom istraživanju urađene su tri grupe uzoraka. Kod prve grupe uzoraka brzina dovoda praha bila je 30 g/min sa protokom nosećeg gasa od 5 l/min, kod druge grupe uzoraka ova brzina bila je 45 g/min sa protokom nosećeg gasa od 6 l/min, a kod treće grupe uzoraka 60 g/min sa protokom nosećeg gasa od 7 l/min. Ostali parametri deponovanja praha imali su sledeće vrednosti: plazma-struja 700 A, napon luka 36 V, protok primarnog gasa (Ar) 47 l/min, protok sekundarnog gasa (He) 12 l/min, i odstojanje mlaza plazme 100 mm od supstrata. Prevlake su formirane sa debljinama do 0,2 mm.

Rezultati i diskusija

Brzina dovoda praha bitno utiče na vrednosti mikrotvrdoće deponovanih slojeva, koja mora da bude optimalna da bi se obezbedilo potpuno topljenje čestica praha i na minimum smanjio procenat neistopljenih čestica, pora i oksida u slojevima prevlaka. Mikrostrukturne promene uzrokovane su prisustvom poroznosti, neistopljenih čestice, oksida legure Ni(Cr) i razgrađenih karbida u strukturi prevlaka, što su potvrdila metalografska ispitivanja slojeva prevlaka. Slojevi deponovani brzinom dovoda praha od 45g/min imaju vrednosti mikrotvrdoće od

670–845HV_{0.3} koje su u skladu sa vrednostima (450–850 HV_{0.3}) koje propisuje standard Pratt & Whitney (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). Ti slojevi su pokazali najgušću i najbolju mikrostrukturu, što su potvrdila metalografska ispitivanja prevlaka.

Zatezna čvrstoća spoja je, kao i mikrotvrdoća, u direktnoj vezi sa brzinom dovoda praha, prisustva pora, neistopljenih čestica i međulamelarnih oksida. Najveću vrednost zatezne čvrstoće spoja od 47MPa pokazali su slojevi, koji su deponovani sa brzinom dovoda praha od 45 g/min. Ti slojevi u mikrostrukturi nisu imali grube pore, neistopljene čestice i poluistopljene čestice. Pošto je prisustvo pora, neistopljenih čestica i oksida u direktnoj vezi sa vrednostima čvrstoće spoja prevlaka, to izmerene vrednosti za prevlaku deponovanu sa brzinom dovoda praha od 45g/min ukazuje na to da je njihov udeo najmanji u ovoj prevlaci.

Kvalitativna analiza deponovanih 75Cr₃C₂-25Ni(Cr) slojeva pokazala je da je na interfejsu supstrat/prevlaka zanemarjiv udeo čestica korunda Al₂O₃ od hrapavljenja. Duž interfejsa između substrata i prevlake nisu prisutne mikropukotine i makropukotine. Veza prevlake sa substratom je uniformna bez odvajanja slojeva prevlake sa substrata. Slojevi prevlake su deponovani kontinualno bez prisustva mikropukotina i makropukotina. Prevlaka deponovana sa brzinom dovoda praha 45g/min, koja ima najbolje mehaničke karakteristike pokazuje lamelarnu strukturu sa dobrim interlamelarnim vezivanjem. Dobro međulamelarno vezivanje lamela u depozitu povećava vrednosti mikrotvrdoće i žilavost loma, što su potvrdila mehanička ispitivanja prevlaka. Unutrašnji slojevi prevlake su bez prisutnih mikroprskotina i makroprskotina. U slojevima prevlake ne uočavaju se neistopljene čestice i grube pore, što govori o dobroj istopljenosti čestica i dobrom razlivanju čestica tokom procesa nanošenja na metalnu osnovu. Mikrostruktura prevlake je slojevića sa podužnim lamelama karbida Cr₂₃C₆ i Cr₇C₃ svetlosive boje u kojima se nalaze dispergovani karbidi Cr₃C₂ tamnosive boje. U slojevima prevlake prisutne su fine mikropore sme boje, kao i tanki slojevi oksida NiO, NiCr₂O₄ i Cr₂O₃ svetlosive boje. Oksidni slojevi su posledica inkorporiranja vazduha u mlaz plazme i oksidacije legure Ni(Cr) tokom depozicije, tj. neizbežna su posledica primenom plazma-sprej postupka u atmosferskim uslovima. U svetlosivoj zoni karbida Cr₂₃C₆ i Cr₇C₃ jasno se vide svetlo-bele lamele legure Ni(Cr).

Zaključak

Atmosferskim plazma-sprej postupkom (APS) deponovane su prevlake 75Cr₃C₂-25Ni(Cr) sa tri brzine dovoda praha 30, 45 i 60g/min. U radu su analizirane mehaničke karakteristike deponovanih slojeva i mikrostrukture na svetlosnom mikroskopu. Morfologija čestica praha ispitana je na (SEM) skenirajućem elektronskom mikroskopu. Na osnovu izvršenih analiza došlo se do određenih zaključaka.

Morfologije aglomerisanih čestica praha $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ su sfernog oblika koje se sastoje od sinterovanih čestica karbida Cr_3C_2 i čestica legure $25\text{Ni}(\text{Cr})$.

Vrednosti mikrotvrdoće i čvrstoće spoja deponovanih slojeva bili su u direktnoj vezi sa brzinama dovoda praha (g/min). Slojevi deponovani sa brzinom dovoda praha 45g/min imali su najveće vrednosti mikrotvrdoće $670\text{--}845\text{HV}_{0.3}$ i zatezne čvrstoće spoja 47MPa, koje su u granicama od 450 do 850 $\text{HV}_{0.3}$ i min 35MPa koje su propisane standardom Pratt & Whitney. Vrednosti mikrotvrdoće i zatezne čvrstoće spoja bile su u korelaciji sa njihovim mikrostrukturama.

Struktura deponovanih prevlake $75\text{Cr}_3\text{C}_2$ - $25\text{Ni}(\text{Cr})$ je lamelarna. U svim prevlakama su prisutne mikropore crne boje. Slojevi deponovani sa brzinom dovoda praha 45 g/min nisu imali grube mikropore u mikrostrukтури. Ti slojevi imali su najbolju mikrostrukтуру. U njima nisu prisutne neistopljene čestice praha, precipitati i interlamelarne pore. Mikrostrukтура prevlake je slojevita sa podužnim lamelama karbida. Svetlosiva polja su karbidi tipa Cr_{23}C_6 i Cr_7C_3 nastali razgradnjom primarnog karbida Cr_3C_2 . U svetlosivim poljima karbida Cr_{23}C_6 i Cr_7C_3 prisutna je dispergovana faza primarnog nerazgrađenog karbida Cr_3C_2 tamnosive boje. U svetlosivoj zoni karbida Cr_{23}C_6 i Cr_7C_3 prisutne su svetlobele lamele legure $\text{Ni}(\text{Cr})$. U slojevima prevlake prisutni su i tanki slojevi oksida NiO , NiCr_2O_4 i Cr_2O_3 svetlosive boje. Oksidni slojevi su posledica inkorporiranja vazduha u mlaz plazme i oksidacije legure $\text{Ni}(\text{Cr})$ tokom depozicije praha.

Prevlaka deponovana sa brzinom dovoda praha 45 g/min, koja je pokazala najbolje mikrostrukture i mehanička svojstva testirana je i homologovana na ulaznoj prirubnici dela turbomlaznog motora TV2-117A na ispitnoj stanici u trajanju od 45 časova u VZ "Moma Stanojlović" – Batajnica.

Ključne reči: osobine, prah, plazma, brzina dovoda, prevlaka, hrom.

Datum prijema članka/Paper received on: 20. 04. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 24. 02. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 26. 02. 2014.

ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ МЁБИУСА

Леонид И. Гречихин, А. Л. Гущин, А. А. Нарушевич
Минский государственный высший авиационный колледж,
Минск, Республика Беларусь

DOI: 10.5937/vojtehg62-4812

ОБЛАСТЬ: машиностроение, авиация

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная работа

Краткое содержание:

Разработана молекулярно-кинетическая теория работы винта с поверхностью Мёбиуса и осуществлено компьютерное моделирование в различных условиях эксплуатации такого винта. Применение механизации винта с поверхностью Мёбиуса позволяет в определенных условиях использовать такой винт в качестве вихревого теплового насоса. Проведена экспериментальная проверка разработанной теории работы винта с поверхностью Мёбиуса в лабораторных условиях.

Ключевые слова: воздушный винт, поверхность Мёбиуса, тепловой насос, механизация винта.

Введение

В дозвуковой авиации для преобразования энергии вращения вала двигателя в энергию поступательного движения самолета применяются воздушные винты. Идея применения воздушного винта для осуществления полетов на летательных аппаратах (ЛА) в воздушной атмосфере была высказана еще в XV веке Леонардо да Винчи. В настоящее время воздушный винт применяется на дозвуковых большегрузных самолетах достаточно широко. Особое значение воздушные винты приобрели в связи с развитием беспилотных летательных аппаратов. Вращаясь, воздушный винт отбрасывает массу воздуха, что приводит к возникновению тяги для летательного аппарата.

Первая теория воздушного винта была разработана Жуковским (Жуковский, 1948, стр.422), (Жуковский, 1949, стр.652), которая являлась чисто качественной и не позволяла применять ее для конструирования воздушных винтов. Поэтому при разработке воздушных винтов пользовались данными, которые были получены экспериментально на аэродинамических трубах. В результате проведенных исследований получены оптимальные профили лопастей винта, созданы таблицы NASA и ЦАГИ преимущественно для низкооборот-

ных винтов. Для высокооборотных винтов ситуация оказалась более сложной. Так как для практики такие винты были не востребованы, то они оставались вне поля зрения. В настоящее время в связи с развитием беспилотных летательных аппаратов высокооборотные винты стали востребованы практикой и возникла необходимость более подробно разобраться с механизмом взаимодействия высокооборотного винта с окружающим воздухом. Исследования высокооборотных винтов выполнены в работах (Гречихин, и др., 2010а, стр.59-68), (Гречихин, и др., 2010б, стр.61-65), и установлено, что работающий воздушный винт представляет собой тепловой насос. В этой связи проблема создания новых конструкций воздушных тяговых винтов с более эффективным коэффициентом преобразования является актуальной. Например, более эффективными оказались саблевидные лопасти воздушных винтов. Авторы работы (Шпади, Тимофеев, 2008, стр. 40-43) предложили воздушный винт двойной саблевидности, лопасти которого построены из спиральных участков в виде трех полуколец с поверхностью Мёбиуса. В результате такой винт позволил увеличить тягу как минимум в два раза по сравнению с традиционным трехлопастным винтом такого же диаметра. Конструктивно предложенная модель не является оптимальной. Поэтому возникает *цель*: детально рассмотреть динамику взаимодействия винта с поверхностью Мёбиуса и определить, какая конструкция такого винта будет давать максимальное превращение энергии вращения винта в энергию тяги. Поставленная цель требует решения следующих задач:

- определить условия эксплуатации винта с поверхностью Мёбиуса и на этой основе найти оптимум;
- разработать теорию, позволяющую производить компьютерное моделирование в различных условиях его применения;
- рассмотреть возможность его механизации;
- провести компьютерное моделирование для уточнения разработанной модели работы винта с поверхностью Мёбиуса.

В настоящей работе рассмотрим, каким образом были решены поставленные задачи.

Условия эксплуатации винта с поверхностью Мёбиуса

Для уменьшения лобового сопротивления винт Мёбиуса, когда ось вращения проходит по оси симметрии, следует расположить так, как изображено на рис. 1. Стрелками показано направление тяги и направление вращения.

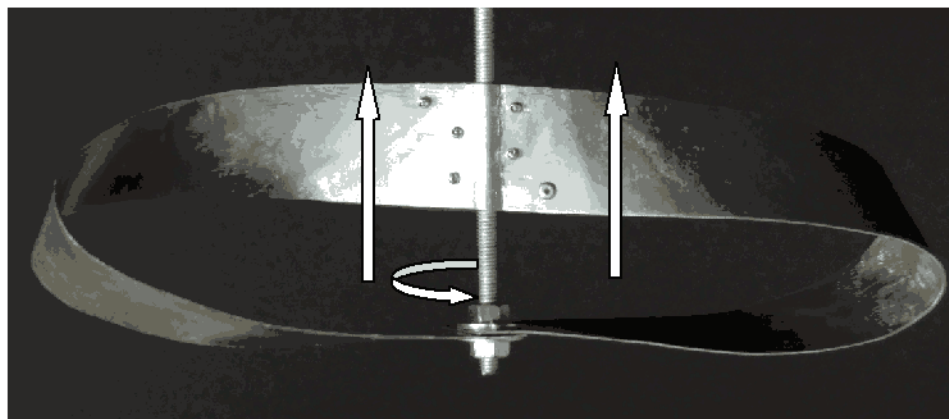


Рис. 1 – Расположение винта с поверхностью Мёбиуса в пространстве, которое обеспечивает максимальную тягу

Slika 1 – Položaj propelera „mobius“ koji obezbeđuje maksimalni potisak

Figure 1 – Möbius propeller position enabling maximum thrust

Такой винт можно вращать с большими скоростями не опасаясь его разрушения. Кроме этого важно, чтобы передняя поверхность винта по оси вращения должна перемещаться вдоль его оси. При этом винт автоматически устанавливается так, чтобы обеспечить минимальное лобовое сопротивление. Ширина полосы, свернутой в поверхность Мёбиуса, путем компьютерного моделирования устанавливается такой, чтобы обеспечить максимальную тягу при минимальном лобовом сопротивлении для заданного летательного аппарата.

Передняя кромка винта представляет собой эллипс, в котором большая полуось a является полудиаметром круговой ометаемой поверхности винтом, а малая полуось b – есть расстояние между передней и задней кромкой вдоль оси вращения. Если направить ось x -в вдоль оси вращения, а ось y -в перпендикулярно оси вращения с центром между передней кромкой на оси вращения, то винт Мёбиуса в таких координатах имеет вид

$$y = b\sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}. \quad (1)$$

При расположении винта с поверхностью Мёбиуса в пространстве, которое изображено на рис. 1, рассмотрим теорию его работы, используя общий подход, разработанный в (Гречихин, и др., 2010а, стр.59-68), (Гречихин, и др, 2010б, стр.61-65). При этом следует учитывать образование зоны разрежения за его тыльной стороной и механизм заполнения этой зоны окружающим воздухом.

Теория работы винта с поверхностью Мёбиуса

Винт, изображенный на рис. 1, взаимодействует с окружающим воздухом своими четырьмя плоскостями. Передняя часть винта формируется верхней и нижней поверхностью, а задняя часть винта – внешней и тыльной поверхностью. Каждая из этих поверхностей обладает своей аэродинамикой (Прицкер, Сахаров, 1968, стр.310).

Верхняя поверхность передней части винта. Угол взаимодействия верхней поверхности винта с окружающим воздухом будем отсчитывать относительно направления движения, т.е. относительно вектора тяги. В таком отсчете угол крутки для передней части крыла изменяется от 0° до 45° . Тогда вдоль оси y -в угол крутки

$$\alpha_y = \frac{45^\circ}{a} y. \quad (2)$$

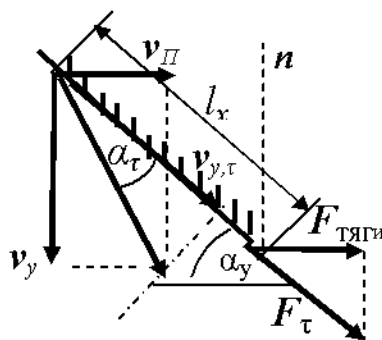


Рис. 2 – Схема взаимодействия молекул воздуха с верхней поверхностью передней части винта

Slika 2 – Šema interakcije molekula vazduha sa gornjom površinom prednjeg dela propelera
Figure 2 – Schematic presentation of the interaction of air molecules with the upper surface of the propeller front part

На некотором удалении y в элементе Δy с шириной полосы поверхности Мёбиуса l_x молекулы окружающего воздуха будут испытывать удар (рис. 2). Величина удара определяется скоростью, с которой вращается винт и массой воздуха, провзаимодействовавшей с элементом поверхности за время Δt . Провзаимодействует масса воздуха с поверхностью $\Delta S = l_x \cos \alpha_y \Delta y$ на удалении y на основании рис. 2

$$\Delta m = \rho v_y l_x \Delta y \cos \alpha_y \Delta t. \quad (3)$$

где ρ – плотность окружающего воздуха, v_y – линейная скорость элемента винта на удалении y от оси вращения и $v_П$ – скорость потока воздуха, формируемого винтом.

Изменение импульса $\Delta p_1 = \Delta m v_y$ приводит к возникновению силы

$$\Delta F_1 = \frac{\Delta p_1}{\Delta t} = \rho v_y^2 l_x \Delta y \cos \alpha_y \quad (4)$$

и момента силы $\Delta M_1 = \Delta F_1 y$. (5)

Результирующий момент силы и мощность, формируемые верхней поверхностью передней частью винта Мёбиуса, соответственно равны

$$M_1 = \int_0^a \rho v_y^2 l_x \cos \alpha_y y dy, \quad N_1 = M_1 \omega \quad (6)$$

где $\omega = 2\pi f$ – круговая частота и f – линейная частота вращения винта.

Поток воздуха, который устремляется вдоль верхней поверхности передней части винта, движется со скоростью

$$v_\tau = \sqrt{v_y^2 + v_n^2} \sin[\alpha_y + \arctg(v_n / v_y)]$$

и уходит от винта, создавая газодинамический напор на удалении y от оси вращения

$$\Delta T_{1,1} = 0,5 \rho v_{y,\tau}^2. \quad (7)$$

Такой напор создает дополнительный момент силы, который уменьшает энергопотребление от источника энергии и равен

$$W_1 = \int_0^a \Delta T_1 l_x \cos(\alpha_y) y dy. \quad (8)$$

Этот же поток создает реактивную силу тяги, создаваемую верхней поверхностью передней частью винта,

$$F_{T,1} = \int_0^a \rho \sqrt{v_y^2 + v_n^2} v_y l_x \sin[\alpha_y + \arctg(v_n / v_y)] \cos^2(\alpha_y) dy, \quad (9)$$

и соответствующую мощность

$$N_1 = \int_0^a \rho (v_y^2 + v_n^2) v_y l_x \sin^2[\alpha_y + \arctg(v_n / v_y)] \cos^2(\alpha_y) dy. \quad (8)$$

Нижняя поверхность передней части винта. За нижней поверхностью передней части винта образуется срывное течение. В зоне срывного течения возникает область разрежения. Давление в области разрежения находится следующим образом (Гречихин, 1987, стр.327)

$$P_s = P_\infty \exp\left(-\frac{m_a v_y^2}{2k_B T_\infty}\right), \quad (9)$$

Здесь m_a – средняя масса молекул воздуха, k_B – постоянная Больцмана, P_∞ и T_∞ – соответственно давление и температура окружающего воздуха.

В нижней области передней части винта по мере возрастания вращения на длине свободного пробега возникает полный вакуум, который заполняется молекулами воздуха, скорость которых равна скорости звука при температуре окружающей среды T_∞ , которая определяется по формуле Лапласа, а именно:

$$c = \sqrt{\frac{kR_g T_\infty}{\mu}}. \quad (10)$$

Здесь k – отношение теплоемкостей при постоянном объеме и постоянном давлении и примерно равное для воздуха 1,4; R_g – универсальная газовая постоянная 8,31 Дж/(моль·град) и μ – молярный вес воздуха ~ 0,029 кг/моль.

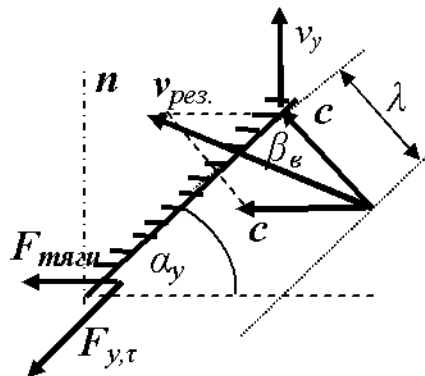


Рис. 3 – Схема взаимодействия молекул воздуха с нижней поверхностью передней части винта

Slika 3 – Šema interakcije molekula vazduha sa donjom površinom prednjeg dela propelera
Figure 3 – Schematic presentation of the interaction of air molecules with the lower surface of the propeller front part

Общая схема взаимодействия воздуха с нижней поверхностью передней части винта изображена на рис. 3. За винтом образуется зона разрежения, которая заполняется потоком воздуха со скоростью звука нормально к поверхности и вдоль поверхности, как это показано на рис. 3. Скорость потока на основании теоремы косинусов

$$v_{\text{рез.}} = c \sqrt{2[1 - \sin(\alpha_y)]}. \quad (11)$$

Поток воздуха на нижнюю поверхность передней части винта составит

$$J_2 = \frac{1}{4} n c \sqrt{2[1 - \sin(\alpha_y)]}. \quad (12)$$

Масса воздуха, которая взаимодействует с элементом поверхности ΔS за время Δt с нижней стороной передней части винта

$$\Delta m_2 = J_2 m_a \Delta t \Delta S. \quad (13)$$

В процессе взаимодействия этой массы воздуха с элементом поверхности ΔS на удалении y винту будет передан импульс

$$\Delta p_2 = 2 \Delta m_2 c \sqrt{2[1 - \sin(\alpha_y)]}. \quad (14)$$

В результате возникнет сила действия на этот элемент поверхности величиной $\Delta F_2 = 4 J_2 m_a c^2 [1 - \sin(\alpha_y)]$. В нормальной составляющей этой силы следует учитывать линейную скорость движения рассматриваемого элемента винта $v_y = 2\pi f r_{\text{в}}$, которая уменьшает величину скорости потока молекул воздуха на нижнюю поверхность передней части винта. Тогда

$$\Delta F_2 = 2 J_2 m_a \left\{ c \sqrt{2[1 - \sin(\alpha_y)]} - v_y \cos(\alpha_y) \right\}^2 \cos(\beta_e), \quad (15)$$

а в соответствии с рис. 3 угол $\beta_e = 45^\circ + \alpha_y/2$.

Полученная сила по отношению к вращению способствует увеличению скорости, и вследствие этого разгружает потребляемую мощность от источника энергии. Результирующая действующая сила нормально к поверхности на элемент поверхности ΔS на удалении от оси вращения y составляет

$$\Delta F_2 = \frac{P_e}{2k_B T_{\infty}} m_a \left\{ c \sqrt{2[1 - \sin(\alpha_y)]} - v_y \cos(\alpha_y) \right\}^2 l_x \cos(\beta_e) \Delta y. \quad (16)$$

Под действием такой силы возникает момент силы

$$\Delta M_2 = \Delta F_2 y, \quad (17)$$

а результирующий момент силы, обусловленный ударным действием молекул воздуха на нижнюю поверхность передней части винта перпендикулярно нормали к оси вращения составит

$$M_2 = \int_0^a \frac{P_e}{2k_B T} J_x m_A \{c\sqrt{2[1 - \sin(\alpha_y)]} - v_y \cos(\alpha_y)\}^2 \cos(\beta_e) y dy. \quad (18)$$

Вдоль поверхности возникает поток воздуха со скоростью

$$v_\tau = [c\sqrt{2[1 - \sin(\alpha_y)]} - v_y \cos(\alpha_y)] \cos(\beta_e), \quad (19)$$

Применяя закон Бернулли, получаем момент силы, который увеличивает лобовое сопротивление винта.

$$M'_2 = \int_0^a \frac{P_e}{2k_B T} m_A \{c\sqrt{2[1 - \sin(\alpha_y)]} - v_y \cos(\alpha_y)\}^2 J_x \cos^2(\beta_e) \cos(\alpha_y) y dy \quad (20)$$

Результирующий момент силы $M_{2,рез} = M_2 - M'_2$. Если результирующий момент силы положительный, то винт будет раскручиваться, потребляя энергию из окружающей среды, равную

$$\Delta E_1 = M_{2,рез} \omega. \quad (21)$$

Поток воздуха вдоль нижней поверхности передней части винта, движется со скоростью $v_\tau = c \cos(\alpha_y)$.

На основании закона сохранения массы газа, какое количество воздуха винт возбуждает перед собой, такое количество воздуха взаимодействует с винтом с тыльной стороны. Так как часть воздуха рассеивается в окружающую среду, то это учитывается в уменьшении плотности в зоне срывного течения в соответствии с (9). Поэтому скорость потока массы газа

$$\dot{m} = \frac{P_e}{k_B T} v_\tau J_x \cos(\alpha_y) \Delta y. \quad (22)$$

На элемент поверхности винта ΔS такая скорость движения массы воздуха создает силу тяги

$$\Delta T'_1 = \dot{m} v_\tau = \frac{P_e}{k_B T} c v_\tau J_x \cos^2(\alpha_y) \Delta y$$

Результирующая сила тяги находится путем интегрирования

$$W'_1 = \int \Delta T'_1 y dy. \quad (23)$$

Задняя часть винта. Угол крутки для внешней и тыльной поверхности задней части винта с поверхностью Мёбиуса относительно нормали к оси вращения

$$\alpha'_y = 90 - \frac{45}{a} y. \quad (24)$$

Все формулы, полученные для передней части винта остаются прежними и для задней части, только угол α_y заменяется на угол α'_y .

Для внешней поверхности задней части винта момент силы сопротивления вращению и затрачиваемая мощность

$$M_3 = \int_0^a \rho v_y^2 l_x \cos \alpha'_y y dy, \quad N_3 = M_3 \omega. \quad (25)$$

Для тыльной поверхности задней части винта момент силы увеличения вращения и затрачиваемая при этом мощность

$$M_4 = \int_0^a \frac{P_e}{2k_B T} l_x m_A \left\{ e^{\sqrt{2[1 - \sin(\alpha'_y)]}} - v_y \cos(\alpha'_y) \right\}^2 \cos(\beta_e) y dy, \quad N_4 = M_4 \omega. \quad (26)$$

Полученные расчетные формулы являются основой для компьютерного моделирования работы винта с поверхностью Мёбиуса.

Для увеличения подъемной силы и уменьшения лобового сопротивления крыла самолета применяется различная механизация. Аналогичный подход был использован для винта с поверхностью Мёбиуса.

Передняя часть винта с поверхностью Мёбиуса создает во внутренней области зону разрежения, давление в которой

$$P'_e = P_\infty \exp\left(-\frac{m_a v_\omega^2}{2k_B T}\right). \quad (27)$$

Под таким давлением осуществляется сжатие передней и задней лопастей винта с поверхностью Мёбиуса.

Чем дальше лопасти отстоят друг от друга, тем быстрее заполняется воздухом окружающей атмосферы центральная область между лопастями и в результате снимается напряжение между лопастями. Это значит, что винт работает более эффективно. Эти свойства винта Мёбиуса ранее детально не были исследованы и поэтому часто получали отрицательный результат при его применении. Поэтому в винте Шпади лопасти разнесены на максимально большое удаление друг от друга, как это позволяла конструкция. В результате был получен положительный эффект.

Механизация вита с поверхностью Мёбиуса

Для увеличения тяги и уменьшения лобового сопротивления винта с поверхностью Мёбиуса можно применить различную механизацию. Рассмотрим механизацию, обусловленную радиусом загиба. На рис. 4 показана такая механизация. Размер радиуса загиба $\zeta \approx r_y [1 - \cos(\alpha_y)]$.

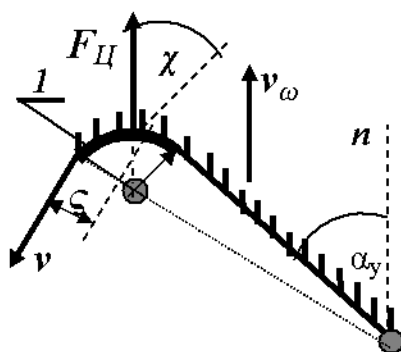


Рис. 4 – Схема расположения радиуса загиба (1) на передней кромке винта с поверхностью Мёбиуса

Slika 4 – Šema položaja radijusa krivine na prednjoj ivici propelera „mobius“

Figure 4 – Schematic presentation of the position of the curve radius on the Möbius propeller front edge

Масса воздуха, которая взаимодействует с радиусом загиба

$$m = \rho v_y \zeta_y \Delta y \Delta t, \quad (28)$$

где $\Delta t = r_y \cos \alpha_y / v_y$.

Радиус загиба изменяется от нуля до r_0 , который задается на удалении от оси вращения винта, равном длине лопасти, а на каждом удалении от оси вращения

$$r_y = \frac{r_0}{a} y. \quad (29)$$

Масса воздуха m обладает центробежным ускорением и действует на радиус загиба с силой

$$\Delta F_{ц} = \rho v_y^2 \zeta_y \cos \alpha_y \cos \beta_y \Delta y, \quad (30)$$

где угол $\beta_y = \arctg \left(\frac{\cos(\alpha_y)}{\sqrt{4 - \cos^2(\alpha_y)}} \right).$

При этом создается момент силы

$$\Delta M_5 = \rho v_y^2 \zeta_y \cos \alpha_y \cos \beta_y (y + \zeta_y / 2) \Delta y. \quad (31)$$

Результирующий момент силы, создаваемый радиусом загиба для одной лопасти

$$M_5 = \int_0^a \rho v_y^2 \zeta_y \cos \alpha_y \cos \beta_y (y + \zeta_y / 2) dy. \quad (32)$$

Если задан размер лопасти винта L_0 , то на каждом удалении от оси вращения линейная часть лопасти

$$l_y - L_0 - \left[\frac{r_y \cos \alpha_y (4 \operatorname{tg} \alpha_y - 1)}{3} \right]. \quad (33)$$

Все формулы заданы и поэтому можно осуществить компьютерное моделирование.

Результаты компьютерного моделирования

Для сравнительного анализа различных конструкций винта с поверхностью Мёбиуса рассмотрим следующий вариант. Пусть радиус лопасти винта составляет 12 см. Ширина лопасти 3,5 см. Потребление мощности и мощность тяги при скорости движения вдоль оси вращения $v_n = 180$ км/ч без применения и с применением механизации лопастей винта в зависимости от скорости вращения приведены на рис. 5.

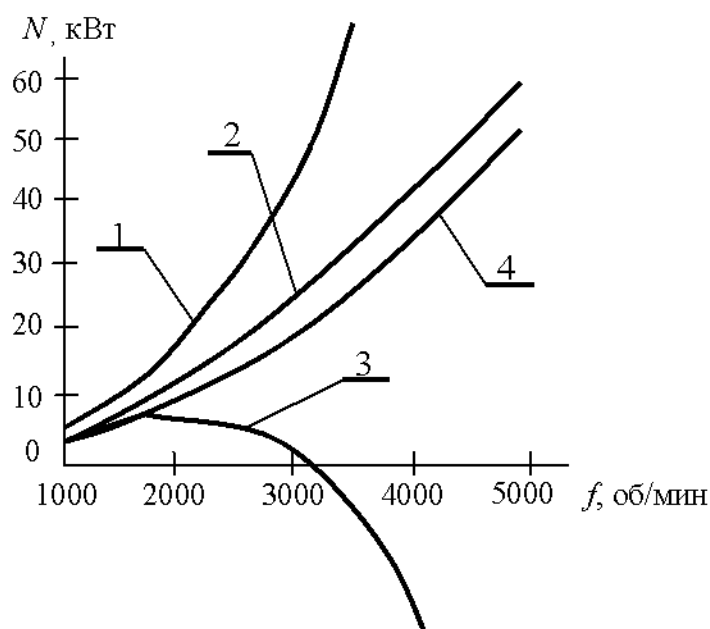


Рис. 5 – Зависимость мощности от частоты вращения винта: 1 – мощность потребления без механизации; 2 – мощность тяги без механизации; 3 – мощность потребления с механизацией; 4 – мощность тяги с механизацией

Slika 5 – Zavisnost snage od brzine rotacije propelera: 1 – potrošena snaga bez mehanizacije, 2 – snaga potiska bez mehanizacije, 3 – potrošena snaga sa mehanizacijom, 4 – snaga potiska sa mehanizacijom

Figure 5 – Dependence of the power on the propeller rotation speed: 1- used power without mechanisation, 2- thrust power without mechanisation, 3- used power with mechanisation, 4- thrust power with mechanisation

В качестве второго примера приведем результаты расчета винта с параметрами: радиус винта 0,65 м, ширина лопасти 10 см, радиус скругления кромки лопасти 3 см и скорость движения 55 км/ч в табл. 1. В последней строчке табл. 1 приведены отношения потребляемых мощностей ($\chi = \chi_1/\chi_2$) и мощностей тяги ($\xi = \xi_1/\xi_2$). Конкретные результаты сравнительного анализа работы такого винта без кривизны внешней кромки ленты с поверхностью Мёбиуса и с наличием такого радиуса кривизны свидетельствуют о следующем. Предлагаемая конструкция механизированного винта отличается от обычного винта с поверхностью Мёбиуса следующими особенностями:

- с возрастанием частоты вращения винта энергия потребления от бортового источника уменьшается, а не возрастает, как это имеет место в обычном винте с поверхностью Мёбиуса;

- коэффициент преобразования потребляемой мощности в мощность тяги в области малых частот вращения при скорости движения самолета 180 км/ч меньше, чем для обычного винта с поверхно-

стью Мёбиуса, а с возрастанием частоты вращения вначале резко возрастает и переходит в режим работы теплового насоса, а с уменьшением скорости движения картина меняется - для обычного винта с поверхностью Мёбиуса значительно падает, а для механизированного винта с поверхностью Мёбиуса резко возрастает и может вообще не потреблять мощность от бортового источника энергии;

– при конкретно реализуемой тяге массогабаритные характеристики предлагаемого винта значительно меньше, чем в обычном винте с поверхностью Мёбиуса в 1,5 – 2 раза за счет увеличения скорости вращения.

Таблица 1 – Сравнение работы винта с поверхностью Мёбиуса без загиба и с наличием загиба внешней кромки ленты

Tabela 1 – Poređenje rada propelera „mobius” bez savijanja i uz prisustvo savijanja spoljašnje ivice trake

Table 1 – comparison of the Mobius propeller functioning with and without bending the strip outer edge

(параметры винта: а) – 0,65 м; б) = 0,25 м; h = 0,10 м; r = 0; $v_n = 55$ км/ч)

Параметры	Частота вращения, об/мин						
	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000
$N_{\text{потр.}}$, Вт	-55600	-104700	-181700	-296800	-460600	-975800	-1812200
$N_{\text{тяги}}$, Вт	46300	77200	119600	173400	238700	403800	615200
H	0,83	0,74	0,66	0,58	0,52	0,41	0,34
$T_{\text{тяги}}$, Н	3000	5050	7810	11300	15600	26400	40200
Радиус максимальной кривизны загиба передней кромки ленты r = 0,03 м							
$N_{\text{потр.}}$, Вт	-38800	-43300	-32600	-2640	+50300	+240600	+567500
$N_{\text{тяги}}$, Вт	37600	61400	93900	135200	185300	312000	474300
H	0,97	1,42	2,88	51,2	-3,68	-1,30	-0,84
$T_{\text{тяги}}$, Н	2460	4010	6140	8830	12110	20390	31000
χ/ξ	1,43/1,22	2,42/1,26	5,57/1,27	112/1,28	-9,2/1,29	-4,0/1,29	-3,2/1,30

Отличительные признаки механизированного винта с поверхностью Мёбиуса следующие:

1. Воздушный винт, содержит ленту с передней кромкой, загнутой с определенным радиусом, изменяющимся от нуля до максимального своего значения на внешней поверхности винта, а сама лента свернута по окружности Мёбиуса и закреплена на оси вращения одной стороной перпендикулярно оси вращения, а другой стороной - перпендикулярно плоскости вращения.

2. Радиус скругления передней кромки ленты винта обеспечивает увеличение коэффициента преобразования в зависимости от частоты вращения до бесконечности, а с преодолением энергии активации винт переходит полностью в режим работы теплового насоса.

3. Для уменьшения энергии активации перехода в режим теплового насоса применяется на верхней поверхности винта щиток, за-

крывающий не рабочую часть винта, радиус которого определяется условиями работы винта по тяге, высоте полета и температуры окружающей среды.

4. Для повышения коэффициента преобразования и уменьшения энергии активации лента винта по окружности Мёбиуса охватывает пространство только вблизи верхней части ометаемой окружности винтом более двух раз.

5. Для упрощения технологии изготовления механизированного винта можно ленту свернуть по обычному эллипсу и развернуть по малой оси на 90° . Эффективность работы винта при этом не изменится.

Таким образом, общая модель работы воздушных тянущих и толкающих винтов ЛА определяется возникновением активной составляющей окружающей среды работающего воздушного винта, которая обеспечивает более эффективное преобразование энергии типа вихревого теплового насоса.

Экспериментальную проверку непосредственно в полете осуществить достаточно проблематично. Поэтому эксперимент проводился в помещении при скорости движения практически равной нулю. На тележке устанавливался винт, который вращался электромотором переменного тока. Сила тяги измерялась динамометром. Электрические измерения осуществлялись по схеме, приведенной на рис. 6.

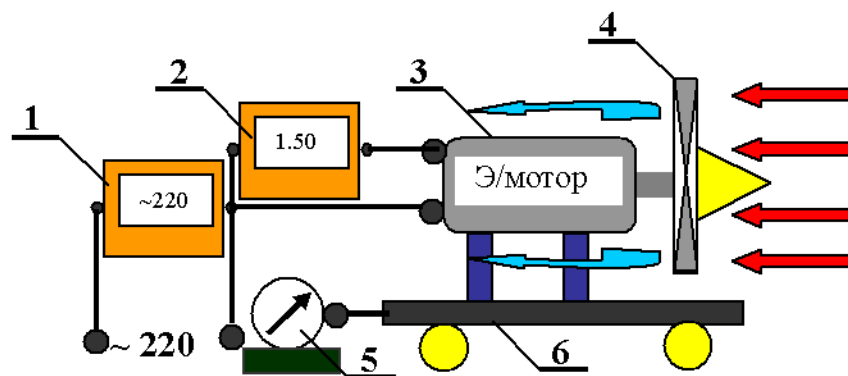


Рис. 6 – Схема проведения лабораторного эксперимента:
1 – вольтметр; 2 – амперметр; 3 – электромотор; 4 – исследуемый винт;
5 – динамометр; 6 – движущаяся тележка

Slika 6 – Šema laboratorijskog eksperimenta:
1 – voltmetar, 2 – ampermetar, 3 – elektromotor, 4 – ispitivani propeler,
5 – dinamometar, 6 – pokretna kolica

Figure 6 – Schematic presentation of the laboratory experiment:
1 – voltmeter; 2 – ampere meter; 3 – electric motor; 4 – tested propeller;
5 – dynamo meter; 6 – rolling platform

Были проведены испытания винта с поверхностью Мёбиуса со следующими размерами: $a = 0,200$ м; $b = 0,08$ м; $l = 0,06$ м и $r_0 = 0,0215$ м. Частота вращения электромотора по паспорту 2850 об/мин. Результаты измерений $U_0 = 210$ В; $U = 208$ В; $I = 3,2$ А. Потребляемая мощность 665,6 Вт. Мощность, затрачиваемая на создания тяги $N_{тяги} = 2 \cdot 3,2 = 6,4$ Вт. Сила тяги составляла 0,55 кг. По этим данным скорость потока за винтом 1,2 м/с, а перед винтом она должна быть значительно меньше. Поэтому при теоретическом расчете скорость на входе винта использовалась как вариационный параметр. Результаты теоретического расчета мощностей потребления и тяги в зависимости от скорости движения воздуха на винт приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Зависимость мощности потребления и мощности тяги от скорости движения тележки

Tabela 2 – Zavisnost potrošene snage i snage potiska od brzine kretanja kolica
Table 2 – Dependence of the used power and thrust power on the rolling platform speed

Параметры	Скорость воздуха на входе винта, км/ч					
	10^{-1}	$7 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-3}$
$N_{потр,эф.}$, Вт	662,0	662,3	662,4	663,6	662,7	662,7
$N_{тяги}$, Вт	13,49	9,44	6,74	2,69	1,35	0,67

Совпадение теоретических расчетов с экспериментальными данными реализуется при средней скорости потока воздуха на площадь, ометаемую винтом, $\sim 0,05$ км/ч. Скорость воздуха перед винтом оказалась меньше в ~ 86 раз. Как и следовало ожидать, скорость воздуха перед винтом значительно меньше скорости потока воздуха за винтом. По существу в таком режиме винт работает как вентилятор.

Выводы

Таким образом, в работе получены следующие результаты:

1. Определены условия эксплуатации винта с поверхностью Мёбиуса и найдены оптимальные условия его эксплуатации.
2. Разработана молекулярно-кинетическая теория работы винта с поверхностью Мёбиуса, которая позволила выполнить компьютерное моделирование в различных условиях его эксплуатации.
3. Показано, что применение механизации винта с поверхностью Мёбиуса позволяет использовать такой винт в качестве вихревого теплового насоса.
4. Проведена экспериментальная проверка разработанной теории работы винта с поверхностью Мёбиуса в лабораторных условиях и получено удовлетворительное совпадение экспериментальных данных с теоретическими расчетами.

Literatura/Literature

Гречихин, Л.И. 1987. *Неравновесное оптическое излучение воздушных и космических летательных аппаратов*. Минск: БПИ., стр. 327. Докторская диссертация.

Гречихин, Л.И., Сахарук, Д.А., Сивашко, А.Б., & Цанава, А.А. 2010а. Энергетика воздушного винта беспилотного летательного аппарата. Теория, ламинарное течение. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*, 4, стр. 59-68.

Гречихин, Л.И., Сахарук, Д.А., Сивашко, А.Б., & Цанава, А.А. 2010б. Энергетика воздушного винта беспилотного летательного аппарата. Экспериментальные исследования, срывное течение. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*, 5, стр. 61-65.

Жуковский, Н.Е., 1948, Вихревая теория гребного винта. У *Избранные сочинения. Т. 2.* – М.-Л.: ОГИЗ, стр. 422.

Жуковский, Н.Е., 1949, *Аэродинамика. Избранные сочинения. Т. 4.* – М.-Л.: ОГИЗ, стр. 652.

Прицкер, Д.М., & Сахаров, Г.И. 1968. *Аэродинамика*. М.: Машиностроение., стр. 310.

Шпади, А.Л., & Тимофеев, В.Ф. 2008. Невинтовые пропеллеры. У Н.У. Ушакова Ур., *Проблемы подготовки специалистов для гражданской авиации: материалы международной научно-практической конференции 20-21 ноября 2008 г.: научное издание*. Ульяновск: УВАУ ГА., стр. 40-43.

PROPELER „MOBIUS“

Leonid Ivanovič Grečihin, A. L. Guščin, A. A. Naruševič
Državni viši koledž za vojno vazduhoplovstvo u Minsku,
Republika Belarusija

OBLAST: mašinstvo, vazduhoplovstvo
VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

U radu je razrađena molekularno-kinetička teorija rada propelera „mobius“ i implementirano njegovo računarsko modeliranje u različitim uslovima eksploatacije. Izvedba mehanizacije propelera „mobius“ dozvoljava u određenim uslovima korišćenje ovog tipa propelera u svojstvu toplotne pumpe. Izvršena je eksperimentalna provera razrađene teorije rada propelera „mobius“ u laboratorijskim uslovima.

Ključne reči: propeler, površina „mobius“, toplotne pumpe, mehanizacija propelera.

MOBIUS PROPELLER

Leonid Ivanovich Gretchihin, A. L. Gushtchin, A. A. Narushevitch
Minsk State Higher Aviation College, Department of Natural Science
Disciplines, Minsk, Republic of Belarus

FIELD: Mechanics, Aviation

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Summary:

The article gives a detailed molecular-kinetic theory of the Mobius propeller functioning and shows the implementation of its computer modelling in different exploitation conditions. The mechanisation of the Mobius propeller can be carried out in such a way that, under certain conditions, it enables using this type of propellers as a heat pump. The developed theory of the Mobius propeller functioning has been experimentally verified in laboratory conditions.

Key words: propeller, Mobius surface, heat pumps, propeller mechanization

Дата получения работы/Paper received on: 04. 11. 2013.

Дата получения исправленной версии работы/Manuscript corrections submitted on:
20. 01. 2014.

Дата окончательного согласования работы /Paper accepted for publishing on:
22. 01. 2014.

PREGLEDNI ČLANCI REVIEW PAPERS

СПОСОБ РАЗМИНИРОВАНИЯ ФУГАСНЫХ БОЕПРИПАСОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ С ЭЛЕМЕНТАМИ НЕИЗВЛЕКАЕМОСТИ

Александр Иванович Голодяев
Соискатель на звание кандидат наук в ВГТУ,
г. Воронеж, Россия

DOI: 10.5937/vojtehg62-4741

ОБЛАСТЬ: материалы
ВИД СТАТЬИ: обзорная статья

Краткое содержание:

Применение способа разминирования вымыванием взрывчатого вещества растворителем позволяет сохранить большие материальные ценности, снижает риск для пиротехников, связанный с перемещением боеприпаса к месту утилизации. Затраты на специальное оборудование незначительны. Технология легко поддается автоматизации, за счет электронного и телеуправления процессом сверления на расстоянии, что снижает риск подрыва пиротехников к минимуму.

Способ будет эффективен в зонах действия против партизанской минной войны.

Ключевые слова: фугасные боеприпасы, разминирование.

Известно достаточно большое число способов разминирования. В особую группу относят способы разминирования боеприпасов установленных с элементами без извлечения (Матвейчук, 2005, стр.512). Самые неудобные для разминирования боеприпасы, изготовленные в кустарных непромышленных условиях. Система минирования этими боеприпасами зависит только от фантазии и знаний изготовителей этих боеприпасов. Опыт 1 и 2 Чеченской войны показал, что кустарные боеприпасы, особенно фугасы, изготовленные из бидонов из-под молока объемом до 40 литров, обычные ведра, и т. д.

наиболее опасны. Часто в них ставят систему без извлечения по принципу «колокольчика». Обычно их уничтожают на месте обнаружения. Очень часто это ведет к большим материальным потерям (мосты, горные дороги, здания, и др.). Иногда взрывотехникам попадают боеприпасы времен 1 и 2 Мировой войны. Некоторые авиабомбы имеют механизм замедления взрыва, который в момент падения просто остановился. Имеют взрыватели, проржавевшие с капсюлями-детонаторами с повышенной чувствительностью. От старости ТНТ выделяет особую жидкость, имеющую повышенную чувствительность (Шидловский, 1973). Перемещение таких боеприпасов опасно.

Для исключения преждевременного взрыва можно применить способ удаления взрывчатого вещества из корпуса боеприпаса (Обоснование необходимости утилизации списанных боеприпасов: <http://do.gendocs.ru/docs/index-339053.html?page=2>).

Известно, что почти все взрывчатые вещества можно растворить в специальных растворителях. Например:

1. Все селитры и бертолетовая соль прекрасно растворяются в воде. При этом насыщенный раствор этих веществ невозможно заставить гореть или сдетонировать.

2. Тротил (тринитротолуол или ТНТ) прекрасно растворяется в органических растворителях. Например, бутилацетат, ацетон, дихлорэтан, трихлорэтилен, и др. (Мингулина, Масленникова, Коровин, 1990).

Автор сам, для изготовления муляжа гранаты в коллекцию растворил бутилацетатом ТНТ из гранаты Ф-1 (производства 1940 года) за 10-15 минут, после чего раствор вылил из корпуса гранаты и утилизировал его.

Методика разминирования.

Боеприпас очищают от грунта. Устанавливают на его корпусе ванночку для охлаждающей жидкости. Она может быть из пластилина и не должна пропускать жидкость для охлаждения между ванночкой и корпусом. Жидкость для охлаждения берется по составу для конкретного металла, из которого сделан корпус боеприпаса. Обычно это смесь СОЖ из воды, мыла и минерального масла. Устанавливается сверлильный инструмент со сверлом и кронштейном крепления к корпусу боеприпаса. Часто это магнитное крепление, или струбцина. Сверло не должно вращаться быстрее 60 оборотов в минуту. И режущая часть сверла всегда залита СОЖ для исключения малейшего нагрева режущей кромки сверла. Когда сверло просверливает до взрывчатого вещества, весь инструмент удаляют. В отверстие вводится специальный щуп в форме косо срезанной трубки, и берется проба взрывчатого вещества (ВВ). В экспресс анализаторе, определяется тип ВВ и по таблицам с учетом температуры выбирается растворитель.

Допускается сверление 2 отверстий под 2 штуцера: – вход, – выход.

В отверстие вводится штуцер, имеющий канал подачи растворителя и второй канал удаления раствора. Из емкости с растворителем с помощью насоса по шлангу подается растворитель по каналу подачи растворителя. Через второе отверстие в штуцере идет выливание по другому шлангу в другую емкость. Плотность растворителя изменяется, и можно приблизительно знать сколько выбрано ВВ взвешивая полную емкость с раствором. Вымывание производится до момента, когда оставшаяся часть ВВ не представляет сильного разрушающего действия.

Если ВВ на основе селитры и органического вещества или с алюминиевой или магниевой пудрой, то простое намокание ВВ приведет к обезвреживанию боеприпаса. Взрыв всего ВВ не будет, а первичный и вторичный детонатор в виде толковой шашки особой опасности для сооружений не представляет.

Ниже приведено описание заявки на изобретение, на которую получен патент.

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ (19) RU (11) 2418262 (13) C2
(51) МПК

F42B33/06 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ.

Статус: по данным на 17.10.2013 - действует

Пошлина: не взимаются - статья 1366 ГК РФ

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(21), (22) Заявка: 2009146777/11, 16.12.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 16.12.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.12.2009

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2010

(45) Опубликовано: 10.05.2011

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске:

СМИРНОВ Л.А., ТИНЬКОВ О.В. Конверсия. Часть IV. Утилизация снятых с вооружения боеприпасов и твердотопливных ракет. - М., 1996, с.79-80. SU 1766686 A1, 07.10.1992. SU 303199 A, 13.05.1971. RU 2123933 C1, 27.12.1998. EA 1061 B1, 30.10.2000. DE 4010757 A, 01.08.1991.

Адрес для переписки:

394088, г.Воронеж, ул. ген. Лизюкова, 99, кв.47, А.И. Голодяеву

(72) Автор(ы):

Голодяев Александр Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Голодяев Александр Иванович (RU)

(54) СПОСОБ РАЗМИНИРОВАНИЯ ФУГАСНЫХ БОЕПРИПАСОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ С ЭЛЕМЕНТАМИ НЕИЗВЛЕКАЕМОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам разминирования фугасных боеприпасов, установленных с элементами без извлечения. Способ заключается в том, что в корпусе (1) боеприпаса (2) сверлятся отверстия (3) для штуцеров подвода (4) и штуцеров отвода (5) растворителя (6). Штуцера подвода (4) растворителя (6) соединены шлангами (7) с гидравлическим насосом (8), который соединен шлангами (7) с емкостью (9) с растворителем (6). В другую емкость (10) от штуцеров отвода (5) растворителя (6) по шлангам (7) поступает насыщенный раствор взрывчатки (11) из боеприпаса (2). Отверстия (3) на корпусе (1) боеприпаса (2) располагаются парами так, чтобы каналы (12) отверстий (3) штуцеров подвода (4) и отвода (5) растворителя (6) пересекались для свободного прохода растворителя (6). Повышается безопасность процесса разминирования. 1 ил.

Известно изобретение «СИСТЕМА РАЗМИНИРОВАНИЯ» ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ (19) RU (11) 99105118 (13) А, МПК 7 F41H 11/16, Заявка: 99105118/02, 06.08.1997, Дата публикации заявки: 20.01.2001, Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 17.03.1999. Заявка РСТ: EP 97/04289 (06.08.1997), Публикация РСТ: WO 98/08043 (26.02.1998), Адрес для переписки: 129010, Москва, ул.Большая Спасская 25, стр.3, ООО "Городисский и Партнеры", Емельянову Е.И., Заявитель(и): ФЛЕНСБУРГЕР ФАРЦОЙГБАУ ГЕЗЕЛЛЬШАФТ МБХ (DE),

Автор(ы): ЭНГЕЛЬБРЕХТ Уве (DE), КАМПЕР Йорг (DE), Патентный поверенный: Емельянов Евгений Иванович.

Реферат

1. Устройство для разминирования, состоящее из транспортного средства (12) для разминирования, оснащенного модифицированным бронированным транспортным средством (16) и двигателями жидкого топлива, на передней стороне которого предусмотрено выполненное с возможностью поворота вокруг горизонтальной оси (40) фронтальное навесное устройство для размещения фрезерного барабана (26), который на своей окружной поверхности имеет режущие и разламывающие инструменты (28, 50), отличающееся тем, что предусмотрен приводной блок (58) из первого приводного двигателя (60) и второго приводного двигателя (78), которые по выбору используются как отдельные агрегаты или как совместный блок, что первый приводной двигатель (60) через сцепление (64) с переходным кольцом (68) действует на раздаточную коробку (66) для насосов, которая в свою очередь приводит в действие масляные насосы (70), которые нагружают двигатели (72) для перемещения, воздействующие на понижающие передачи боковых редукторов, что второй приводной двигатель (78) через сцепление (82) с переходным кольцом воздействует на вторую раздаточную коробку (84) для насосов, которая соединена с масляными насосами, приводящими в действие соответствующие фрезерные барабаны (26), что вместо танковой башни на бронированном транспортном средстве (16) оборудована кабина (18) водителя, которая установлена на поглощающие ударное воздействие демпфирующие элементы (20), расположенные по углам прямоугольной в поперечном сечении кабины (18) водителя со стороны дна, и что на транспортном средстве (12) для разминирования предусмотрено заднее навесное устройство с фрезерным барабаном, которое образует устройство для повторного разминирования с используемым фрезерным барабаном (44), за которым расположено транспортировочное и просеивающее устройство (56).

2. Устройство для разминирования по п.1, отличающееся тем, что радиально выступающие из фрезерных барабанов (26, 44) режущие и разламывающие инструменты (28, 50) расположены на внешней поверхности (30, 52) фрезерных барабанов однозаходно или многозаходно по винтовой линии.

3. Устройство для разминирования по п.1, отличающееся тем, что два приводных двигателя расположены друг над другом по вертикале.

4. Устройство для разминирования по п.1 или 3, отличающееся тем, что масляные насосы включены последовательно.

5. Устройство для разминирования по п.1 или 3, отличающееся тем, что масляные насосы включены последовательно попарно.

6. Устройство для разминирования по п.1, отличающееся тем, что надземная часть шасси и/или внутренняя часть ванны имеют дополнительную броню (22, 24).

7. Устройство для разминирования по п.1 или 2, отличающееся тем, что фрезерный барабан (26) во фронтальном навесном устройстве и/или фрезерный барабан (44) с приданным ему транспортировочным и просеивающим устройством (56) в заднем навесном устройстве закреплены временно на транспортном средстве (12) для разминирования (аналог).

8. Устройство для разминирования по п.1, отличающееся тем, что сцепление (64, 82) за приводным двигателем (60, 78) со стороны входа снабжено маховиком (аналог).

Недостатки: невозможность разминирования боеприпасов большой мощности, установленных с элементами без извлечения.

Известно изобретение «СПОСОБ РАЗМИНИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ» ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ, RU 2003110838 А, МПК 7 F41H 11/16. Заявка: 2003110838/02, 15.04.2003, Дата отзыва заявки: 22.05.2004, Дата публикации заявки: 27.12.2004, Адрес для переписки: 454010, г.Челябинск, ОАО "ФНПЦ "Станкомаш", Начальник ОТО, Ю.Д.Болдыреву, Заявитель(и): ОАО "ФНПЦ "Станкомаш" (RU). Автор(ы): Сердцев Николай Иванович (RU), Тарасов Анатолий Игнатьевич (RU), Камшилов Геннадий Дмитриевич (RU), Шальтис Владимир Викторович (RU), Зиновьев Владимир Петрович (RU), Ширинкин Валерий Алексеевич (RU), Котенко Андрей Владимирович (RU).

1. Способ разминирования местности от взрывоопасных предметов, включающий воздействие рабочими органами посредством физического поля на мины и боеприпасы и удаления последних с заминированного участка, отличающийся тем, что воздействие рабочими органами осуществляется посредством магнитного поля, создаваемого источником магнитного поля, поднимающим предметы из ферритового материала, в том числе взрывоопасные, находящиеся в грунте и на его поверхности, с фиксацией поднятых предметов на поверхности источника магнитного поля, причем под воздействием магнитного поля предметы, зафиксированные на поверхности магнитного источника, удерживаются в течение определенного времени, перемещаются в заданную зону и после снятия магнитного по-

ля сбрасываются в места складирования для последующего транспортирования или обезвреживания в процессе разминирования (аналог).

Недостатки: невозможность разминирования боеприпасов большой мощности, установленных с элементами неизвлекаемости.

Известен способ извлечения взрывчатых веществ методом по выплавлению тротила из авиационных бомб и термопластическому выдавливанию взрывчатой начинки из глубинных бомб.

«Севастопольская газета» Тел./факс редакции: +38 (0692) 55-74-66, E-mail: info@gazeta.sebastopol.ua, 99011, Украина, Севастополь, ул. Батумская, 34, 6 от 5 февраля 2004.

«Проблемой утилизации и переработки в свое время занималось Министерство обороны СССР. Под каждый вид боеприпасов стремились создать определенную технологию. К примеру, была разработана технология утилизации артиллерийских снарядов с латунной гильзой, которая составляла 50 процентов от массы выстрела. А на одном из химических заводов внедрили установку по выплавлению тротила из авиационных бомб и термопластическому выдавливанию взрывчатой начинки из глубинных бомб» (аналог).

Недостатки: высокая вероятность срабатывания взрывателя при нагреве боеприпаса. Необходимость перемещения боеприпаса, невозможность разминирования боеприпасов большой мощности, установленных с элементами без извлечения. Во время извлечения взрывчатки она находится рядом с основным зарядом и создает условия общего взрыва при детонации боеприпаса.

Известен способ разминирования методом выплавления взрывчатки из боеприпаса, описанный: Старинов Илья. "Человек-легенда XX века"

<http://www.agentura.ru/dossier/russia/people/starinov/webmaster@agentura.ru>

©Агентура, 2000-2004 гг. «Вблизи городов и сел находилось много неразорвавшихся снарядов. Старинов использовал каждый случай, чтобы исследовать устройство взрывателей. Первые опыты по вправлению взрывчатки из снарядов и бомб дали положительные результаты» (прототип).

Недостатки: высокая вероятность срабатывания взрывателя при нагреве боеприпаса. Необходимость перемещения боеприпаса, невозможность разминирования боеприпасов большой мощности,

установленных с элементами без извлечения. Во время извлечения взрывчатки она находится рядом с основным зарядом и создает условия общего взрыва при детонации боеприпаса.

Технический результат: эффективное извлечение взрывчатого вещества из всего объема боеприпаса не перемещая его с места, лишая боеприпас возможности детонировать всем зарядом, и возможность разминирования боеприпасов имеющих установленные элементы без извлечения и высокая безопасность работы.

Поставленная задача решается тем, что в корпусе боеприпаса сверлятся отверстия для штуцеров для подвода и штуцеров отвода растворителя, причем штуцера подвода растворителя соединены шлангами с гидравлическим насосом, который соединен шлангами с емкостью с растворителем, а в другую емкость от штуцеров отвода растворителя по шлангам поступает насыщенный раствор взрывчатки из боеприпаса, причем отверстия на корпусе боеприпаса располагаются парами так, чтобы каналы отверстий штуцеров подвода и отвода растворителя пересекались для свободного прохода растворителя. Все основные взрывчатые вещества (тротил, гексоген, тетрил и другие на основе нитрования органических веществ) легко растворяются органическими растворителями (бутилацет, ацетон, дихлорэтан, трихлорэтилен и др.). Часть взрывчатых веществ создается из механической смеси различных веществ. Например «аммонит» - смесь тротила и аммиачной селитры с горючим материалом и пластификатором. Большинство компонентов этих смесей составляют соли нитратов или бертолетова соль. Они прекрасно растворяются в воде. При промывке таких боеприпасов сначала вымываются водой соли нитратов, а потом вымываются органическим растворителем остальные компоненты взрывчатки. Какой именно состав и способ промывки определяется экспресс-анализом при взятии образца при сверлении каналов для промывки в корпусе боеприпаса. Вес растворенной взрывчатки определяется по плотности и объему насыщенного раствора.

На чертеже изображен способ разминирования фугасных боеприпасов, установленных с элементами без извлечения.

Статика

Способ разминирования фугасных боеприпасов, установленных с элементами без извлечения, отличается тем, что в корпусе боеприпаса сверлятся отверстия для штуцеров для подвода и штуцеров отвода растворителя, причем штуцера подвода растворителя соединены шлангами с гидравлическим насосом, который соединен шлан-

гами с емкостью с растворителем, а в другую емкость от штуцеров отвода растворителя по шлангам поступает насыщенный раствор взрывчатки из боеприпаса, причем отверстия на корпусе боеприпаса располагаются парами так, чтобы каналы отверстий штуцеров подвода и отвода растворителя пересекались для свободного прохода растворителя.

Работа

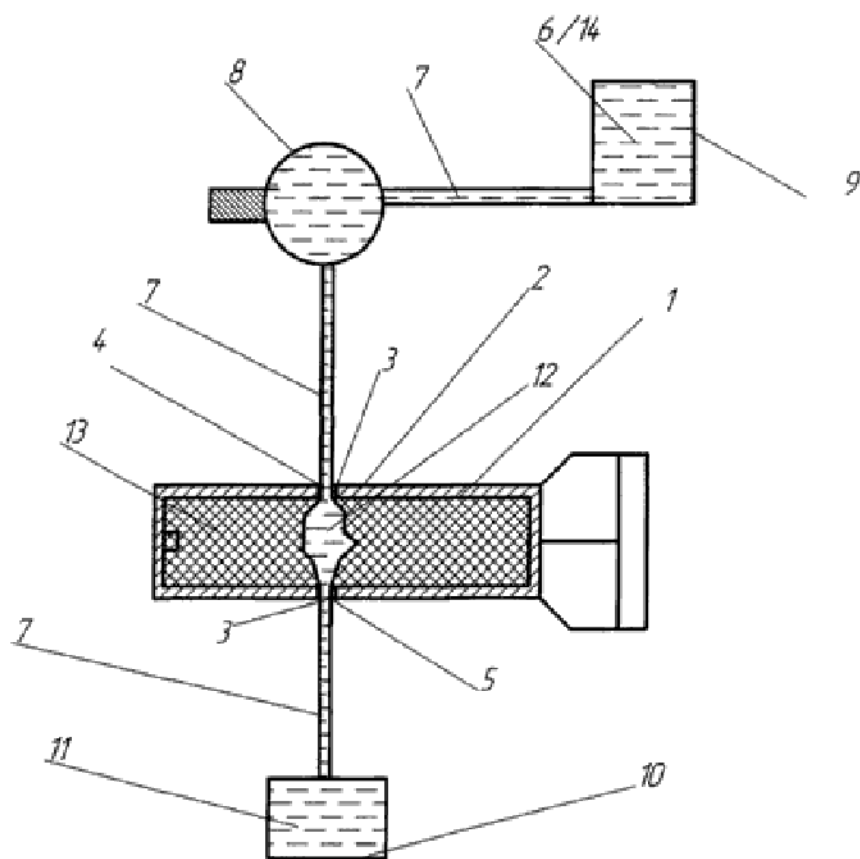
Способ разминирования фугасных боеприпасов, установленных с элементами без извлечения, отличается тем, что в корпусе (1) боеприпаса (2) сверлятся отверстия (3) для штуцеров для подвода (4) и штуцеров отвода (5) растворителя (6), причем штуцера подвода (4) растворителя (6) соединены шлангами (7) с гидравлическим насосом (8), который соединен шлангами (7) с емкостью (9) с растворителем (6), а в другую емкость (10) от штуцеров отвода (5) растворителя (5) по шлангам (7) поступает насыщенный раствор взрывчатки (11) из боеприпаса (2), причем отверстия (3) на корпусе (1) боеприпаса (2) располагаются парами так, чтобы каналы (12) отверстий (3) штуцеров подвода (4) и отвода (5) растворителя (6) пересекались для свободного прохода растворителя (6). Все основные взрывчатые вещества (13) (тротил, гексоген, тетрил и другие на основе нитрования органических веществ) легко растворяются органическими растворителями (6) (бутилацет, ацетон, дихлорэтан, трихлорэтилен и др.) Часть взрывчатых веществ (13) создается из механической смеси различных веществ. Например, «аммонит» - смесь тротила и аммиачной селитры с горючим материалом и пластификатором. Большинство компонентов этих смесей составляют соли нитратов или бертолетова соль. Они прекрасно растворяются в воде. При промывке таких боеприпасов сначала вымываются водой (14) соли нитратов, а потом вымываются органическим растворителем (6) остальные компоненты взрывчатки (13). Какой именно состав и способ промывки определяется экспресс-анализом при взятии образца при сверлении каналов (12) для промывки в корпусе (1) боеприпаса (2).

Технико-экономические показатели у заявленного изобретения значительно выше, т.к. оно обеспечивает разминирование без подрыва на месте фугасных боеприпасов с элементами без извлечения.

Была разминирована граната Ф1 времен Второй Мировой войны методом вымывания тротила растворителем бутилацетат. Процесс занял 10 минут.

Формула изобретения

Способ разминирования фугасных боеприпасов, установленных с элементами без извлечения, отличающийся тем, что в корпусе боеприпаса сверлятся отверстия для штуцеров подвода и штуцеров отвода растворителя, причем штуцера подвода растворителя соединены шлангами с гидравлическим насосом, который соединен шлангами с емкостью с растворителем, а в другую емкость от штуцеров отвода растворителя по шлангам поступает насыщенный раствор взрывчатки из боеприпаса, причем отверстия на корпусе боеприпаса располагаются парами так, чтобы каналы отверстий штуцеров подвода и отвода растворителя пересекались для свободного прохода растворителя.



Перечень позиций

- 1 - корпус
- 2 - боеприпас
- 3 - отверстие
- 4 - штуцер для подвода растворителя
- 5 - штуцер отвода растворителя
- 6 - растворитель
- 7 - шланг
- 8 - гидравлический насос
- 9 - емкость
- 10 - емкость с насыщенным раствором взрывчатки (11)
- 11 - насыщенный раствор взрывчатки
- 12 - канал
- 13 - взрывчатое вещество
- 14 - вода

Литература/Literature:

- Шидловский, А.А. 1973. *Основы пиротехники*.
 Матвейчук, В.В. 2005. *Взрывное дело (Внимание, взрыв): Учебно-практическое пособие*. М: Академический Проект., стр. 512.
 Мингулина, Э.И., Масленникова, Г.Н., & Коровин, Н.В. 1990. *Курс общей химии*. Издательство: Высшая школа.
 Обоснование необходимости утилизации списанных боеприпасов (введение) Скачано с <http://do.gendocs.ru/docs/index-339053.html?page=2>

 RAZMINIRANJE EKSPLOZIVNIH BOJEVIH NAPRAVA
 SA ELEMENTIMA KOJI SE NE IZVLAČE

Aleksandar Ivanovič Golodjaev

Kandidat za zvanje magistra nauka na VGTU,
 Voronjež, Rusija

OBLAST: materijali
 VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak:

Primena načina razminiranja putem ispiranja eksplozivne materije rastvorom utiče da se sačuvaju velike materijalne vrednosti, a smanjuje i rizik od povreda pirotehničara, čiji su poslovi vezani za premeštaj municije do mesta reciklaže. Troškovi za specijalnu vrstu opreme za takve svrhe su minimalni. Tehnologiju je lako automatizovati primenom elektronskog

i daljinski kontrolisanog procesa bušenja koji smanjuje rizik od eksplozije na minimum. Ovakav način razminiranja biće efikasan, naročito u zonama dejstava protiv partizanskog minskog rata.

Ključne reči: eksplozivne bojeve naprave, razminiranje.

NEUTRALISING ORDNANCE WITH NON-EXTENDING ELEMENTS

Alexander Ivanovich Golodyaev

Competitor for the title of Candidate of Sciences in Vilnius Gediminas Technical University, Voronez, Russia

FIELD: Materials

ARTICLE TYPE: Review Paper

Summary:

The method of neutralising ordnance by rinsing explosive materials with a solution enables significant cost saving while reducing the risk pyrotechnic personnel is exposed to, especially during ammunition transport to recycling sites. Costs for necessary special equipment are minimal. The technology is easy to be automated using an electronic and remotely controlled drilling process which reduces the risk of explosion to the minimum. This demining method will prove effective especially for operations against guerrilla mine warfare.

Key words: ordnance, demining.

Дата получения работы/Paper received on: 25. 10. 2013.

Дата получения исправленной версии работы/Manuscript corrections submitted on: 05. 12. 2013.

Дата окончательного согласования работы /Paper accepted for publishing on: 07. 12. 2013.

KINETIC STUDY OF THE CRYSTALLIZATION PROCESS OF THE α -Fe PHASE IN THE AMORPHOUS $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ ALLOY

Bojan Ž. Janković

University of Belgrade, Faculty of Physical Chemistry,
Department of the Dynamics and Structure of Matter,
Belgrade, Serbia

DOI: 10.5937/vojtechg62-4586

FIELD: Materials, Chemical Technology
ARTICLE TYPE: Review Paper

Summary:

The kinetic study of the crystallization process of the α -Fe phase from the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy was investigated by DSC and XRD techniques. The kinetic parameters ($\ln A$, E_a) of the investigated process were determined using the Kissinger and isoconversional (model-free) methods. It was established that the α -Fe crystallization process can be described by the JMA (Johnson-Mehl-Avrami) kinetic equation. In accordance with the XRD analysis and the calculated crystallization parameters ($n = 4$; $m = 3$), it was concluded that the crystallization stages of the considered process can be described by the bulk nucleation and the three-dimensional (3D) growth of nuclei.

Ključne reči: crystallization; amorphous alloys; kinetic analysis; apparent activation energy; XRD; DSC.

Introduction

Amorphous alloys are relatively new materials offering a specific combination of properties and attracting special interest of many scientists during the last two decades. The amorphous state of matter is, however, structurally and thermodynamically unstable and very susceptible to partial or complete crystallization during thermal treatment or non-isothermal compacting. The crucial limitation with respect to using amorphous alloys for high temperature applications arises from their restricted thermal stability. The onset of exothermic crystallization upon crossing the stability domain of the glassy state results in the formation of highly stable, but brittle intermetallic compounds, which renders these

ACKNOWLEDGEMENTS: This research work was partially supported by the Ministry of Science and Environmental Protection of the Republic of Serbia, under Project 172015.

alloys useful only once. The latter imposes the knowledge of alloys stability in a broad range of temperature due to different crystallization processes, which appears during annealing.

Several techniques have been used to study the crystallization of glasses and amorphous metallic alloys, such as differential scanning calorimetry (DSC) (Yinnon, Uhlmann, 1983, pp.253-75), (de Bruijn, et al., 1981, pp.315), (Vásquez, et al., 2003, pp.153), small angle X-ray scattering (dos Santos, et al., 1997, pp.633-636), electrical resistivity (Jones, et al., 1986, pp.216) and ferromagnetic resonance (Balasubramanian, et al., 1990, pp.1636-1639), (de Biasi, Grillo, 1998, pp.233-236).

Soliman, et al. (Soliman, et al., 2004, pp. 57) investigated the crystallization kinetics of melt-spun $\text{Fe}_{83}\text{B}_{17}$ metallic glass ribbons. The X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and differential scanning calorimetry (DSC) were used to investigate the structural and thermal transformations of the $\text{Fe}_{83}\text{B}_{17}$ metallic glass. The activation energy of the crystallization E_c was evaluated using the different theoretical models, and they obtained the following values of E_c : 235.3, 223.6 and 221.0 kJ mol^{-1} . The same authors applied the modified Johnson-Mehl-Avrami (JMA) equation and they concluded that the $\text{Fe}_{83}\text{B}_{17}$ crystallization process is governed by a bulk growth in two dimensions ($n = 2$).

Santos and Santos (dos Santos, dos Santos, 2001, pp.47-52), (dos Santos, dos Santos, 2002, pp.56) investigated the crystallization kinetics of the amorphous alloy Metglass 2605SC ($\text{Fe}_{81}\text{B}_{13.5}\text{Si}_{3.5}\text{C}_2$) using the ferromagnetic resonance (FMR), differential scanning calorimetry (DSC) and X-ray diffraction (XRD). Three exothermal peaks can be seen on the presented DSC curves of the investigated alloy, which shows that the crystallization process includes more than one phase. The calculated value of the Avrami exponent for the low temperature DSC peak is $n = 1.24$, and this value is in good agreement with the FMR results. The obtained results show that the investigated process is diffusion controlled with nucleation rate near zero. The diffraction pattern of Metglass 2605SC shows the amorphous nature of the investigated alloy. The isothermal annealing at $T > 780$ K leads to the appearance of the crystalline α -Fe and Fe_2B_3 in alloy. The crystallization kinetics of Fe-B-Si metallic glasses ($\text{Fe}_{78}\text{B}_{13}\text{Si}_9$ and $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13.5}\text{Si}_{3.5}\text{C}_2$) was investigated by X-ray diffraction performed *in-situ* during Joule-heating, with simultaneous monitoring of the electrical resistance and DSC (dos Santos, dos Santos, 2001, pp.47-52), (dos Santos, dos Santos, 2002, pp.56).

The X-ray measurements show that with the increase of annealed temperature of the investigated alloy, the crystallization of the α -Fe and Fe_2B_3 occurs, while at higher temperatures the metastable γ -Fe phase appears. The determined values of the apparent activation energy, E_a (326 and 329 kJ mol^{-1}) for $\text{Fe}_{78}\text{B}_{13}\text{Si}_9$ and 346, 356 and 558 kJ mol^{-1} for

$\text{Fe}_{81}\text{B}_{13.5}\text{Si}_{3.5}\text{C}_2$ are comparable with the reported values of E_a for amorphous iron alloys. The values of the Avrami exponent for $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13.5}\text{Si}_{3.5}\text{C}_2$ at the first and the third peak ($n_{1,III} = 1.3$) point at the diffusion controlled growth particles of a significant initial volume and the three-dimensional growth of small particles with the zero nucleation rate (dos Santos, dos Santos, 2001, pp.47-52), (dos Santos, dos Santos, 2002, pp.56). The values of the Avrami exponents ($n_I = 1.6$ and $n_{II} = 2.0$) calculated for $\text{Fe}_{78}\text{B}_{13}\text{Si}_9$ are characteristic for the diffusion controlled growth of small particles with a decreasing nucleation rate (dos Santos, dos Santos, 2001, pp.47-52), (dos Santos, dos Santos, 2002, pp.56).

Bearing in mind the above exhibited differences in the proposed mechanisms of the α -Fe crystallization from the amorphous alloy and differences in kinetic models and also in the values of kinetic parameters, in this paper, the crystallization process of α -Fe from $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy was investigated from the kinetic point of view. In order to determine the kinetic triplet for the investigated process, the Kissinger peak method (Kissinger, 1957, pp.1702-6) and the Friedman differential isoconversional method (Friedman, 1964, pp.183-195) were applied.

Materials and experimental details

The ribbon-shaped samples of the $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ amorphous alloy were obtained using the standard procedure of rapid quenching of the melt on a rotating disc (melt-spinning). The obtained ribbon was 2 cm wide and 35 μm thick.

The crystallization process was investigated by differential scanning calorimetry (DSC) in a nitrogen atmosphere using a SHIMADZU DSC-50 analyzer. The sample masses used for DSC measurements were about several milligrams and they were heated in the DSC cell from the room temperature to 650°C in a stream of nitrogen with N_2 flowing at a rate of 20 mL min^{-1} and at the heating rates of 5, 10, 20 and 30 K min^{-1} .

In order to investigate the structural transformations by X-ray diffraction, the samples of the amorphous alloy $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ were annealed at different temperatures (298, 473, 573, 673, 823, 873, 973 and 1103 K) in a stream of nitrogen during 30 min. The X-ray powder diffraction (XRD) patterns were recorded on a Philips PW-1710 automated diffractometer using a Cu tube operated at 40 kV and 30 mA. The instrument was equipped with a diffraction beam curved graphite monochromator and the Xe-filled proportional counter. For the routine characterization, the diffraction data were collected in the range of 2θ Bragg angles (4-100° counting for 0.1 seconds). For the diffraction data used for crystallite size measurements between 40-50°, the Bragg angles were collected using a four-second scan at 0.02° steps, respectively. A fixed 1° divergence and 0.1 mm receiving slits

were used. Silicon powder was used as an external standard for the calibration of the diffractometer. All XRD measurements were done with solid samples in the form of ribbon at the ambient temperature.

Microstructural parameters

The crystallite size dimensions (D_{hkl}) were determined by using an interactive Windows program for profile fitting and the size analysis (Win-fitt). The full-width at half-maximum (FWHM) values of the peaks at the corresponding Bragg angles were fitted assuming a Pearson VII function for a profile.

Microstrain in the investigated sample was calculated by the following equation:

$$\varepsilon_{hkl} = \frac{\psi}{4\text{tg}\theta} \quad (1)$$

where ψ is the width of the diffraction line, which arises only from the structural factors and θ is the Bragg angle.

Methods used to evaluate the crystallization kinetic parameters

Kissinger method

Crystallization kinetics is an important subject in the research of amorphous alloys, and the crystallization apparent activation energy represents the significant part of comprehensive crystallization kinetics. Usually, the Kissinger equation (Kissinger, 1957, pp.1702-6) is used for the determination of apparent activation energy by measuring crystallization temperatures as a function of heating rates. This method assumes that the reaction rate has a maximum value at the peak temperature (T_p). This assumption also implies a constant degree of conversion (α) at T_p . In many cases, the extent of conversion (α_p) at T_p varies with the heating rate (β). However, in the present study, the analysis of the crystallization data shows that α_p is nearly constant, and we may classify the current method as a special case of the KAS (Kissinger-Akahira-Sunose) isoconversional method. The Kissinger equation (Kissinger, 1957, pp.1702-6) can be presented in the following form as:

$$\ln\left(\frac{\beta}{T_p^2}\right) = \ln\left(\frac{AR}{E_a}\right) - \frac{E_a}{RT_p}, \quad (2)$$

where the plot of $\ln(\beta/T_p^2)$ versus $1/T_p$ should give a straight line with the slope, which gives the value of the apparent activation energy (E_a). The pre-exponential factor (A) can be calculated from the intercept value of the estimated straight line.

Isoconversional (model-free) method

The differential isoconversional method was firstly proposed by Friedman (Friedman, 1964, pp.183-195). The basic assumption of the differential isoconversional method is that the reaction rate at a constant conversion value is only a function of temperature. This premise supposes the fact it is accepted to different kinetic parameters, $E_{a,\alpha}$ and A_α , for each value of α over the entire reaction range. The Friedman isoconversional equation can be expressed in the following form:

$$\ln \left[\beta_i \left(\frac{d\alpha}{dT} \right)_{\alpha,i} \right] = \ln [A_\alpha f(\alpha)] - \frac{E_a}{RT_{\alpha,i}} \quad (3)$$

(henceforth, the subscript α designates the values related to a given conversion, and i is an ordinal number of the non-isothermal experiment conducted at the heating rate β_i). By plotting $\ln[\beta_i(d\alpha/dT)_{\alpha,i}]$ against $1/T_{\alpha,i}$, the value of $-E_a/R$ for a given value of α can be directly obtained. Using this equation, it is possible to obtain the values for E_a over a wide range of conversions.

Results and discussion

Fig. 1 shows the XRD patterns of the $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ amorphous ribbon which was annealed at different isothermal temperatures (298 K (1), 473 K (2), 573 K (3), 673 K (4), 823 K (5), 873 K (6), 973 K (7) and 1103 K (8)).

At the presented diffractogram of the non-annealed $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy (298 K), a broad peak with the maximum at $2\theta \approx 46.8^\circ$, characteristic for amorphous materials, can be observed. The annealing of the sample at $T = 473$ K leads to the appearance of a quite sharp peak at $2\theta \approx 83.8^\circ$ (Fig. 1). The increase of annealing temperature in the range of $473 \text{ K} \leq T \leq 823 \text{ K}$ does not lead to considerable changes in the form of diffractograms, except for the decrease in intensity (a.u.) of the peak at $2\theta \approx 83.8^\circ$.

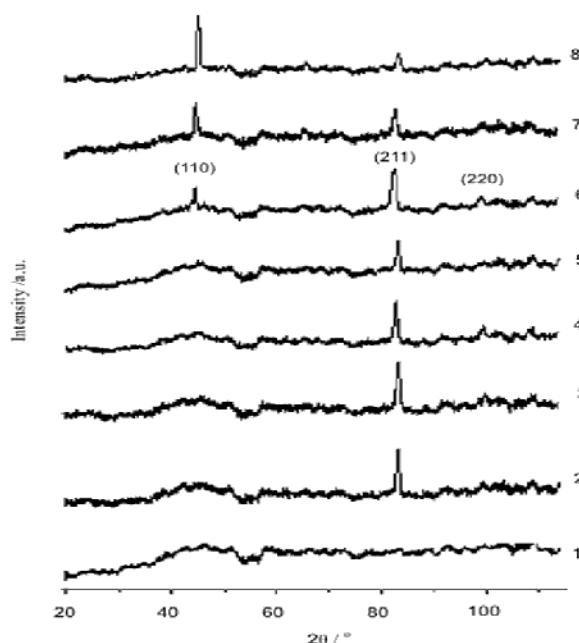


Figure 1 – XRD patterns of the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy in different states, annealed at: 1) 298 K (normal non-annealed state), 2) 473 K, 3) 573 K, 4) 673 K, 5) 823 K, 6) 873 K, 7) 973 K and 8) 1103 K

Slika 1 – XRD prikazi amorfne $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ legure u različitim stanjima, odgrevane na: 1) 298 K (normalno neodgrevano stanje), 2) 473 K, 3) 573 K, 4) 673 K, 5) 823 K, 6) 873 K, 7) 973 K i 8) 1103 K

In the diffractogram of the annealed alloy at $T = 873$ K, in respect to the diffractograms of the same alloy annealed at lower temperatures, the appearance of a peak at $2\theta = 46.8^\circ$ can be observed. Further increase of annealing temperature ($873 \text{ K} \leq T \leq 1103 \text{ K}$) leads to the increase in intensity for the peak at $2\theta \approx 46.8^\circ$ and to the decrease in intensity for the peak at $2\theta \approx 83.8^\circ$.

The comparative semiquantitative X-ray analysis can establish that the broad peak at $2\theta \approx 46.8^\circ$ and the sharp peak at $2\theta \approx 83.8^\circ$ belong to the α -Fe phase (JPC DS No. 066698).

Bearing in mind the dis-arranged ratio of the intensities of the diffraction lines for the α -Fe phase, the sharp peak at $2\theta \approx 83.8^\circ$ can be connected with the structurally deformed α -Fe crystalline phase, while the broad peak at $2\theta \approx 46.8^\circ$ can be connected with the amorphous phase.

If the Scherrer formula for determining the crystallite size was applied on the broad diffraction peak of α -Fe, it can be concluded that in the

non-annealed alloy there are highly disordered clusters of α -Fe, with dimensions of $D_{hkl} \approx 7.1 \times 10^{-10}$ m.

The values of the microstructural parameters of the investigated alloy annealed at different annealing temperatures are presented in Table 1.

The annealing of the alloy at the temperatures $T \leq 973$ K does not lead to significant changes in the microstructure of the formed crystals; however, their relative shares in the annealed alloy decrease. The structurally deformed α -Fe (observed at $T = 473$ K) does not undergo structural changes with the increase of the annealing temperature in the range of $473 \text{ K} \leq T \leq 973 \text{ K}$. The corresponding share of this phase in the alloy increases until a temperature of 823 K, when a newly formed crystal phase appears ($2\theta = 46.8^\circ$). At $T = 973$ K, the dimensions of crystallites sharply decrease and microstrains in the mentioned crystallites significantly increase.

The microstructural properties of the crystalline α -Fe ($2\theta = 46.8^\circ$) formed at a temperature of $T = 873$ K from the amorphous clusters of Fe do not change with an increase of the annealing temperature, but their relative share in the sample increases.

Table 1 – Values of the microstructural parameters of $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy annealed at different temperatures

Tabela 1 – Vrednosti mikrostrukturnih parametara $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ legure odgrevane na različitim temperaturama

Annealing temperature T/K	$2\theta = 46.8^\circ$		$2\theta = 83.8^\circ$	
	$D_{hkl} \times 10^{-10}$ /m	ϵ_{hkl} /%	$D_{hkl} \times 10^{-10}$ /m	ϵ_{hkl} /%
473	-	-	139.7	23
573	-	-	139.7	23
673	-	-	139.7	23
823	113	35	139.7	23
873	113	35	139.7	23
973	113	35	139.7	23
1103	113	35	69.9	42

The kinetic study of phase transformations which appear during the procedure of annealing of the $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy at different temperatures is performed on the basis of the DSC curves recorded at different heating rates. Fig. 2 shows the DSC curves for the $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ ribbon, recorded at four different heating rates (5, 10, 20 and 30 K min^{-1}).

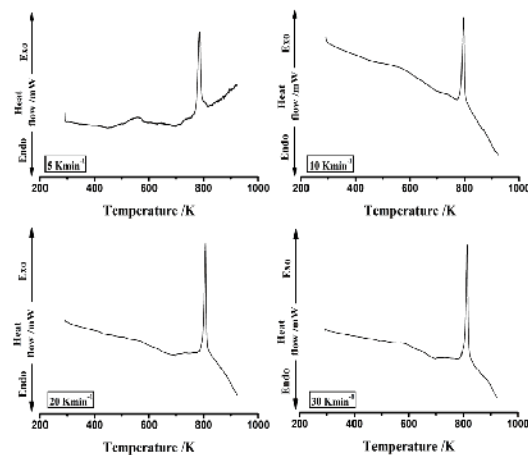


Figure 2 – DSC curves recorded at different heating rates ($\beta = 5, 10, 20$ and 30 K min^{-1}) for the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy

Slika 2 – DSC krive snimljene na različitim brzinama zagrevanja ($\beta = 5, 10, 20$ and 30 K min^{-1}) za amorfnu $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ leguru

On all DSC curves, we can see the broad (the low temperature) peak and the sharp (the high temperature) peak. With an increase of the heating rate (β), the values of the initial (T_i), the maximum (T_p) and the final temperature (T_f) for both peaks (**Table 2**) were shifted to higher values.

Table 2 – The influence of the heating rate (β) on the characteristic temperature values of the DSC curves; The values of the kinetic parameters ($E_{a(I,II)}$ and $\ln A_{(I,II)}$) calculated by the Kissinger method are given in the same Table.

Tabela 2 – Uticaj brzine zagrevanja (β) na karakteristične temperaturske vrednosti DSC krivih; vrednosti kinetičkih parametara ($E_{a(I,II)}$ and $\ln A_{(I,II)}$) izračunatih Kisindžerovom metodom prikazane su u istoj tabeli.

β /K min^{-1}	Low temperature peak (I)					High temperature peak (II)				
	T_i /K	T_p /K	T_f /K	$E_{a,I}$ /kJ mol^{-1}	$\ln A_I$	T_i /K	T_p /K	T_f /K	$E_{a,II}$ /kJ mol^{-1}	$\ln A_{II}$
5	450	558	685	134.0	18.12	765	785	815	351.2	52.75
10	460	565	705			774	793	819		
20	465	575	723			782	804	827		
30	472	582	732			786	811	833		

The volume fraction (the degree of conversion) (α) of the sample transformed into the crystalline phase during the crystallization event has been obtained from the DSC curve as a function of the temperature (T). The volume fraction crystallized, α , at any temperature T is given as $\alpha =$

S_T/S , where S is the total area of the exotherm between the temperature T_i , where the crystallization is just beginning and the temperature T_f , where the crystallization is completed, and S_T is the area between the initial temperature and a generic temperature, T , ranging between T_i and T_f .

The crystallization process which includes the nucleation and growth stages in accordance with the Johnson-Mehl-Avrami (JMA) model (Johnson, Mehl, 1939, pp.416), (Avrami, 1939, pp.1103), (Avrami, 1940, pp.212), (Avrami, 1941, pp.177) can be described by the following equation:

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = \text{Const.} - n \ln \beta \quad (4)$$

where n is the Avrami kinetic exponent which depends on the mechanism and dimensionality of nucleation and growth.

Fig. 3 shows the relation between $\ln[-\ln(1-\alpha)]$ and $-\ln \beta$ (β – is the particular heating rate value) for three fixed temperatures ($T = 791, 793$ and 795 K) (Eq. (4)).

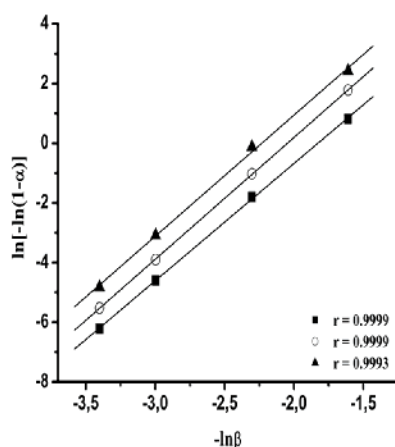


Figure 3 – Plots of $\ln[-\ln(1-\alpha)]$ versus $-\ln \beta$ (β in K min^{-1}) at: (■) 791 K; (○) 793 K and (▲) 795 K
Slika 3 – Prave $\ln[-\ln(1-\alpha)]$ nasuprot $-\ln \beta$ (β u K min^{-1}) na: (■) 791 K; (○) 793 K i (▲) 795 K

From the presented figure (see Fig. 3), the kinetic (Avrami) exponent n , can be calculated using the linear regression (LR) fitting procedure.

The dependence of $\ln[-\ln(1-\alpha)]$ versus $-\ln \beta$ at different temperatures (T) shows high values of the linear correlation coefficient (r). The values of n obtained from the slopes of the linear plots presented in Fig. 3, for the considered crystallization process, are given in Table 3.

Table 3 – The changes of the n values with temperature, for the investigated crystallization process of the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy
Tabela 3 – Promene vrednosti n sa temperaturom, za ispitivani proces kristalizacije amorfne $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ legure

Temperature/K	n
791	3.92
793	4.08
795	4.07
Average	4.00

At all considered temperatures, the values of n , in the limits of the experimental errors, were approximately the same ($n \approx 4.00$). From these results follows that the kinetics of the crystallization process is independent of the temperature and also, in accordance with Henderson (Henderson, 1979a, pp.325-331), (Henderson, 1979b, pp.301), the above results indicate that the nucleation process occurs with a constant rate.

The Kissinger method is used for the determination of the kinetic parameter values (E_a and $\ln A$) for both phase transformations. The Kissinger plots ($\ln(\beta/T_p^2)$ versus $1/T_p$) for both considered phase transformations are shown in Fig. 4 (a) and (b).

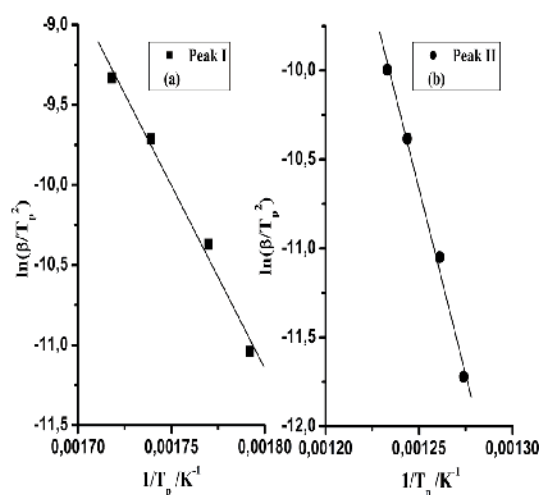


Figure 4 – The Kissinger plots for the low (symbol ■) and high (symbol ●) temperature peak I (a) and II (b) at different heating rates, for the considered crystallization process of the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy

Slika 4 – Kisindžerove prave za nisko temperaturni (simbol ■) i visoko temperaturni (simbol ●) pik I (a) i II (b) na različitim brzinama zagrevanja, za razmatrani proces kristalizacije amorfne $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ legure

From the slope and the intercept of the linear dependence $\ln(\beta/T_p^2)$ versus $1/T_p$, the values of the kinetic parameters (E_a and $\ln A$) are calculated, and the results are presented in Table 2 (columns 5, 6, 10 and 11 in Table 2).

In the case of continuous heating, it can be shown that a generalization of the JMA theory leads to the validation of the Kissinger analysis, through the following equation (Vázquez, et al., 1990, pp.181):

$$n = \left(\frac{d\alpha}{dt} \right)_p RT_p^2 (0.37 \beta E_a)^{-1}, \quad (5)$$

where β is the heating rate, while $(d\alpha/dt)_p$ represents the crystallization rate at the maximum value, i.e., the rate at the peak of an exothermal reaction, detected by the DSC technique. Eq. (5) was derived assuming that usually $E_a \gg RT_p$ and that the crystallized fraction, for the maximum crystallization rate is 0.63 (Bezjak, et al., 2007, pp.1), which is independent of the heating rate and of the Avrami kinetic exponent (Vázquez, et al., 1990, pp.181). From the relation $\alpha = S_T/S$, it could be possible to calculate the crystallization rate function, $d\alpha/dt$. Eq. (5) can then be used to determine the Avrami kinetic exponent, n , as an average of the set of parameters obtained for different heating rates.

The values of the Avrami kinetic exponent for the high temperature peak (Table 2) were calculated using Eq. (5). The following values of n were obtained as: $n = 3.55, 4.23, 4.00$ and 3.68 for $\beta = 5, 10, 20$ and 30 K min^{-1} , respectively. If we compare the average value of n evaluated from Eq. (5) ($n_{av} \approx 3.90$), with an average value of n calculated using Eq. (4) for three selected and fixed temperatures ($n_{av} \approx 4.00$, see Table 3), we can conclude that a good agreement exists between these two values.

By the comparison of the results obtained from the X-ray analysis and the DSC measurements, it can be concluded that the sharp X-ray peak positioned at $2\theta \approx 83.8^\circ$ can be attributed to the processes of rearrangement of the α -Fe clusters, while the peak positioned at $2\theta \approx 46.8^\circ$ can be attributed to the processes of the α -Fe crystallization, during alloy annealing at certain temperature.

In order to determine the influence of nucleation and crystal growth processes on the values of kinetic parameters, the differential isoconversional (model-free) method was applied, and the corresponding dependence of E_a on α was established. According to the isoconversional method, the linear relationships of $\ln[\beta(d\alpha/dT)_{\alpha,i}]$ versus $1/T_{\alpha,i}$ were found for the high temperature DSC peak (Fig. 5). This result describes very well the data obtained from the non-isothermal DSC measurements, in the conversion range (α) of $0.05 \leq \alpha \leq 0.90$.

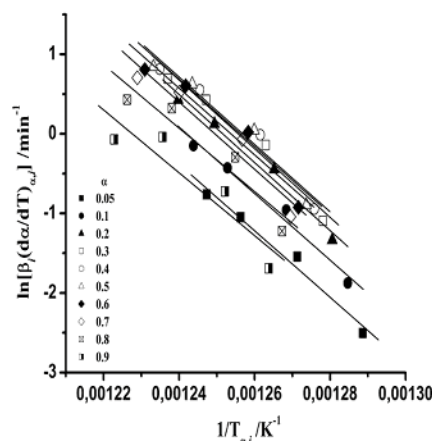


Figure 5 – The dependence of $\ln[\beta(d\alpha/dT)_{\alpha,i}]$ versus $(1/T_{\alpha,i})$ at different values of α , for the crystallization process of the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy (full lines are the linear fitting (linearization) corresponding to different α 's)

Slika 5 – Zavisnost $\ln[\beta(d\alpha/dT)_{\alpha,i}]$ nasuprot $(1/T_{\alpha,i})$ na različitim vrednostima α , za proces kristalizacije amorfne $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ legure (pune linije su linearno fitovanje, linearizacija, koje odgovara različitim α)

The values of the apparent activation energy (E_a) and the apparent intercepts ($\ln[A_0 f(\alpha)]$) were calculated by means of this method, and the obtained results are presented in Fig. 6. Any point in this figure (corresponding to E_a for constant α) was obtained from Eq. (3), within the certain experimental error limits (specified by the error bars).

The Friedman differential method for the calculation of the apparent activation energy values removes the systematic errors due to the approximation of the temperature integral. However, it can be pointed out that the Friedman method introduces large errors for small values of $(\beta d\alpha/dT)$, such as near the onset and sometimes near the end of the reaction (Vyazovkin, Wight, 1998, pp.407), (Munteanu, et al., 2003, pp.1995).

It can be observed that the apparent activation energy for the considered crystallization process is practically constant in $0.05 \leq \alpha \leq 0.90$ range, and its values were found to be $E_a = 347.3 \pm 5.5 \text{ kJ mol}^{-1}$.

The above results indicate that there is a high probability for the presence of a *single-step reaction* (Vyazovkin, 2000, pp.155), (Opfermann, Flammersheim, 2003, pp.1), i.e., this statement is in agreement with the above exhibited unique process of nucleus growth with a value of $E_{a,G} = 347.3 \text{ kJ mol}^{-1}$ (the average value obtained by the differential isoconversional method). The value of the apparent activation energy calculated by the differential isoconversional method is lower than the value of the apparent activation energy calculated by the Kissinger method ($E_{a,Kissinger} = 351.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ (attached to peak II)).

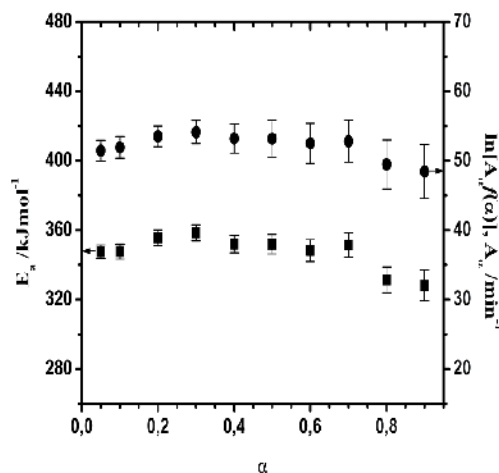


Figure 6 – The apparent activation energy (E_a) (full square symbol) and the apparent intercept ($\ln[A_0 f(\alpha)]$) (full circle symbol) values calculated by the Friedman method, plotted as a function of the fractional conversion (α), for the crystallization process of the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy

Slika 6 – Vrednosti prividne energije aktivacije (E_a) (puni kvadratni simboli) i vrednosti prividnih odsečaka ($\ln[A_0 f(\alpha)]$) (puni kružni simboli) izračunati Fridmanovom metodom, a predstavljeni u funkciji konverzije frakcije (α), za proces kristalizacije amorfne $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ legure

Fig. 7 shows the dependence of $\ln A$ versus α evaluated for the JMA reaction model with $n = 4.0$ (model A4). The values of $\ln A$ for constant α are calculated by introducing the JMA reaction model (A4) in the Friedman apparent intercepts obtained from Fig. 5 (Eq. (3): $\ln[A f(\alpha)]$).

Fig. 7 shows that the values of $\ln A$ follows the same trend as the values of the apparent activation energy on the degree of conversion (α) (Fig. 6). This dependence is evaluated for the JMA model function in the form of $f(\alpha) = 4(1 - \alpha)[- \ln(1 - \alpha)]^{3/4}$ at $n = 4.0$.

It can be pointed out that the crystallization exponent n is connected with the number of growth dimensions (m) and the number of nuclei forming stages (s) (Brown, Dollimore, Galwey, 1980) by the following equation:

$$n = m + s, \quad (6)$$

where m is the number of growth dimensions ($m = 1$ for one-dimensional growth; $m = 2$ for two-dimensional growth (for disc and cylinder) and $m = 3$ for three-dimensional growth (for sphere and half-sphere)), s is the number of the nuclei forming stages ($s = 0$ for the instantaneous nucleation; $s = 1$ for the constant nucleation rate, and $s > 1$ for the self-acceleratory nucleation rate). In order to describe in detail the considered crystallization process, the value of the parameter m should be determined.

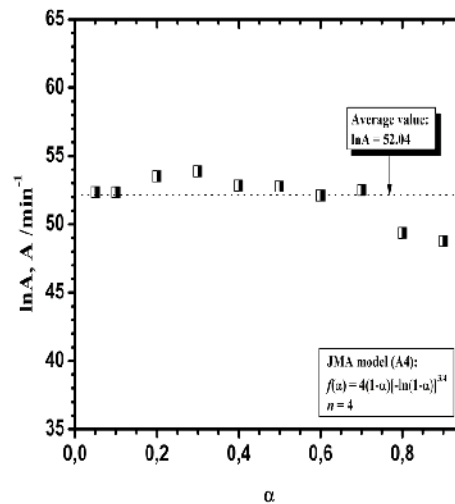


Figure 7 – The logarithm of the pre-exponential factor ($\ln A$) calculated from the differential (Friedman) isoconversional method as a function of the fractional conversion (α) for function $f(\alpha) = 4(1 - \alpha)[- \ln(1 - \alpha)]^{3/4}$ ($n = 4.0$), in the case of the crystallization process of the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy (the dot line represents the average value of $\ln A$)

Slika 7 – Logaritam predeksponencijalnog faktora ($\ln A$) izračunat iz diferencijalne (Fridman) izokonzervacione metode u funkciji konverzije frakcije (α) za funkciju $f(\alpha) = 4(1 - \alpha)[- \ln(1 - \alpha)]^{3/4}$ ($n = 4.0$), u slučaju procesa kristalizacije amorfne $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ legure (tačkasta linija predstavlja srednju vrednost $\ln A$)

In accordance with Farjas and Roura (Farjas, Roura, 2006, pp.5573), the fractional extent of the reaction can be expressed as:

$$\alpha = 1 - \exp \left\{ - \left[AC \frac{E_a}{\beta R} p \left(\frac{E_a}{RT} \right) \right]^{m+1} \right\} \quad (7)$$

where E_a represents the overall apparent activation energy ($E_a = (E_{a,N} + m \cdot E_{a,G})/n$), and C is a constant that depends on m , $E_{a,N}$ and $E_{a,G}$

$$C \equiv \left[\frac{(m+1)! E_a^{m+1}}{\prod_{i=0}^m (E_{a,N} + i E_{a,G})} \right]^{\frac{1}{m+1}} \quad (8)$$

The function $p(E_a/RT)$ in Eq. (7) represents the temperature integral, with the reduced apparent activation energy expressed as $x = E_a/RT$.

Taking the double-logarithmic form of Eq. (7), it follows:

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = (m+1)\ln\left(p\left(\frac{E_a}{RT}\right)\right) + (m+1)\ln\left(AC\frac{E_a}{\beta R}\right) \quad (9)$$

By substituting $p(x)$ by its first-order approximation (Woldt, 1992, pp.521), (Ruitenbergh, et al., 2001, pp.97), (Starink, 2003, pp.163) gives:

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = (m+1)\ln\left[\frac{\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)}{\left(\frac{E_a}{RT}\right)^2}\right] + (m+1)\ln\left(AC\frac{E_a}{\beta R}\right). \quad (10)$$

It can be easily verified numerically that the plot of $\ln(p(x))$ versus x for $20 < x < 60$ exhibits a clear linear trend as: $\ln(p(x)) \approx -5.2813 - 1.051x$ (Starink, 2003, pp.163). Therefore, Eq. (10) can be reduced to Eq. (11):

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = -1.051(m+1)\frac{E_a}{RT} + (m+1)\ln\left(AC\frac{E_a}{\beta R}\right) - 5.2813 \quad (11)$$

Thus, the plot of $\ln[-\ln(1-\alpha)]$ as a function of the reciprocal absolute temperature is linear with a slope of $-1.051 \times (m+1)E_a/R$.

The straight line dependence between $\ln[-\ln(1-\alpha)]$ and $(1/T)$ at all considered heating rates was obtained. Based on the above facts, the calculation of the parameter m is possible.

The values of the parameters m and s obtained at different heating rates (β) for the investigated crystallization process of the α -Fe phase, in $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ amorphous alloy are given in Table 4.

Table 4 – The dependence of the m and s parameter values on the heating rate β , for the crystallization process of the amorphous $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy

Tabela 4 – Zavisnost vrednosti m i s parametara od brzine zagrevanja β , za proces kristalizacije amorfne $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ legure.

β /K min ⁻¹	m	s
5	2.84	1.16
10	3.08	0.92
20	3.22	0.78
30	2.84	1.16
Average	3.00	1.00

Based on the obtained values of the parameters m and s , at different heating rates (Table 4), we can assume that the nucleation process of the α -Fe phase occurs within the amorphous alloy with a constant rate. The growth of α -Fe crystallites occurs in three geometrically effective directions (the three-dimensional (3D) growth) and this process also proceeds with a constant rate.

Conclusion

Bearing in mind all the above exhibit results, we can establish the following conclusions:

i) In the non-annealed sample of the $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ alloy, there are highly disordered clusters of the α -Fe phase.

ii) The isothermal annealing of the alloy sample at $T = 473$ K leads to the formation of the structurally deformed crystalline α -Fe phase of nano-dimensions i.e., the simultaneous existing of the amorphous non-crystalline α -Fe phase in the sample.

iii) Further crystallization of α -Fe in the considered alloy at a higher annealing temperature precedently follows the phase transformation within the α -Fe cluster by a disorder-order type with $E_{a,1} = 134.0$ kJ mol⁻¹ and $\ln A_1 = 18.12$.

iv) The isothermal crystallization was governed on the previously formed nucleuses of the α -Fe phase, with the three-dimensional (3D) growth of α -Fe crystal germs.

v) The kinetics of the non-isothermal crystallization was described by the JMA (Johnson-Mehl-Avrami) equation with the following values of the kinetic parameters: $m = 3.0$, $s = 1.0$ ($n = 4.0$) and $E_a = 347.3$ kJ mol⁻¹.

vi) At $T > 973$ K, the structurally deformed crystalline phase of α -Fe was dissolved and it participated in the crystal growth of the crystalline α -Fe.

The obtained DSC (the two peaks were found – peak I and II), the XRD results, and in addition, the kinetic description of the crystallization process are contrary to the results obtained by the Santos and Santos (dos Santos, dos Santos, 2001, pp.47-52), (dos Santos, dos Santos, 2002, pp.56). These facts point to the physico-chemical and microstructural differences between the investigated samples, which are caused by the different procedures of their preparation.

Literature

- Avrami, M. 1939. . *J. Chem. Phys.*, 7, p 1103.
 Avrami, M. 1940. . *J. Chem. Phys.*, 8, p 212.
 Avrami, M. 1941. Granulation, phase change, and microstructure: Kinetics of phase change. III. *Journal of Chemical Physics*, 9(2), p 177.
 doi:10.1063/1.1750872

- Balasubramanian, G., Tiwari, A.N., & Srivastava, C.M. 1990. Applicability of FMR for crystallization studies in metallic glasses. *Journal of Materials Science*, 25(3), pp. 1636-1639. doi:10.1007/BF01045363
- Bezjak, A., Kurajica, S., & Šipušić, J. 2007. . *Croat. Chem. Acta*, 80, p 1.
- Brown, W.E., Dollimore, D., & Galwey, A.K. 1980. *Reactions in the solid state*. Amsterdam: Elsevier.
- de Biasi, R.S., & Grillo, M.L.N. 1998. . *J. Alloys Comp.*, 279, pp. 233-236.
- de Bruijn, T.J.W., de Jong, W.A., & van den Berg, P.J. 1981. . *Thermochim. Acta*, 45, p 315.
- dos Santos, D.R., Torriani, I.L., Ramos, A.Y., & Knobel, M. 1997. Small-Angle X-ray Scattering Study of Nanocrystalline and Amorphous States of the Fe_{73.5}CuNb₃Si_{13.5}B₉ Alloy. *Journal of Applied Crystallography*, 30(5), pp. 633-636. doi:10.1107/S0021889897001891
- dos Santos, D.R., & dos Santos, D.S. 2001. . *Mater. Res.*, 4, pp 47-52.
- dos Santos, D.S., & dos Santos, D. 2002. . *Journal of Non-Crystalline Solids*, 304(1-3), p 56. doi:10.1016/S0022-3093(02)01004-9
- Farjas, J., & Roura, P. 2006. . *Acta Materialia*, 54, p 5573.
- Friedman, H.L. 1964. Kinetics of thermal degradation of charforming plastics from thermogravimetry. Application to a phenolic plastic. *J. Polym. Sci.*, 6, pp 183-195.
- Henderson, D.W. 1979a. Experimental analysis of non-isothermal transformations involving nucleation and growth. *Journal of Thermal Analysis*, 15(2), pp 325-331. doi:10.1007/BF01903656
- Henderson, D.W. 1979b. . *J. Non-Cryst. Solids*, 30, p 301.
- Johnson, W.A., & Mehl, R.F. 1939. . *Trans. Amer. Inst. Min. Metal. Petro. Eng.*, 135, p 416.
- Jones, G.A., Bonnett, P., & Parker, S.F.H. 1986. . *J. Magn. Magn. Mater.*, 58, p 216.
- Kissinger, H.E. 1957. Reaction kinetics in differential thermal analysis. *Anal. Chem.*, 29, pp 1702-6. doi:10.1021/ac60131a045
- Munteanu, G., Budruga, P., Ilieva, L., Tabakova, T., Andreeva, D., & Segal, E. 2003. . *J. Mater. Sci.*, 38, p 1995.
- Opfermann, J.R., & Flammersheim, H.J. 2003. . *Thermochim. Acta*, 397, p 1. doi:10.1016/S0040-6031(02)00169-7
- Ruitenbergh, G., Woldt, E., & Petford-Long, A.K. 2001. . *Thermochim. Acta*, 378, p 97.
- Soliman, A.A., Al-Heniti, S., Al-Hajry, A., Al-Assiri, M., & Al-Barakati, G. 2004. . *Thermochim. Acta*, 413, p 57.
- Starink, M.J. 2003. . *Thermochim. Acta*, 404, p 163.
- Vázquez, J., Ligeró, R.A., Villares, P., & Jiménez-Garay, R. 1990. . *Thermochim. Acta*, 157, p 181.
- Vásquez, J., López-Alemán, P.L., Villares, P., & Jiménez-Garay, R. 2003. . *J Alloys Comp.*, 354, p 153.

Vyazovkin, S. 2000. . *Thermochim. Acta*, 355, p 155.

Vyazovkin, S., & Wight, C.A. 1998. . *Int. Rev. Phys. Chem*, 17, p 407.

Woldt, E. 1992. . *J. Phys. Chem. Solids*, 53, p 521.

Yinnon, H., & Uhlmann, D.R. 1983. Applications of thermoanalytical techniques to the study of crystallization kinetics in glass-forming liquids, Part I: Theory. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 54(3), pp. 253-75. doi:10.1016/0022-3093(83)90069-8

KINETIČKO ISPITIVANJE PROCESA KRISTALIZACIJE α -Fe FAZE IZ AMORFNE LEGURE $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$

OBLAST: materijali, hemijske tehnologije

VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak:

Kinetičko ispitivanje procesa kristalizacije α -Fe faze iz amorfne legure $\text{Fe}_{81}\text{B}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ ispitan je pomoću DSC i KSRD tehnike. Kinetički parametri (LNA, E_a) kod ispitivanih procesa određeni su korišćenjem Kisindžer metode i "isoconversional" metode. Utvrđeno je da se α -Fe proces kristalizacije može opisati JMA (Johnson-Mehl-Avrami) kinetičkom jednačinom. U skladu sa KSRD analizom i izračunatim parametrima kristalizacije ($n = 4$, $m = 3$), zaključeno je da se faze procesa kristalizacije mogu opisati rasutom nukleacijom i trodimenzionalnim (3D) rastom jezgara.

Ključne reči: kristalizacija, amorfne legure, kinetička analiza, prividna energija aktivacije, XRD, DSC.

Datum prijema članka/Paper received on: 04. 10. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 20. 12. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 22. 12. 2013.

ANALITIČNOST U DEFINISANJU STRATEGIJSKIH OPCIJA NA PRIMERU RAZVOJA MULTIMODALNOG TRANSPORTA U VOJSCI SRBIJE

Srđan D. Ljubojević ^a, Srđan H. Dimić ^b, Nikola M. Luković ^c

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

^b Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Sektor za politiku odbrane, Uprava za stratejsko planiranje, Beograd

^c Vojska Srbije, V i PVO, 250. rbr za PDV, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg62-2068

OBLAST: strateški menadžment, saobraćaj
VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak:

Brza i intenzivna dejstva, povećane potrebe za komuniciranjem i potencijalni zadaci mobilnijih i samostalnih jedinica zahtevaju od vojnih organizacija da razvijaju i usavršavaju sistem logističke podrške, usmeravajući ga ka potrebama zajedničkih, multinacionalnih i integrisanih snaga. Zato Vojska Srbije mora projektovati svoju organizaciju i razviti sposobnosti da se, po potrebi, brzo prestrukturiše. U skladu s tim mora prilagoditi i svoj stratejski razvoj, ne bi li postala deo multinacionalnog tima.

Specifičnost delatnosti vojne organizacije implicira zahtev za analitičkim pristupom u procesima odlučivanja, kako na taktičkom i operativnom, tako i na stratejskom nivou. Stratejske odluke, po svojoj prirodi, zahtevaju veliku dozu intuitivnosti i iskustva donosilaca odluka. U radu je prikazana mogućnost analitičnog pristupa definisanju strategije, kombinovanjem menadžment metoda. Istovremeno, rad je pragmatično usmeren ka definisanju strategije razvoja multimodalnog transporta u Vojski Srbije, kao jednom u nizu izazova pred kojim će se, u najskorijoj budućnosti, Vojska naći.

Ključne reči: multimodalni transport, strategija razvoja, odlučivanje, vojska.

Uvod

U sistemu odbrane Republike Srbije poslednjih godina sprovode se značajne promene, čiji je opšti cilj transformacija sistema i svih njegovih segmenata, u skladu sa savremenim izazovima i pretnjama bezbednosti, odnosno potrebama i mogućnostima Republike Srbije.

Sistem odbrane Republike Srbije suočava se sa velikim problemima, kao uostalom i sistemi odbrane velikog broja zemalja u svetu. Svetska finansijska kriza nije zaobišla ni Republiku Srbiju, pa su i mogućnosti za finansiranje sistema odbrane smanjene. Kao ključni element sistema odbrane, savremene oružane snage svoju ulogu realizuju u kompleksnim, nestabilnim i dinamičkim uslovima. Gotovo svakodnevno se suočavaju sa novim zahtevima i zadacima, a obim budžetskog izdvajanja za njihove potrebe, istovremeno, beleži trend stalnog smanjenja.

Ograničenost sredstava nameće prihvatanje analitičkog, u osnovi ekonomskog stanovišta u menadžmentu, koje karakterišu:

- potreba za efektivnim iskorišćenjem resursa koji stoje na raspolaganju,
- dugoročni uticaj donetih odluka na kvalitet i brzinu razvoja i sposobnosti sistema u budućnosti,
- neophodnost da se bude efikasan, što odgovara brizi da se utvrđeni ciljevi ostvare sa adekvatnim realno raspoloživim resursima, i
- obaveza da se zakonito i transparentno raspolaže sredstvima, kao i da se permanentno kontroliše utrošak sredstava za ostvarivanje planiranih ciljeva, i dr.

U skladu sa aktuelnom ekonomskom situacijom u zemlji, izražena je potreba racionalnog korišćenja raspoloživih resursa i sprovođenja održivih strategija razvoja.

Specifičnost delatnosti vojne organizacije implicira zahtev za analitičkim pristupom u procesima odlučivanja, kako na taktičkom i operativnom, tako i na strategijskom nivou (Ljubojević, 2010).

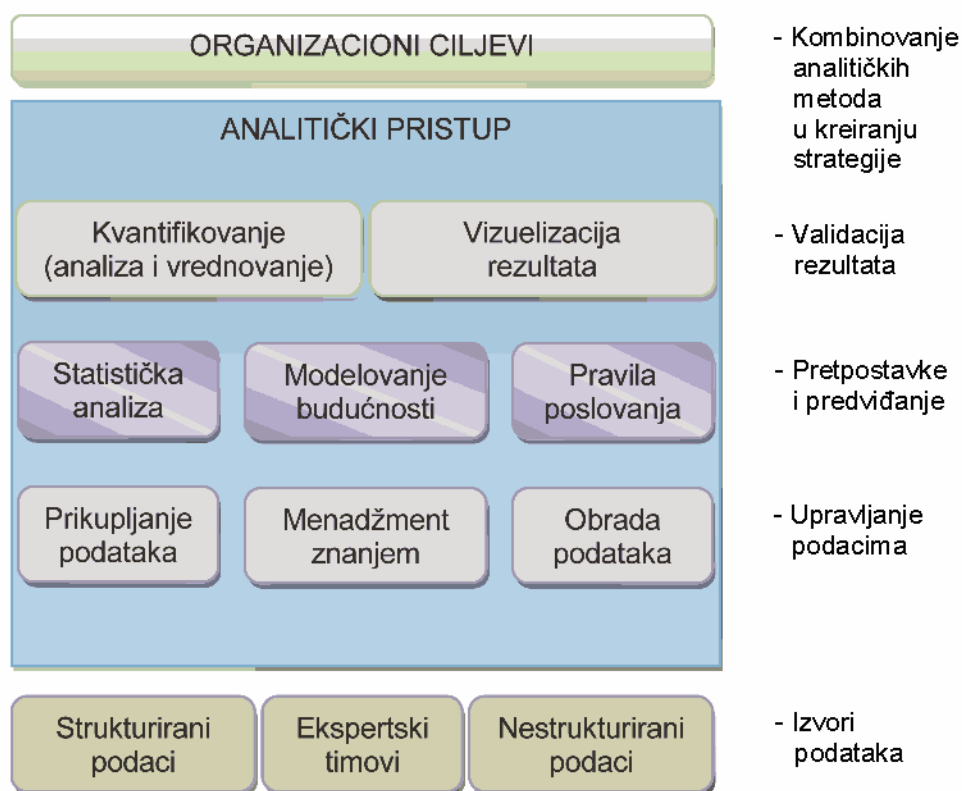
Upravljanje razvojem vojne organizacije podrazumeva mnogo problema i izazova. Polaznu osnovu, u svim segmentima njenog delovanja, sigurno čini pravilno shvatanje i analiza internog i eksternog okruženja, na osnovu kojih se definišu realne i održive strategijske opcije.

Analitički okvir za kreiranje strategije

Definisana strategija mora se bazirati na osnovnim ciljevima organizacije, koji opet zahtevaju pravilnu percepciju svih relevantnih činilaca. Sa aspekta opravdanosti strategijskog izbora, naročito u organizacijama vojnog karaktera, uvek se težilo analitičkom argumentovanju. U tom smislu, analitički okvir za mapiranje i shvatanje relevantnih faktora, te kreiranje adekvatne strategije, obuhvata nekoliko osnovnih komponenti (slika 1), iako je, u načelu, situacionog karaktera. Te komponente su:

- eksperti i ekspertske timovi (treba imati u vidu da je uloga čoveka – poznavaoaca određene oblasti poslovanja nezaobilazna u pravilnom shvatanju i analizi okruženja, bez obzira na razvijenost i dostignuća savremenih informacionih tehnologija),

- menadžment znanjem (pravilna upotreba znanja stečenog analizom okruženja je nužna, jer participacija eksperata predstavlja samo jedan segment uspeha),
- prikupljanje i obrada podataka (primena naučnih metoda i tehnika obezbeđuje analitičnost u prikupljanju i naročito u obradi podataka),
- predikcija (potvrda pretpostavki i predviđanje na bazi statističkih i drugih metoda, uz izradu modela budućnosti i uvažavanje principa i pravila poslovanja), i
- kvantifikacija i vizualizacija očekivanih rezultata (analiza i vrednovanje očekivanih benefita implementacije strategije i ostvarenja željenih ciljeva).



Slika 1 – Komponente analitičkog pristupa kreiranju strategije
Figure 1 – Components of the analytical approach to creating a strategy

Uvažavajući navedeni analitički okvir, polazište vojnog menadžmenta u kreiranju strateških opcija razvoja predstavlja definisanje područja svoje odgovornosti i identifikacija prioriteta u tom domenu. Sa druge stra-

ne, završna faza procesa kreiranja jeste izbor jedne iz skupa definisanih strategijskih opcija. Tokom celokupnog procesa aktivnu ulogu treba da imaju svi stejkholderi¹ i saradnici zainteresovani za ostvarenje krajnjeg cilja (od zaposlenih na svim nivoima hijerarhije organizacije, u slučaju Vojske Srbije to bi bile sve organizacione celine, do eksperata angažovanih iz spoljašnjeg okruženja organizacije).

Portfolio analiza saobraćajne podrške

Brza i intenzivna dejstva, povećane potrebe za komuniciranjem i potencijalni zadaci mobilnijih i samostalnijih jedinica zahtevaju od vojnih organizacija da razvijaju i usavršavaju sistem logističke podrške, usmeravajući ga ka potrebama zajedničkih, multinacionalnih i integrisanih snaga. Zato Vojska mora projektovati svoju organizaciju i razviti sposobnosti da se, po potrebi, brzo prestrukturira. U skladu s tim mora prilagoditi i svoj strategijski razvoj, ne bi li postala deo multinacionalnog tima.

Održiva strategija razvoja je neophodna, kako Vojsci u celini, tako i svim njenim podsistemima i funkcijama ponaosob. Jednu od njenih veoma važnih funkcija iz domena logističke podrške, koja zahteva brze promene i za koju je u najskorije vreme potrebno definisati adekvatnu strategiju razvoja, predstavlja funkcija saobraćaja i transporta, kojom Vojska integriše sve ostale aspekte svog funkcionisanja i zadovoljava svoje potrebe za kretanjem ljudi i sredstava, odnosno potrebe za mobilnošću jedinica.

Shodno tome, a s obzirom na definisane misije Vojske, posebno misiju učešća u izgradnji i očuvanju mira u regionu i svetu, i do sada realizovane organizacione promene (prelazak sa koncepta pozadinskog obezbeđenja na koncept logističke podrške), a uvažavajući navedeni analitički okvir za kreiranje strategijskih opcija, najpre treba preispitati položaj i ulogu pojedinih područja funkcionisanja – aspekata saobraćajne podrške Vojske.

U radu su prikazani rezultati istraživanja sprovedenog prevashodno u organima saobraćajne podrške Vojske, ali i njihovim komandno pretpostavljenim instancama, korisnicima usluga i saradnicima iz domena saobraćajne podrške. Za adekvatan pristup dijagnozi sadašnjeg stanja i usklađenosti saobraćajne podrške sa doktrinom i vizijom funkcionisanja sistema koji podržava, izabran je odgovarajući portfolio model, kao analitička osnova za uspostavljanje balansa u funkcionisanju saobraćajne podrške, sa stanovišta izmenjenih zahteva.

¹ Stejkholderi (eng. stakeholders – investitor, zainteresovana strana) – pojedinci, grupe, društvene sredine, socijalni akteri ili organizacije/institucije koje imaju direktne i indirektno interesne ili druge veze sa posmatranom organizacijom i koje na jednom ili na više nivoa utiču na ciljeve, strukturu, ponašanje organizacije i sl.

Portfolio² model McKinsey/General Electric, tj. matrica atraktivnost industrije/snaga posla (Todorović, et al., 2000), uz određene modifikacije, primeren je iskazanom zahtevu za portfolio analizu. Modifikacija se sastoji u izmenjenom karakteru promenljivih u modelu. Za potrebe analize aspekata saobraćajne podrške, pogodne promenljive su *atraktivnost posla* (u smislu atraktivnosti, odnosno aktuelnosti potreba za egzistencijom i razvojem određenog aspekta saobraćajne podrške) i *snaga posla* (u smislu zastupljenosti i razvijenosti konkretnog aspekta).

U portfolio modelu vrednovanje navedenih promenljivih vrši se na osnovu prošlih i aktuelnih podataka o poslovanju i na osnovu predviđanja budućih trendova eksternih faktora i željene pozicije internih faktora. Relativni značaj pojedinih faktora diferenciran je pozicioniranjem u matrici 3x3, gde su ocene promenljivih graduirane skalama lingvističkih izraza (za promenljivu *snaga posla*: slaba – srednja – jaka, odnosno za promenljivu *atraktivnost posla*: niska – srednja – visoka).

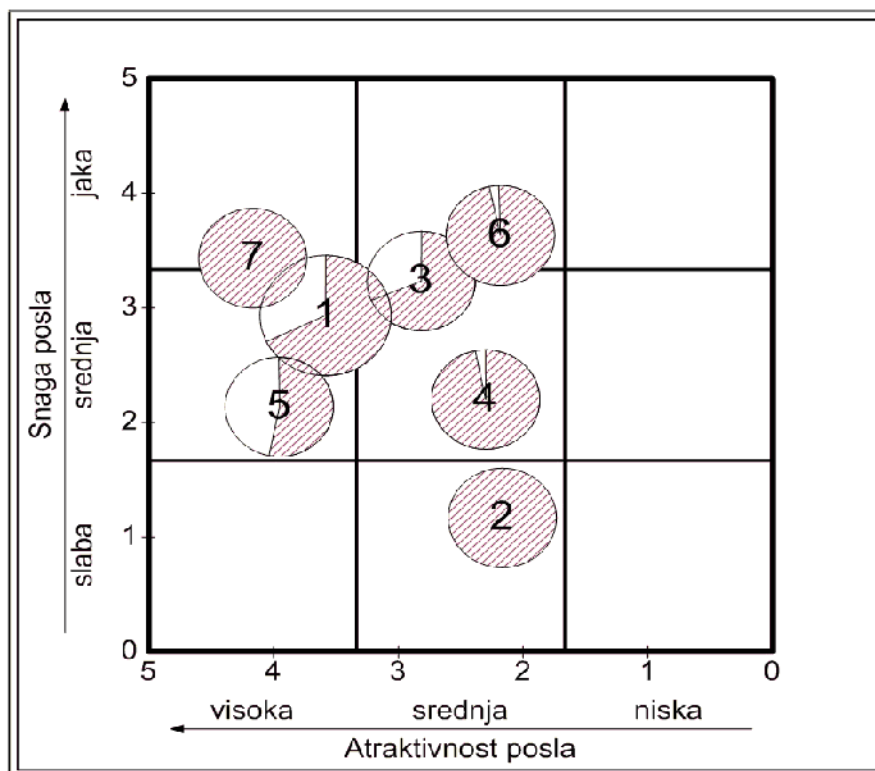
Pojedini aspekti saobraćajne službe u matrici prikazani su krugovima, gde je centar kruga pozicioniran u odnosu na numerički izraženu ocenu atraktivnosti posla, odnosno ocenu snage posla. Površina kruga u ovom slučaju reprezentuje „veličinu tržišta” – prisustvo i potrebu za razvijanjem određenog aspekta saobraćajne službe, a površina šrafiranog dela kruga „veličinu tržišnog učešća” – razvijenost konkretnog aspekta (delatnosti).

Faktori utvrđenih promenljivih, njihov relativni značaj, kao i njihove vrednosti sa stanovišta određenog faktora – rejting, u sadašnjem trenutku, ali i u budućnosti (u predviđajućem periodu od deset godina), generisani su na osnovu statističke obrade stavova i mišljenja prikupljenih u pomenutoj populaciji metodama anketiranja i intervjuisanja.

Konačan ishod portfolio analize odabranih aspekata saobraćajne podrške Vojske prikazan je na slici 2 i slici 3.

Analizom sadašnje pozicije različitih aspekata saobraćajne službe (slika 2), smeru njihovog kretanja i pozicije tih aspekata u budućnosti (slika 3) mogu se uočiti prednosti i nedostaci svakog aspekta ponaosob. Najveća disfunkcionalnost uočava se u domenu poslova kod kojih je došlo do najveće promene u sadašnjoj i budućoj poziciji ili do najveće promene u sadašnjoj i budućoj veličini tržišta i tržišnog učešća.

² Portfolio (fra. portefeuille – fascikla, tašna) – koncept menadžmenta koji pruža analitičku osnovu za upravljanje celokupnim poslovanjem sa stanovišta diverzifikovanih zahteva.

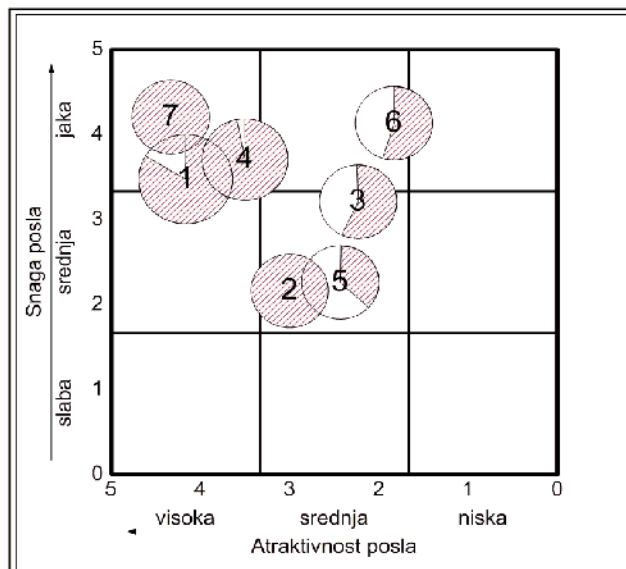


Aspekti saobraćajne podrške:

1. Prevoz ljudstva i transport materijalnih sredstava
2. Upravljanje vojnim saobraćajem
3. Regulisanje i kontrola vojnog saobraćaja
4. Multimodalni transport
5. Transport opasnih materija
6. Obuka iz domena saobraćajne službe
7. Bezbednost vojnog saobraćaja.

Slika 2 – Matrica atraktivnost posla/snaga posla za aspekte saobraćajne podrške (sadašnje pozicije poslova iz domena saobraćajne službe VS)

Figure 2 – Job attractiveness / job strenght matrix for the aspects of movement and transportation service (Curent positions of the movement and transportation service jobs in the Army of Serbia)



Aspekti saobraćajne podrške:

1. Prevoz ljudstva i transport materijalnih sredstava
2. Upravljanje vojnim saobraćajem
3. Regulisanje i kontrola vojnog saobraćaja
4. Multimodalni transport
5. Transport opasnih materija
6. Obuka iz domena saobraćajne službe
7. Bezbednost vojnog saobraćaja.

Slika 3 – Matrica atraktivnost posla/snaga posla za aspekte saobraćajne podrške (buduće pozicije poslova iz domena saobraćajne službe VS)

Figure 3 – Job attractiveness / job strenght matrix for the aspects of movement and transportation service (Further positions of the movement and transportation service jobs in the Army of Serbia)

Evidentno je da je među razmatranim poslovima posebno interesantan problem razvoja multimodalnog³ transporta. Postupak obrade ulaznih podataka, za aspekt multimodalnog transporta u Vojsi, detaljno je razradio Ljubojević (2010).

Sam problem, u najkraćem, može se definisati kao pitanje izbora strategije razvoja multimodalnog transporta u Vojsi, odnosno kao pitanje: koji su adekvatni strategijski pravci razvoja multimodalnog transporta

³ Multimodalni transport – transport koji se realizuje uz upotrebu transportnih sredstava različitih vidova ili grana saobraćaja i primenu savremenih tehnologija transporta (palete, konteneri, izmenljivi sudovi i sl.).

u Vojsci, ako tehnologije multimodalnog transporta treba da doprinesu obezbeđenju potrebne brzine i kontinuiteta snabdevanja materijalnim sredstvima, uz istovremenu zahtevanu pokretljivost logističkih jedinica?

Analiza stanja u oblasti multimodalnog transporta u Vojsci Srbije

Problem definisanja strategije razvoja multimodalnog transporta u Vojsci u nadležnosti je stručnog organa saobraćajne službe. Problem je multidisciplinarnog karaktera i ima implikacije na širok spektar delatnosti u domenu saobraćajne podrške, ali i van nje, tako da se može smatrati opštim problemom celokupne Vojske. Značajan je usled svoje aktuelnosti i urgentnosti rešavanja, s obzirom na organizacione promene i zahteve da Vojska razvije nove sposobnosti, radi unapređenja svog funkcionisanja i ostvarivanja interoperabilnosti u multinacionalnom okruženju. Problem egzistira tokom proteklih 20 do 30 godina i, iako je bilo određenih pokušaja njegovog rešavanja, još uvek nema adekvatno rešenje.

Dva osnovna pojavna oblika ovog problema ogledaju se u nepotpunom iskorišćenju prednosti prisutnih tehnologija multimodalnog transporta (dominantan je sistem paletizacije) i u relativno statičnom sistemu logističke podrške. Posledice se osećaju u funkcionisanju svih segmenata Vojske, a najviše u procesima snabdevanja. U slučaju nerešavanja problema multiplicirali bi se problemi u budućem funkcionisanju (prvenstveno u radu u multinacionalnom okruženju i pri saradnji sa oružanim snagama drugih država).

Usled toga, potrebno je definisati adekvatnu strategiju razvoja i realan plan implementacije odgovarajućih tehnologija multimodalnog transporta u Vojsci. Izabrana strategija treba da obezbedi uslove za zahtevanu taktičku i operativnu pokretljivost jedinica, zahtevanu pokretljivost borbenih rezervi, brzu dekoncentraciju materijalnih sredstava u ratnoj rezervi, neprekidne tokove sredstava u lancima dostave i dr. Kako se sistem snabdevanja Vojske delimično oslanja i na privredu države, savremeni transportno-manipulativni sistemi moraju biti kompatibilni sa sistemima prisutnim u društvu, ali i u potpunosti odgovarati specifičnim zahtevima korisnika i predmeta transporta u Vojsci. U tom smislu, u proces odlučivanja potrebno je uključiti i pripadnike različitih struktura sistema odbrane (naročito organe tehničke službe, intendantske službe, kao i organe ostalih službi i rodova Vojske, u čijoj se nadležnosti nalaze predmeti transporta, ali i subjekte van Ministarstva odbrane), kao i dostupne konsultante iz društva i oružanih snaga drugih država. Istovremeno, treba imati u vidu i neophodnost paralelnog razvoja svih elemenata koji se tiču posmatranih tehnologija multimodalnog transporta (transportna sredstva, oprema i sredstva mehanizacije, infrastruktura, organizaciona struktura, kadrovski resursi i dr.).

Osnovna ograničenja, koja u velikoj meri utiču na konačan izgled rešenja, predstavljaju raspoloživa novčana sredstva, dok se vreme za definisanje strategije i vreme za njenu implementaciju javlja kao potencijalno kritičan resurs. Shodno tome, za analizu problema potrebno je pribaviti podatke koji se tiču pomenutih elemenata sistema multimodalnog transporta, u obimu koji će omogućiti sticanje celovite slike o problemu.

Analizom transportnih sredstava u Vojski može se zaključiti da ona nisu usklađena sa prisutnom opremom i sredstvima mehanizacije. Neusklađenost se ne ogleda u nemogućnosti transporta paletizovanih tereta, već u nemogućnosti punog iskorišćenja nosivosti, kao i u nekompatibilnosti prilikom utovarnih, istovarnih i pretovarnih operacija. Naime, unutrašnje dimenzije tovarnog prostora većine vozila ne omogućavaju utovar do potpunog iskorišćenja nosivosti transportnog sredstva. Problem je nastao kao posledica netipiziranosti transportnih sredstava i njihovih tovarnih sanduka, i u eksploatacionom i u konstruktivnom pogledu, jer u vreme uvođenja tih sredstava u Vojsku (vozila iz proizvodnog programa TAM – Tvornica automobila Maribor i FAP – Fabrika automobila Priboj) nije postojala strategija razvoja multimodalnog transporta. Zbog toga vozila u snabdevačkim jedinicama često na bočnim stranicama tovarnog sanduka imaju ugrađene klupe za prevoz ljudstva ili su po konstrukciji takva da im se te stranice ne mogu otvoriti i sl. Usled smanjene širine tovarnog sanduka i mogućnosti prilaska sredstvima mehanizacije samo sa zadnje strane vozila, puna dužina tovarnog sanduka i nosivost vozila ostaju najčešće neiskorišćeni. Treba napomenuti i nepovoljnu starosnu strukturu ovih vozila, koja se odražava na njihove dinamičke karakteristike. Prosečna starost vozila u Vojski je preko 20 godina, a stanje je još nepovoljnije kada se posmatraju neborbena priključna vozila, sredstva unutrašnjeg transporta i oprema saobraćajne službe.

Na osnovu analize zastupljene opreme i sredstava mehanizacije uočljivo je da je paletizacija preovlađujuća tehnologija manipulisanja teretom u Vojski, a opremljenost mehanizacijom, paletama i sredstvima za pakovanje, u odnosu na druge strukture društva, može se oceniti kao povoljna, iako je neravnomerna, ako se posmatraju potrebe Vojske.

Deo opreme i sredstava usvojen je u nastojanjima da se nađe kompromis između, u tom trenutku, postojeće infrastrukture, transportnih sredstava i nastalih potreba. Usled nemogućnosti investiranja u adaptaciju skladišnog prostora i znavljanje transportnih sredstava, u prethodnom periodu rešenje se tražilo u izboru najpogodnijih sredstava manipulisanja, shodno postojećoj infrastrukturi. Posledica je prisustvo velikog broja ograničenja i slabosti pri upotrebi pomenutih sredstava.

Ni način korišćenja paleta nije uvek adekvatan, jer se one često koriste samo radi iskorišćenja visine u skladišnim objektima. Usled malog

obrtu u skladištima, upotreba pretovarne mehanizacije relativno je retka, tako da su sredstvima mehanizovanog pretovara istekli vremenski, ali ne i eksploatacioni resursi.

Po pitanju uvođenja tehnologija za transport kontejnera Vojska se nalazi u fazi studijskog sagledavanja. Prisutni kontejneri (kontejneri specijalne namene i usvojeni kontejner za transport tečnosti do 1t) predstavljaju nužni odgovor sistema i prilagođavanje na ukazane potrebe, diktirane uglavnom spoljnim faktorima.

Kada je u pitanju analiza infrastrukturnih elemenata, prvenstveno skladišnih objekata i pratećih elemenata (putevi, platoi, rampe i sl.), konstrukciono samo objekti tipa S i U odgovaraju savremenim zahtevima multimodalnog transporta. U većini skladišnih objekata problem je što ne postoje rampe ili vrata odgovarajućih dimenzija, nedovoljna je nosivost podnih površina ili su velikii nagibi podnih površina i sl. Ako se uzmu u obzir i skladišta u kojima postoji problem sa nedovoljnim manipulativnim površinama, osnovnim i pomoćnim komunikacijama (putevi koji nisu pogodni za korišćenje u svim vremenskim uslovima, rejoni raseljavanja u kojima se ne može vršiti adekvatno stokiranje paletizovanih tereta ili kretanje transportnih sredstava itd.), problem adekvatnih infrastrukturnih elemenata takođe dobija na značaju. Ovakvo stanje je najvećim delom prisutno kod skladišta na tzv. trupnom nivou, koja uglavnom predstavljaju adaptirane objekte opšte namene.

Ni povezanost skladišnih kompleksa Vojske sa različitim vidovima transporta (osim drumskog) ne doprinosi efikasnosti sistema paletizacije. Ovakvo stanje je i očekivano, s obzirom na to da je većina skladišnih objekata izgrađena pre više od 30 godina.

Problemima efikasnosti u primeni paletizacije doprinose i organizaciona struktura Vojske i, shodno njoj, definisane nadležnosti organa i radne procedure. Upravnim i izvršnim organima u domenu multimodalnog transporta javljaju se organi snabdevačkih službi (tehničke, intendantske, saobraćajne i dr.). S obzirom na to da se materijalna sredstva nalaze u nadležnosti snabdevačkih službi, njihovi organi propisuju sve uslove nabavke materijalnih sredstava, čuvanja, zadržavanja, utroška, remonta i sl. Istovremeno, transport i svako premeštanje materijalnih sredstava u nadležnosti je organa saobraćajne službe. Odvojenost izvršilaca transporta od nosilaca sredstava, uz nedostatak koordinacije, često dovodi do disfunkcionalnosti u radu, prekidanja transportnih lanaca i depaletizacije, urušavajući efekte primene manipulativne tehnologije.

Takođe, Vojska kadrovski nije spremna za punu eksploataciju prednosti tehnologija multimodalnog transporta. Sadržaji iz ove oblasti do sada nisu bili u potrebnoj meri implementirani u programe školovanja kadrova. Samo je starešinski kadar saobraćajne struke, u određenoj meri, bio upoznat sa osnovnim elementima sistema multimodalnog transporta.

U programima školovanja od 2008. godine sadržaji multimodalnog transporta implementirani su u sve profile kadrova, ali tek na nivou diplomskih akademskih studija.

Osim problema poznavanja tehnologija multimodalnog transporta od strane populacije menadžera u Vojsci, prisutan je i problem nedovoljnog broja kvalifikovanih izvršilaca – rukovalaca sredstvima mehanizacije i sl.

Na osnovu uvida u stanje pretpostavki multimodalnosti i percipirane slike stanja elemenata podсистema paletizacije i kontejnerizacije, određeno je nekoliko mogućih pravaca daljeg razvoja multimodalnog transporta u Vojsci. S obzirom na implikacije koje će izabrani pravac razvoja imati na ostale segmente Vojske i sistema odbrane, ali i zbog smanjenja otpora u fazi implementacije strategije, adekvatan pristup ovoj aktivnosti na samom početku predstavlja pristup formulisanju strategije kroz saradnju (Todorović, et al., 2000).

Definisanje optimalne strategije razvoja multimodalnog transporta u Vojsci Srbije

Često korišćen pristup formulisanju strategije jeste SWOT⁴ pristup. Ovaj pristup korišćen je i u Vojsci Srbije za definisanje strategije bezbednosti vojnog putnog saobraćaja (Ranković, 2006) za analizu sistema integralnog transporta (Pamućar, 2008) itd. Takođe, problemi odlučivanja i strategijskih izbora u vojnoj organizaciji tretirani su i fuzzy⁵ pristupom (Pamućar, 2010. i Ljubojević, Dimić, 2011), ali i metodama različitih oblasti operacionih istraživanja (Andrejić, Ljubojević, 2009). U konkretnom slučaju, za definisanje strategijskih opcija razvoja multimodalnog transporta upotrebljena je fuzzy SWOT analiza (Ghazinoory, et al., 2007), usled neizvesnog karaktera velikog broja uticajnih faktora, a za izbor optimalne strategije metoda fuzzy AHP. Analizom sistema i njegovog okruženja, uz angažovanje grupe od 19 eksperata ukupnog koeficijenta kompetencije 0,686 (Ljubojević, 2010), formiran je skup unutrašnjih i spoljašnjih faktora i procenjene su njihove vrednosti (tabela 1). Na ovaj način su u proces kreiranja strategije implementirane pretpostavke i predviđanja budućih relevantnih faktora, zasnovana na stavovima eksperata.

⁴ SWOT (eng. Strengths – snage, Weaknesses – slabosti, Opportunities – šanse, Threats – pretnje) – koncept strategijskog menadžmenta koji omogućava upravljanje organizacijom na osnovu sistemske analize spoljašnjih faktora poslovanja i njihovog usaglašavanja sa unutrašnjim faktorima organizacije.

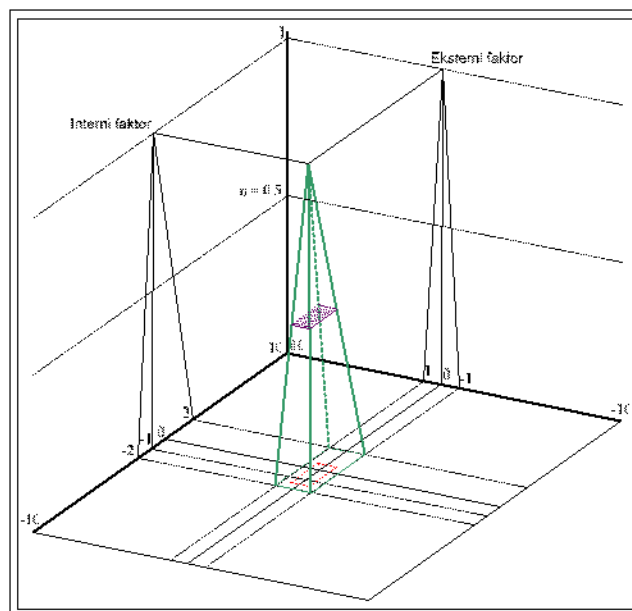
⁵ Fuzzy (eng. fuzzy – rasplinuti) – matematički pristup tretiranju neizvesnosti, višeznačnosti, subjektivnosti i neodređenosti u pojavama ili procesima.

Tabela 1 – Faktori SWOT analize i njihove procenjene fuzzy vrednosti
Table 1– SWOT factors and their estimated fuzzy values

Unutrašnji faktori (Int)		
Int 1.	Transportne potrebe Vojske, uz izvesnost, predvidivost i mogućnost planiranja tokova tereta	(0, 1, 2)
Int 2.	Projekcije parcijalnih interesa pojedinih stakeholdera	(-2, -1, 2)
Int 3.	Stroga hijerarhijska uređenost Vojske i praksa funkcionisanja na bazi propisanih procedura	(-1, 0, 2)
Int 4.	Implementirana paletna tehnologija	(0, 2, 3)
Int 5.	Opremljenost sredstvima i opremom paletne tehnologije	(-2, 1, 2)
Int 6.	Problem standardizacije elemenata multimodalnog transporta, tj. neusklađenost skladišnih objekata, transportnih sredstava, manipulativnih sredstava i dr. opreme	(-3, -2, 1)
Int 7.	Nedovoljan broj kadrova koji poseduju adekvatna znanja i iskustvo iz domena multimodalnog transporta	(-5, -4, -1)
Spoljašnji faktori (Ext)		
Ext 1.	Opređenje za učešće u mirovnim operacijama – proširenje zone delovanja van teritorije države	(0, 2, 3)
Ext 2.	Evropska transportna politika i usvojena strategija razvoja multimodalnog transporta u Republici Srbiji	(0, 1, 3)
Ext 3.	Program Partnerstvo za mir i međunarodna vojna saradnja	(1, 3, 5)
Ext 4.	Razvijenost domaćeg tržišta transportnih usluga	(-1, 0, 2)
Ext 5.	Dominantna pozicija drumskog, u odnosu na ostale vidove transporta na domaćem tržištu	(-2, 0, 1)
Ext 6.	Manifestacije političkih i ekonomskih interesa pojedinaca i grupa	(-1, 0, 1)
Ext 7.	Stabilno finansiranje u okviru limitiranih sredstava budžeta	(-5, -4, 0)

S obzirom na to da se pojedini relevantni faktori, razmatrani u SWOT analizi, istovremeno mogu posmatrati i kao šansa i kao pretnja, odnosno i kao snaga i kao slabost, oni su predstavljeni fuzzy brojem, čija funkcija pripadnosti, u načelu, može biti proizvoljnog oblika, ali su radi jednostavnosti operacija, a shodno preporukama, korišćeni trouglasti fuzzy brojevi ($A=(a,b,c)$, gde je (a) – donja ili pesimistička vrednost, (b) – srednja ili najverovatnija vrednost i (c) – gornja ili optimistička vrednost faktora).

Agregacija procenjenih vrednosti trouglastih funkcija pripadnosti za sve kombinacije parova internih i eksternih faktora rezultira skupom piramida koje predstavljaju pretpostavke za formulisanje strategijskih opcija. Primer postupka agregacije za par faktora Int 2 i Ext 6 prikazan je na slici 4.



Slika 4 – Agregacija procenjenih vrednosti za par faktora Int 2 i Ext 6
Figure 4 – Estimated value aggregation for the pair of factors Int 2 and Ext 6

Postupak ekstrakovanja strategijskih opcija, na osnovu rezultata agregacije, svodi se na izbor α preseka ($0 \leq \alpha \leq 1$) formiranih piramida, njegovu projekciju na ravan baza piramida i utvrđivanje udaljenosti tih projekcija od temenih tačaka SWOT matrice u osnovi. Najčešće se za α presek uzima vrednost $\alpha = 0,5$, dok se za kriterijum, na osnovu kojeg će se utvrđivati udaljenost projekcija od temena matrice, preporučuje izbor jednog od sledećih:

- minimalno euklidsko odstojanje od temena matrice do granice projekcijske površine,
- minimalna udaljenost od temena matrice do centra gravitacije projekcijske površine ili
- maksimalan procenat projekcijske površine koji se nalazi u odgovarajućem kvadrantu matrice.

Strategija se formuliše na bazi faktora čiji su uticaji međusobno povezani i koji u najvećoj meri zadovoljavaju izabrani kriterijum.

U konkretnom primeru, u stadijumu kvantifikovanja i vizuelizacije rezultata, evaluacija strategijskih faktora izvršena je prema pristupu u (Ghazinoory, et al., 2007), uzimajući preporučeni alfa presek ($\alpha = 0,5$), dok je pri formulisanju strategijskih opcija posmatran procenat pripadnosti površine projekcije alfa preseka određenom „strategijskom” kvadrantu. Relevantnim kombinacijama faktora za formulisanje varijantnih rešenja

smatrane su one kombinacije čija projekcija alfa preseka u potpunosti (100%) pripada nekom od strategijskih kvadranta.

Površine projekcija alfa preseka koje zadovoljavaju taj kriterijum i na osnovu kojih su formirane strategijske opcije prikazane su na slici 5, a njihov pregled u tabeli 2.

Tabela 2 – Koordinate temena projekcijskih površina α preseka relevantnih kombinacija faktora

Table 2 – Coordinates of the vertices of the α -cut projection surfaces of the relevant factor combinations

<i>Kombinacija faktora</i>	<i>Koordinate temena projekcijske površine α preseka</i>			
<i>Int 1 – Ext 1</i>	<i>(0.5, 1)</i>	<i>(1.5, 1)</i>	<i>(1.5, 2.5)</i>	<i>(0.5, 2.5)</i>
<i>Int 1 – Ext 2</i>	<i>(0.5, 0.5)</i>	<i>(1.5, 0.5)</i>	<i>(1.5, 2)</i>	<i>(0.5, 2)</i>
<i>Int 1 – Ext 3</i>	<i>(0.5, 2)</i>	<i>(1.5, 2)</i>	<i>(1.5, 4)</i>	<i>(0.5, 4)</i>
<i>Int 4 – Ext 1</i>	<i>(1, 1)</i>	<i>(2.5, 1)</i>	<i>(2.5, 2.5)</i>	<i>(1, 2.5)</i>
<i>Int 4 – Ext 2</i>	<i>(1, 0.5)</i>	<i>(2.5, 0.5)</i>	<i>(2.5, 2)</i>	<i>(1, 2)</i>
<i>Int 4 – Ext 3</i>	<i>(1, 2)</i>	<i>(2.5, 2)</i>	<i>(2.5, 4)</i>	<i>(1, 4)</i>
<i>Int 6 – Ext 1</i>	<i>(-2.5, 1)</i>	<i>(-0.5, 1)</i>	<i>(-0.5, 2.5)</i>	<i>(-2.5, 2.5)</i>
<i>Int 6 – Ext 2</i>	<i>(-2.5, 0.5)</i>	<i>(-0.5, 0.5)</i>	<i>(-0.5, 2)</i>	<i>(-2.5, 2)</i>
<i>Int 6 – Ext 3</i>	<i>(-2.5, 2)</i>	<i>(-0.5, 2)</i>	<i>(-0.5, 4)</i>	<i>(-2.5, 4)</i>
<i>Int 6 – Ext 7</i>	<i>(-2.5, -4.5)</i>	<i>(-0.5, -4.5)</i>	<i>(-0.5, -2)</i>	<i>(-2.5, -2)</i>
<i>Int 7 – Ext 1</i>	<i>(-4.5, 1)</i>	<i>(-2.5, 1)</i>	<i>(-2.5, 2.5)</i>	<i>(-4.5, 2.5)</i>
<i>Int 7 – Ext 2</i>	<i>(-4.5, 0.5)</i>	<i>(-2.5, 0.5)</i>	<i>(-2.5, 2)</i>	<i>(-4.5, 2)</i>
<i>Int 7 – Ext 3</i>	<i>(-4.5, 2)</i>	<i>(-2.5, 2)</i>	<i>(-2.5, 4)</i>	<i>(-4.5, 4)</i>
<i>Int 7 – Ext 7</i>	<i>(-4.5, -4.5)</i>	<i>(-2.5, -4.5)</i>	<i>(-2.5, -2)</i>	<i>(-4.5, -2)</i>
<i>Int 1 – Ext 7</i>	<i>(0.5, -4.5)</i>	<i>(1.5, -4.5)</i>	<i>(1.5, -2)</i>	<i>(0.5, -2)</i>
<i>Int 4 – Ext 7</i>	<i>(1, -4.5)</i>	<i>(2.5, -4.5)</i>	<i>(2.5, -2)</i>	<i>(1, -2)</i>

Na osnovu međusobne povezanosti faktora (primera radi, u procesu mapiranja, utvrđeno je da su faktori Int 6 i Int 7 slabo povezani sa faktorom Ext 7) determinisane su kombinacije faktora koje su relevantne za formulisanje strategijskih opcija. Time je odbačena strategijska opcija koja predstavlja tzv. mini-mini strategiju (kvadrant III): uUnapređenjem internih slabosti i smanjenjem njihovih negativnih efekata na organizaciju, uz istovremeno izbegavanje pretnji iz spoljašnjeg okruženja obezbediti opstanak organizacije.

Shodno faktorima koji se apostrofiraju pri formulisanoj strategije, ekstrahovane su tri varijante strategijskih opcija razvoja multimodalnog transporta:

– S1 – formirana na osnovu kombinacije faktora Int 1, Int 4 i Ext 1, Ext 2, Ext 3.

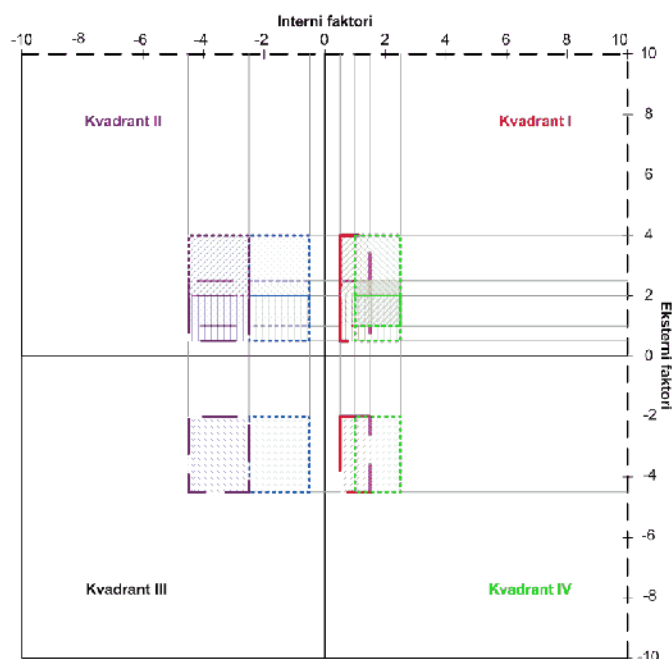
Intenzivno investiranje u sredstva i opremu paletne tehnologije i uvođenje novih tehnologija multimodalnog transporta, prvenstveno tehnologije kontejnerizacije.

– S2 – formirana na osnovu kombinacije faktora Int 6, Int 7 i Ext 1, Ext 2, Ext 3.

Povećanje efikasnosti primene razvijenog paletnog sistema i stvaranje preduslova za brzu implementaciju drugih tehnologija multimodalnog transporta, u skorijoj budućnosti.

– S3 – formirana na osnovu kombinacije faktora Int 1, Int 4 i Ext 7.

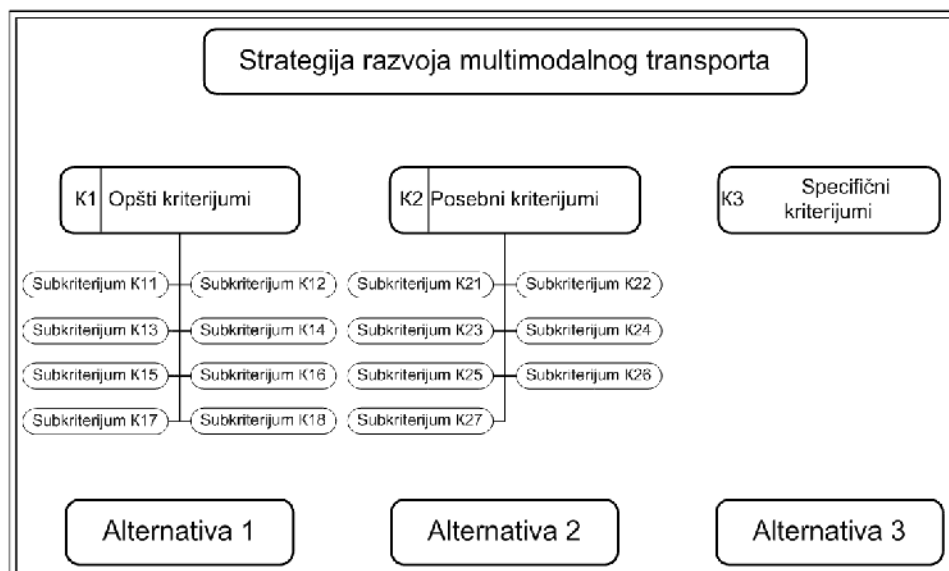
Veće oslanjanje na kapacitete društva, uz održavanje postojećeg nivoa razvijenosti multimodalnog transporta.



Slika 5 – Površine projekcija alfa preseka u fuzzy SWOT analizi
Figure 5 – α -cut projection areas in the fuzzy SWOT analysis

Na kraju, u završnoj fazi kreiranja strategije, priroda problema upućuje na višekriterijumski pristup u vrednovanju alternativa. Shodno sugerisanom analitičkom karakteru i predloženim kategorijama kriterijuma izbora konačnih rešenja u procesima odlučivanja – izbora organa saobraćajne službe (opšti, posebni i specifični) (Ljubojević, 2010), kao i mogućnosti hijerarhijskog strukturiranja problema izbora u konkretnom slučaju, za vrednovanje alternativa primerena je metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP), i to njena fuzzy interpretacija. Na taj način omogućeno je da se adekvatno tretiraju neodređenosti prisutne pri evaluaciji kriterijuma i alternativa.

Za potrebe primene fuzzy AHP metode, problem vrednovanja strateških opcija razvoja multimodalnog transporta hijerarhijski je strukturiran u četiri nivoa (slika 6).



Slika 6 – Hijerarhijska struktura problema vrednovanja strategija razvoja multimodalnog transporta

Figure 6 – Hierarchical structure of the evaluation of multimodal transport strategies problem

Među opštim kriterijumima izdvojeno je osam supkriterijuma:

—K11 – konzistentnost (usklađenost) sa vizijom i ciljevima saobraćajne podrške Vojske u posmatranom periodu;

K12 – izvodljivost i mogućnost uspešnog terminiranja strategije, odnosno mogućnost uspešnog usklađivanja vremena predviđenog za sprovođenje strategije sa raspoloživim potencijalima organa saobraćajne podrške i Vojske u tom periodu;

—K13 – očekivani otpori (unutrašnji i spoljašnji) sprovođenju strategije;

—K14 – mogućnost obezbeđenja potrebnih resursa (materijalnih, kadrovskih i dr.) za sprovođenje strategije;

—K15 – fleksibilnost strategije i isključivost u odnosu na druge strategijske opcije;

—K16 – stabilnost (trajnost) rešenja koja se postiže strategijom;

—K17 – skriveni (prateći) troškovi strategije (troškovi priprema za sprovođenje strategije, troškovi obuke kadrova, troškovi testiranja, troškovi prilagođavanja sistema, troškovi angažovanih konsultanata u procesu implementacije strategije, troškovi zapošljavanja novih kadrova i sl.) i

—K18 – rizik koji strategija nosi.

Kada su u pitanju posebni kriterijumi, determinisano je sedam supkriterijuma:

—K21 – funkcionalnost strategije, tj. očekivane koristi i pozitivni efekti strategije na unapređenje stanja i funkcionisanja saobraćajne podrške i Vojske u celini;

—K22 – konkurentnost strategije, u smislu komparacije sa inostranim partnerima i usklađenosti sa njihovim ciljevima i planovima razvoja;

—K23 – uticaj i konzistentnost strategije sa organizacionim procedurama, procesima i sistemima regulisanja funkcionisanja saobraćajne podrške i Vojske u celini;

—K24 – usklađenost strategije sa organizacionom strukturom i raspodelom nadležnosti u saobraćajnoj podršci i u Vojsci;

—K25 – komplementarnost sa strategijama i ciljevima drugih organizacionih celina i segmenata Vojske;

—K26 – mera u kojoj strategija ograničava iskorišćenje mogućnosti i šansi za rast i razvoj saobraćajne podrške na dugoročnom planu i

—K27 – stepen familijarnosti vojne organizacije sa strategijom (stepen poznavanja tehnologija i principa na kojima se strategija zasniva).

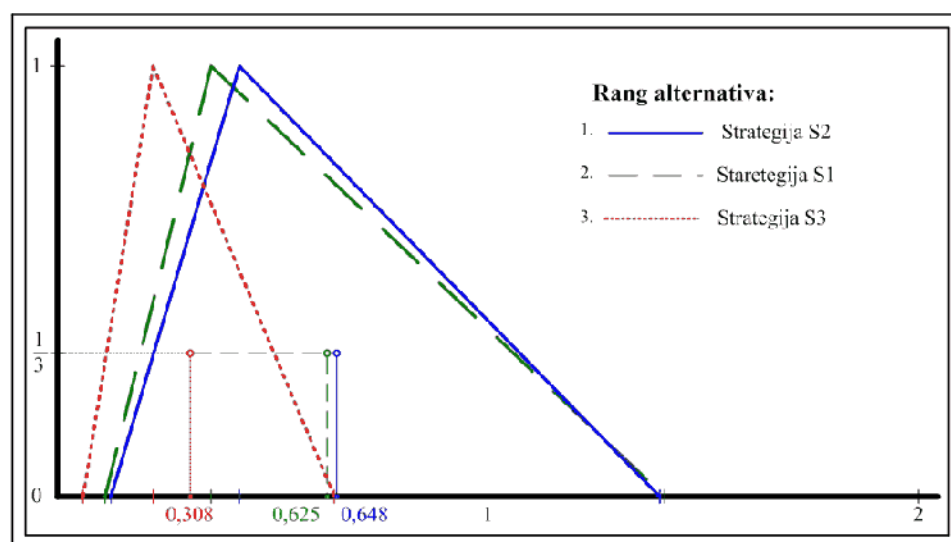
Na osnovu formirane hijerarhije kriterijuma i supkriterijuma, u primeni fuzzy AHP metode nisu razmatrani kriterijumi iz kategorije specifičnih kriterijuma, koji nemaju značajniju ulogu u izboru strategije razvoja multimodalnog transporta, s obzirom na to da se odnose na vanredne uslove funkcionisanja.

Postupak primene fuzzy AHP metode realizovan je prema pristupu u (Triantaphyllou, 2000), uz upotrebu defazifikovane standardne Sa-tijeve skale za poređenje u parovima, formirane na osnovu preporuka u (Srđević, 2002)] i (Chin, et al., 2008), i metoda centra gravitacije, kao načina defazifikacije, radi utvrđivanja konačnog ranga alternativa u postupku vrednovanja. Pregled matrica poređenja u parovima, vektora njihovih sopstvenih vrednosti, normalizovanih vektora sopstvenih vrednosti i sintetizacije konačnih rezultata dao je Ljubojević (2010).

Metodom centra gravitacije defazifikovani konačni rezultati primenjene metodologije izbora strategijske opcije razvoja multimodalnog transporta prikazani su u tabeli 3, a njihova grafička interpretacija na slici 7.

Tabela 3 – Defazifikacija i rangiranje alternativa
Table 3 – Defuzzification and ranking alternatives

Alternativa	Defazifikacija relativne težine alternative	Rang alternative
Strategija S1	$\frac{a+b+c}{3} = \frac{0,110+0,356+1,410}{3} = 0,625$	2.
Strategija S2	$\frac{a+b+c}{3} = \frac{0,123+0,422+1,398}{3} = 0,648$	1.
Strategija S3	$\frac{a+b+c}{3} = \frac{0,059+0,222+0,643}{3} = 0,308$	3.



Slika 7. Fazifikovane i defazifikovane vrednosti vrednovanih alternativa
Figure 7. Fuzzified and defuzzified values of the evaluated alternatives

S obzirom na to da najveću relativnu težinu ima strategijska opcija S2, ona je rangirana kao najbolja alternativa, na osnovu rezultata fuzzy višekriterijumskog izbora.

Imajući u vidu analitičnost metodologije kojom su alternative formirane i rangirane, i uz saznanja da u međuvremenu (od perioda prikupljanja

podataka do aktuelnog trenutka) nije došlo do značajnije promene strategijskog okruženja i uslova funkcionisanja, niti do spoznaje novih informacija koje bi relativizovale validnost izvedenih zaključaka, kao konačno rešenje može se prihvatiti strategijska opcija S2.

Zaključak

Aktuelni period karakterišu brojne promene radi „približavanja” Republike Srbije razvijenim evropskim i svetskim državama. Promene su prisutne u skoro svim sferama privrednog i društvenog života, pa i u Vojsci Srbije. Posebno se potencira tehničko-tehnološka modernizacija u kojoj će se materijalni i kadrovski resursi koristiti produktivnije i efikasnije. Reorganizovanoj Vojsci Srbije potreban je adekvatan sistem logističke podrške, a u okviru nje posebno mesto zauzima sistem saobraćajne podrške, odnosno transporta, kao integrativne funkcije celokupnog sistema logističke podrške.

Analitički koncipiran pristup definisanju strategije imperativ je ukoliko se želi uspešna i realno izvodljiva strategija.

Na primeru definisanja strategije razvoja multimodalnog transporta u Vojsci Srbije, kroz analizu postojećeg stanja u oblasti saobraćajne podrške Vojske (portfolio analiza), definisanje strategijskih opcija razvoja multimodalnog transporta (fuzzy SWOT) i izbor najbolje opcije (fuzzy AHP), prikazana je primena analitičkog modela za definisanje održive strategije.

U skladu sa generalnim uslovima u okruženju i potrebom racionalnog korišćenja raspoloživih resursa, ispravan i analitički argumentovan pristup organizacionim problemima od presudnog je značaja po dalji razvoj sistema.

Literatura

Andrejić, M., Ljubojević, S., 2009, Operaciona istraživanja u funkciji podrške odlučivanju u sistemu odbrane, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 57(3), pp.15-27.

Chin, W.C., Lee, H.J., Mak, C.M., Amy, L.H.L., 2008, Design and Development of Decision Making System Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process, *American Journal of Applied Sciences*, 5(7), pp. 783 – 787.

Ghazinoory, S., Zadeh, E.A., Memariani, A., 2007, Fuzzy SWOT analysis, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 18(1), pp. 99 – 108.

Ljubojević, S., 2010, *Model procesa odlučivanja organa saobraćajne podrške sistema odbrane*, magistarski rad, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

Ljubojević, S., Dimić, S., 2011, Primena fuzzy SWOT analize u procesu definisanja strategije bezbednosti putnog saobraćaja u Ministarstvu odbrane i Vojski Srbije, pp. 6-22 - 6-31, 5. stručni skup *Bezbednost vojnih učesnika u saobraćaju*, Beograd, 26.maj.

Pamučar, D., 2008, Primena SWOT analize na sistem integralnog transporta Vojske Srbije, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 56(2), pp.237-247.

Pamučar, D., 2010, Primena fuzzy logike i veštačkih neuronskih mreža u procesu donošenja odluka organa saobraćajne podrške, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 58(3), pp.125-145.

Ranković, Ž., 2006, *Upravljanje bezbednošću saobraćaja u Vojsci*, doktorska disertacija, Vojnotehnička akademija, Beograd.

Srđević, B., 2002, Donošenje odluka pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa, pp. 204 – 221, *Melioracije i poljoprivreda*, Novi Sad.

Todorović, J., Đuričin, D., Janošević, S., 2000, *Strategijski menadžment*, Beograd, Institut za tržišna istraživanja.

Triantaphyllou, E., 2000, *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Boston, Kluwer Academic Publishers.

AN ANALYTICAL APPROACH TO DEFINING STRATEGIC OPTIONS IN A CASE OF DEVELOPING MULTIMODAL TRANSPORT IN THE ARMY OF SERBIA

FIELD: Strategic Management, Traffic & Transport Engineering
ARTICLE TYPE: Review Paper

Summary:

Introduction

Limited resources in the defense domain impose the acceptance of an analytical, essentially economic, management point of view. There is a necessity to use available resources rationally and to implement sustainable development strategies, defined on the basis of proper understanding and analyses of internal and external environment.

Analytical framework for creating a strategy

Adequate strategic choices, particularly in military organizations, always ask for analytical arguments. In that sense, an analytical framework for mapping the influencing factors and designing appropriate strategies is proposed. It includes several basic components, although, in principle, its character is situational: experts and expert teams, knowledge management, data collection and processing, prediction and quantification and visualization of expected results.

All stakeholders and all who are interested to achieve the ultimate goal should have an active role in this process.

Portfolio analysis of movement and transport support

One of the most important functions of the Army of Serbia, in the field of logistics support, which requires rapid changes and which is soon

necessary to define an adequate strategy of development, is a traffic (movement) and transport function.

Taking into account the proposed analytical framework, the roles of specific areas of functioning - aspects of Army transport support are first re-examined through a modified portfolio model McKinsey / General Electric (Matrix of industry attractiveness / business strength). Based on the outcomes of the portfolio analysis of selected aspects, the development of multimodal transport is emphasized as a particularly interesting problem.

Analysis of multimodal transport in the Serbian Army

The problem of defining the strategy for the development of multimodal transport in the Army is multidisciplinary. It has implications for a wide range of activities. This paper identifies and analyzes the key factors (transportation assets, equipment, infrastructure and organizational structure).

It was found that the transportation assets are not compatible with present equipment and mechanization since there is a large variety of basic models of different age structure and dynamics. The equipping with mechanization, pallets and packing means, in relation to the other structures in the country, is assessed to be good, although not equally distributed. Infrastructure elements, primarily storage and associated facilities (roads, platforms, ramps, etc.), in most cases do not correspond to actual needs. A part of the problem is caused by the organizational structure and defined responsibilities, personnel policy and the policy of personnel education and training.

Defining the optimal strategy for multimodal transport development in the Serbian Army

For a definition of strategic options, a fuzzy SWOT analysis is used. By interviewing a group of experts, a set of internal and external factors is established and the value of their influence is estimated. The evaluation of the strategic factors is performed by taking the recommended cross-section of alpha ($\alpha = 0.5$), while the formulation of the strategic options is observed according to the percentage of belonging of the alpha-sectional projection area to a particular "strategic" quadrant.

Based on the interconnectedness of the factors, three variants of strategic options for multimodal transport development are extracted. They are measured using the Analytic Hierarchy Process (AHP), and its fuzzy interpretation. This made it possible to adequately treat the uncertainties present in the process of the evaluation of criteria and alternatives.

Conclusion

During intensive organizational changes in the Serbian Army, technical - technological modernization is especially emphasized. The aim is to use material and human resources more productively and efficiently. In this sense, the definition of the development strategies for all segments of the Army must be the result of an analytically conceived procedure. The

procedure itself has a situational character, but there is possibility to identify its basic components and to determine its general contours.

The application of the proposed analytical framework for defining a sustainable strategy is shown using the example of defining the development strategy of multimodal transport in the Serbian Army, through the analysis of the current situation (Portfolio analysis), definition of strategic development options (fuzzy SWOT analysis) and selection of the best option (fuzzy AHP).

In accordance with the general environment conditions and the need for rational use of available resources, a correct and analytically reasoned approach to organizational problems is crucial for the further system development.

Key words: multimodal transport, development strategy, decision making, military.

Datum prijema članka/Paper received on: 03. 06. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 01. 03. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 03. 03. 2013.

STRUČNI ČLANCI PROFESSIONAL PAPERS

UPOTREBA RAČUNARA ZA DEŠIFROVANJE PORUKA

Radiša R. Stefanović, Aleksa S. Srdanov
Visoka škola strukovnih studija, Požarevac

DOI: 10.5937/vojtehg62-3831

OBLAST: matematika, informatika
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Kriptografija je danas, kao i u prošlosti, veoma aktuelna. Neprekidno postoji potreba da se zaštite podaci i resursi od neovlašćenog upada i korišćenja. Rezultat toga je nastajanje sve jačih zaštita i probijanje većine onih za koje se do nedavno mislilo da su neprobojne. U ovom radu analiziraju se osnovni problemi i njihove implementacije u okviru razbijanja translatorskog šifrata koristeći programski jezik C.

Ključne reči: kriptografija, šifrovanje, translatorski šifrat.

Uvod

Nekada se sa pojavom prvih računara smatralo da je neka šifra neprobojna ako je računaru potrebno, recimo, godina da sirovom pretragom svih slučajeva pronađe rešenje. Nije prošlo ni tridesetak godina od tada, a računari taj isti posao mogu da završe u nekoliko minuta. Šta je sada neprobojna šifra? Mogućnosti i brzine računara su tolike da nijedan posao više nije problem za njih. Ipak, kombinacija čoveka i računara su tandem koji izgleda nema premca (Markagić, 2012, pp.250-265).

Postoji veliki broj različitih vrsta kriptografskih zadataka. Neki od njih su:

– kriptogrami. Dat je šifrovani tekst koji treba dešifrovati. Takvi problemi najčešće se upotrebljavaju u vojnoj, diplomatskoj i ilegalnoj aktivnosti (Kuljanski, 2010, pp.65-77);

- kriptoritmi. To je posebna vrsta matematičkih zadataka u kojima slova treba zameniti ciframa i dobiti tačne relacije koje su navedene u postavci;
- logički kriptogrami. Predstavljaju različite matematičko-logičke zadatke u kojima treba naći zamenu korišćenih simbola sa nekim drugim, tako da polazna postavka promeni izgled, ali ne izgubi smisao. Odnosno, dobija se smisljena struktura koja ima drugačiji zapis.

Osnovni problemi

Šifrovanje poruka oslobođeno je od svih pravila. Tako gledano, nije moguće napraviti univerzalni algoritam koji bi svaki šifrat mogao dešifrovati (Aho, Hipcroft, Ullman, 1978). Upotreba grube sile ili pretraga svih mogućih slučajeva često nije moguća. Računar u slučaju da se ne radi o nekom pasvordu, koji može proveriti, ne može biti siguran da je posao odradio (Schneier, 1996). Dobijeni dešifrovani tekst ima smisla samo čoveku. Isključiti čoveka iz postupka dešifrovanja još uvek je nemoguće. Čovek je taj koji smišlja alate sa kojima računar samo fizički odradi posao koji bi čoveku bio nemoguća misija. Osnovni problemi su sledeći:

- osmisлити alate kojima će se pokušati razbiti neki šifrat (Scientific American Magazine 2005, pp.65-69),
- neprekidno pratiti proces i donositi odgovarajuće odluke. Čoveka nikako ne treba isključivati iz procesa dešifrovanja, jer kompjuter, čak i ako razbije šifru, ne može to u opštem slučaju sigurno zaključiti,
- implementirati alate unutar nekog programskog jezika (Evseev, et al., 2011, pp.15-39).

Prvi primer

Neduzni osuđenik na smrt čeka izvršenje smrtne kazne. Za to vreme njegov advokat odbrane dobija tajnu poruku i ako uspe da je dešifruje može spasti svog klijenta od nepravdnog pogubljenja. Tekst tajne poruke glasi:

ŠTCŽJUMQQŽOLONŠDEHGLLDNURUVDJXDLTYWČČRLSJNČNQOJ
 UYSŠDULPLTTSRZRENŽYUVGSJKYQQGFZČEJŠHXFŠZNRKMCVS
 ČUČJNMMČFWŠŠČQUVŠULRČEŽBFIUGYTHVWGLPFMQGSJMIFCP
 MNČRCRČORTYBQIRRVBYGČPŠPUYGGSOČVPŠUOHKRTDNWS
 MCČFFRLDNORZQKPVŠUČXJDLNČDDOWNGŠCOČUVNKHVWLDK
 HGLTNLRNLTJQRXSKWWMIPTŽPMMPRVBYMPKRFQSPQVUHKČ.

Analiza problema za prvi primer

Ovakav zadatak nemoguće je rešiti u opštem obliku. Takođe, nije realno da jedan program može dešifrovati svaki tekst. Pretpostavićemo da se u ovom slučaju radi o translatu (Opplinger, 2005). Dakle, u šifrovanju

je korišćena tehnika sa brojem određene dužine koji se postavlja na tekst, pa se svako slovo u originalnom tekstu translira za broj koji na nje ga pokazuje. Ako slučajno nije tako, moralo bi se nešto drugo probati.

Ovakav zadatak rešava niz pomoćnih programa kao alata, a ne jedan program, jer se ne može znati koji korak će se koristiti posle nekog za koji se misli da bi bio usmeren ka cilju. Prvo ćemo napisati program koji određuje dužine između pojavljivanja istih slova, jer one mogu poslužiti kao dobar početak za nalaženje dužine šifrata, odnosno niza brojeva sa kojima se slova transliraju (Hrg, Budin, Golub, 2004). U ugnježenim ciklusima računaće se pozicije pojavljivanja svih slova po abecednom redosledu i štampati odgovarajući izveštaj. Dati šifrovani tekst smestićemo u znakovni niz.

Ukoliko se pojavi problem naših latiničnih slova umesto znakova treba koristiti standardne ASCII kodove date sa:

Ž - 64
Š - 91
Đ - 92
Č - 93
Ć - 94.

Prvi algoritamski alat mogao bi imati sledeći oblik:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
main()
{
    const char s[300] =
    {'Š','T','C','Ž','J','U','M','Q','Q','Ž','O','L','O','N','Š','D','E','H','G','L','L','D',
    'N','U','R','U','V','D','J','X','D','L','T','Y','W','Č','Č','R','L','S','J','N','Č','N',
    'Q','O','J','U','Y','S','Š','D','U','L','P','L','T','T','S','R','Z','R','E','N','Ž','Y','U',
    'V','G','S','J','K','Y','Q','Q','G','J','F','Z','Č','E','J','Š','H','X','F','Š','Z','N',
    'R','K','M','C','S','V','Č','U','Č','J','N','M','M','C','F','W','Š','Š','Č','Q','U','V',
    'Š','U','L','R','Č','E','Ž','B','F','I','U','G','Y','T','H','V','W','G','L','P','F','M',
    'Q','G','S','J','M','I','F','C','P','M','N','Č','R','C','R','Đ','Č','O','R','T','Y','B',
    'Q','I','R','R','V','B','Y','G','Č','P','Š','P','U','Y','G','G','S','O','Č','V','P','Š','U',
    'O','H','K','R','T','D','N','W','S','M','C','Đ','F','F','R','L','D','N','O','R','Z','Q',
    'K','P','V','S','U','Č','X','J','Đ','L','N','Č','D','D','O','W','V','N','G','Š','C','O',
    'Č','U','V','N','K','H','V','W','L','D','K','H','G','L','T','N','L','R','N','L','T','J',
    'Q','R','X','S','K','W','V','M','I','P','T','Ž','P','M','M','P','R','V','B','Y','M','P',
    'K','R','F','Q','S','P','Q','V','U','H','K','Č'};
    const char a[32] =
    {'A','B','C','Č','Č','D','Đ','E','F','G','H','I','J','K','L','M','N','O','P','Q','R',
    'S','Š','T','U','V','F','Z','Ž','X','Y','W'};
    short k, m, n;
```

```

short p[32][30] = {0};
for ( n = 0; n < 32; n++)
{
    m = 0;
    for (k = 0; k < 280; k++)
        if (a[n] == s[k])
            { p[n][m] = k+1;
              m++; }
}
for (m = 0; m < 32; m++)
{ printf("%c :", a[m]);
  for ( n = 1; n < 20; n++)
      if (p[m][n]-p[m][0] > 1) printf("%2d ", p[m][n]-p[m][0]);
      printf("\n");}
system("PAUSE");
return 0;
}

```

Posle startovanja ovog programa na ekranu se dobije sledeći ispis:

```

A :
B : 36 42 144
C : 90 138 144 186 218
Č :
Ć :
D : 6 12 15 36 168 179 197 198 216
Đ :
E : 46 64 100
F : 8 26 42 54 62 113 114 191
G : 50 57 104 110 116 144 151 152 200 216
H : 66 108 162 210 216 258
I : 18 36 132
J : 24 36 42 66 72 77 94 132 203 239
K : 19 109 129 155 161 177 195 205
L : 8 9 20 27 42 44 102 118 182 198 219 224 227 230
M : 85 94 95 126 131 136 181 245 251 252 258
N : 9 28 30 50 75 86 130 171 182 197 204 212 224 227
O : 2 35 140 162 168 186 204 211
P : 76 87 110 112 121 147 199 202 205 211 217
Q : 37 66 67 101 126 148 192 237 262 265
R : 13 35 37 65 90 121 123 127 133 134 157 168 173 215 221 236 243
S : 10 19 30 54 96 132 147 164 208 231
Š : 14 50 82 86 105 106 111 165 176 219
T : 31 55 56 123 151 181 235 241 253
U : 18 20 42 47 61 91 104 107 116 162 172 199 218 269

```

V : 41 68 84 100 133 148 176 190 198 202 224 235 247
 F : 8 26 42 54 62 113 114 191
 Z : 18 27 138
 Ž : 6 61 114 252
 X : 55 177 217
 Y : 15 32 39 90 120 128 135 230
 W : 70 93 151 181 195 215
 Press any key to continue . . .

U prethodnom ispisu najviše pažnje treba posvetiti onim slovima u kojima se pojavljuje prepoznatljiva periodičnost (Tilborg, 2005). S tim u vezi, interesantna slova su: B, C, I, ... Iz njihovih peroida može se zaključiti da dužina brojne šifre je 6 ili delilac od 6. Ništa se ne gubi pretpostavkom da je dužina veća, što ne važi obmuto.

Dakle, našli smo da je moguća dužina translatoe šifre 6. Ostaje da nađemo brojeve od kojih se sastoji. Radi toga, pronađimo sve moguće pozicije gde se dešava promena originalnog teksta sa translacijom sa šifrom dužine 6. Dovoljno je samo prethodni program promeniti u jednoj jedinoj naredbi i to onoj u kojoj se vrši štampanje rezultata. Dakle, treba zamieniti red:

```
if (p[m][n]-p[m][0] > 1) printf("%2d ", p[m][n]-p[m][0]);
sa sledećim:
```

```
if (p[m][n] > 0) printf("%2d ", p[m][n] % 6);
i u istom ciklusu pustiti da se štampa i nulti (prvi) član.
```

Posle startovanja program daje sledeći rezultat:

A:
 B: 5 5 5
 C: 3 3 3 3 5
 Č:
 Ć:
 D: 4 4 1 4 4 3 3 4 4
 Đ:
 E: 3 3 3
 F: 2 2 0 0 2 5 0 5
 G: 3 4 3 3 3 1 2 3 3 1
 H: 0 0 0 0 0 0
 I: 1 1 1
 J: 5 5 5 5 5 4 3 5 4 4
 K: 1 1 3 5 5 3 3 1
 L: 2 3 2 3 0 2 0 4 2 0 3 2 5 2
 M: 2 5 0 1 0 5 2 0 0 1 1

N : 5 0 2 4 5 4 0 5 4 1 2 4 4 1
 O : 1 4 1 5 5 5 5 0
 P : 5 4 3 5 2 4 2 5 2 2 2
 Q : 3 3 2 3 1 2 0 2 5 0 3
 R : 2 0 2 0 1 2 4 2 2 3 2 1 0 0 0 3 4
 S : 2 5 4 4 4 4 1 0 2 1
 Š : 3 3 5 3 4 5 4 4 3 4
 T : 3 3 4 5 3 3 3 3 3
 U : 0 2 0 5 1 1 2 5 2 0 4 1 2 5
 V : 2 5 3 1 4 1 5 1 3 1 5 4 4
 F : 2 2 0 0 2 5 0 5
 Z : 1 4 1
 Ž : 4 5 4 4
 X : 1 3 1
 Y : 1 0 1 4 4 0 1 0
 W : 3 2 0 0 2 4

Press any key to continue . . .

Ovu tabelu tumačimo tako što vidimo da se slovo B uvek povećava na 5. poziciji, slovo H na 6, itd. Sada je potrebno malo eksperimentisati, odnosno napraviti neku pretpostavku, pa je zatim proveriti. Recimo, C se najčešće povećava na 3. poziciji, a to je najverovatnije od slova A, a B se najčešće javlja na 5. mestu, što je najverovatnije takođe uvećanje od slova A. Slovo D se najčešće povećava na 4. mestu, što omogućava pretpostavku da je na tom mestu broj 5 s obzirom na slovo A.

Sledećim alatom možemo, na osnovu neke hipoteze, izvršiti dekriptovanje i time tačno odrediti i ostale cifre u nepoznatom brojnom translatu.

U program unosimo niz od 6 brojeva, a on dati šifrat prevrće prema tom translatu. Navodimo samo deo koji je u okviru glavnog programa i sa kojim testiramo neku od pretpostavki.

```

short p[6] = {4,3,2,3,1,2}; /* niz koji sadrži pretpostavku o translatu */
for ( k = 0; k < 280; k++)
{
  for (n = 0; n < 32; n++)
    if (s[k] == a[n])
    {
      m1 = k % 6;
      m1 = n - p[m1];
      if (m1 < 0) m1 = m1 + 32;
      printf("%c", a[m1]);
    }
}

```

Na kombinaciju koju smo naveli program daje sledeći ispis:

**PRAVI VINOVNİK KRAĐE DIJAMANATA I UBIŠTVA VOJNIKA KOJI
SU PRATILI SPROVOD IZVRŠENIH U NOĆI DVADESET DRUGOG
JANUARA ILJADU OSAMSTOTINA DVADESET ŠESTE GODINE NIJE
I DAKLE ŽOAM DA COSTA NEOPRAVDANO OSUĐEN NA SMRT
NEGO SAM TO JA BEDNI ČINOVNIK UPRAVE DIJAMANTSKE
OBLASTI JEST JA JEDINI KOJI SE POTPISUJEM SVOJIM PRAVIM
IMENOM ORTEGA**

Drugi primer

Sledeći problem postavljen je davne 1906. godine. U narednih 50 godina bilo je poznato samo jedno rešenje, a kasnije se navodi još 6 nađenih rešenja. Zadatak je da se dešifruje sledeće deljenje tako što se na svakom mestu nalazi neka cifra. Za nule ispred brojeva u međurezultatima posebno se ne naglašava da li su dozvoljene ili ne. Za glavno rešenje pretpostavićemo da sa nulama ne počinje zapis brojeva (Petković, 1988).

$$xx7xxxxxxx : xxxx7x = xx7xx$$

$$\begin{array}{r} \text{--}xxxxxx \\ xxxxx7x \\ \text{--}xxxxxxx \\ \quad x7xxxx \\ \quad \text{--}x7xxxx \\ \quad \quad xxxxxx \\ \quad \quad \text{--}xxxx7xx \\ \quad \quad \quad xxxxxx \\ \quad \quad \quad \text{--}xxxxxx \\ \quad \quad \quad \quad 0 \end{array}$$

Analiza problema za drugi primer

Metoda „grube sile“ je najjednostavniji način da se napravi potreban algoritam. Međutim, mora se biti veoma oprezan sa primenom metode „grube sile“. Ako bismo birali nepoznate potrebno je razmotriti sve slučajeve unutar tri gomja broja. Tako, ako bismo uzeli za nepoznate cifre od deljenika i delioca imali bismo 16 punih ciklusa sa po 10 mogućnosti, što je još uvek prevelik zalogaj i za današnje računare. Zadatak se može interpretirati kao problem množenja jednog šestocifrenog broja sa jednim petocifrenim brojem tako da se dobije desetocifreni broj uz dodatna ograničenja koja su vidljiva iz datih međurezultata. Recimo, množenje sa brojem 7 sa deliocem sastoji se od tačno 6 cifara. Kako su prethodni i nared-

ni međurezultat sedmocifreni to su prethodna i naredna cifra u deliocu veće od 7. Osim toga, prva cifra u deliocu može biti samo 1.

U algoritam treba ugraditi funkciju koja će proveravati da li se u međurezultatima cifra 7 nalazi na označenim mestima. Pretpostavićemo da se traže samo rešenja koja svakom nepoznatom mestu dodeljuje cifru, a prvom mestu cifru različitu od nule. Drugačije rečeno, da međurezultati i deljenik ne počinju sa nulom. To uzrokuje da zadatak ima jedinstveno rešenje. Ostala rešenja se dobijaju kada dozvolimo da međurezultati počnu cifrom nula ili da dati iksovi ne predstavljaju brojeve dužine koliko je naznačeno.

Program bi mogao da ima sledeći oblik:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int dcifra(double broj, int mesto);
int main( )
{
    int a, b, c, d, m, n, p, q;
    double x, y, k1, k2, k3, k4;
    for(a = 0; a < 10; a++)
        for(b = 0; b < 10; b++)
            for(c = 0; c < 10; c++)
                for(d = 0; d < 10; d++)
                    for(m = 1; m < 10; m++)
                        for(n = 8; n < 10; n++)
                            for(p = 8; p < 10; p++)
                                for(q = 1; q < 10; q++)
                                    {
                                        y = 100000 + 10000*a + 1000*b + 100*c + 70 + d;
                                        x = y*(10000*m + 1000*n + 700 + 10*p + q);
                                        /* deljenik mora biti desetocifren sa cifrom 7 kao osmom
od pozadi */
                                        if ((x < 1e9) || (x > 1e10) || (dcifra(x, 8) != 7))
                                            break;
                                        /* medjurezultati pri deljenju */
                                        k1 = m*y;
                                        k2 = n*y;
                                        k3 = 7*y;
                                        k4 = p*y;
                                        /* medjrezultati ne smeju poceti sa nulom */
                                        if ((k1 < 1e5) || (k2 < 1e6) || (k3 < 1e5) || (k4 < 1e6))
                                            break;
                                    }
}
```

```

        /* provera postojanja ostalih sedmica u medjurezultatima */
        x = x - k1*10000;
        if (dcifra(x,5) != 7) break;
        x = x - k2*1000;
        if (dcifra(x, 7) != 7) break;
        if (dcifra(k3, 5) != 7) break;
        if (dcifra(k4,3) != 7) break;
        printf(" 1%d%d%d7%d * %d%d7%d%d \n",
a,b,c,d,m,n,p,q);
    }
    system("PAUSE");
    return 0;
}
int dcifra(double broj, int mesto)
{
    long vrati;
    double medju;
    switch(mesto)
    {
        case 3:
            medju = broj/100;
            break;
        case 5:
            medju = broj/10000;
            break;
        case 7:
            medju = broj/1000000;
            break;
        case 8:
            medju = broj/10000000;
    }
    vrati = (long)medju;
    vrati = vrati - (vrati/10)*10;
    return (int) vrati;
}

```

Posle startovanja programa dobija se jedinstveno rešenje:

125473 * 58781

Press any key to continue . . .

Za dobijanje ostalih rešenja potrebno je iz programa isključiti proveru dužine međurezultata i pustiti ograničenja za indekse u punom opsegu. Tada program nalazi 378 različitih rešenja koje zbog ograničenosti prostora ne navodimo. Obuhvaćena su i ona u kojima delilac ima manje od 10 cifara. Jedino je poštovan položaj sedmica gledano zdesna ulevo, što za brojeve i predstavlja stvarnu poziciju.

Zaključak

U radu su prikazani rezultati istraživanja mogućnosti dešifrovanja šifriranog teksta uz korišćenje računara primenom programskog jezika C. Analizirani su primeri dešifrovanja slovnog i brojčanog šifrata, koji mogu biti posebno interesantni za primenu u vojnim, policijskim i diplomatskim službama. Provedena analiza pokazuje da se uz dobru pretpostavku čoveka, i upotrebom računara sa nizom pomoćnih programa kao alata, u razumnom vremenu može doći do željenog cilja (Lomonaco, 1998, Mollin, 2007). Kako nije moguće napraviti univerzalni algoritam koji bi svaki šifrat mogao dešifrovati, to je logičko zaključivanje i odabir alata neizostavno obaveza čoveka. Na kraju, i sam dešifrovani sadržaj ima smisla samo za dalju aktivnost čoveka, dok je računar samo fizički pomogao da se u znatno kraćem vremenu odradi zadati posao. Na dva praktična primera istražene su mogućnosti dešifrovanja i opravdanost konstatacije da tandem čoveka i računara nema premca, kada je u pitanju rešavanje kriptografskih zadataka.

Literatura

Aho, A., Hopcroft, J., Ullman, J., 1978. "The design and analysis of computer algorithms", Addison-Wesley Publishing company.

Evseev, S. P. (Евсеев, С. П.), Dorohov, O. V. (Дорохов, А. В.), Korolj, O. G. (Король, О. Г.), 2011. "Mechanisms of protection of information in computer networks and systems" (Механизмы и протоколы защиты информации в компьютерных сетях и системах), Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 4, pp.15–39, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd.

Hrg, D., Budin, L., Golub, M., 2004. "Quantum Cryptography and Security of Information Systems", Proceedings of the 15th International Conference on Information and Intelligent Systems.

Kuljanski, S., 2010. "RSA algoritam i njegova praktična primena", Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 58, No. 3, pp. 65–77, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd.

Lomonaco, S.J., 1998. "A Quick Glance at Quantum Cryptography", archive eprint quant.ph/9811056.

Markagić, M., 2012. "Protokoli i pravci razvoja kvantne kriptografije", Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 60, No. 1, pp.250–265, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd.

Mollin, R.A., 2007. "An Introduction to Cryptography", 2nd Edn, Chappman & Hall/CRC.

Oppliger, R., 2005. "Contemporary Cryptography", Artech House

Petković, M., 1988. "Zanimljivi matematički problemi", Naučna knjiga, Beograd.

Schneier, B., 1996. "Applied Cryptography", 2nd Edn. John Wiley& Sons.

Scientific American Magazine, 2005. Best-Kept Secrets, p. 65-69, January.

Tilborg, H., 2005. "Encyclopedia of Cryptography Security", Springer.

USE OF COMPUTERS FOR DECRYPTING MESSAGES

FIELD: Mathematics, Information Technology

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Cryptography is as current as ever. The need to protect data and resources from unauthorised access and use has never ceased. This resulted in creating stronger protection and breaching most of those thought to be unbreachable. This paper analyses core problems and their implementation in breaching the translational cipher by using the programme language C.

Introduction

When the first computers appeared, a code was deemed to be unbreachable if a computer needed, e.g. a year to find a solution though raw search of all cases. After mere 30 years, computers can finish that job in minutes. What code is unbreachable now? Possibilities and speed of modern computers are such that there are no tasks representing a problem for them. Still, a combination of a man and a computer represents an unmatched team.

Core problems

Message encoding is free of any rules. If one conceives it in that way one cannot make a universal algorithm that could decode any cipher. The use of brute force or searching all possible cases is often impossible. In cases when there is no a password that could be checked, the computer cannot be sure if the job was done. A received decoded text has sense only to the man. It is still impossible to exclude the man from the deciphering process. The man creates tools used by the computer for the physical job that would be impossible for the man to achieve by himself.

The first example

An innocent death-row convict is waiting for the sentence to be executed. In the meantime, his lawyer receives a coded message, and if he succeeds in deciphering it, he might save his client's life from unjust death sentence.

Analysis of the problem for the first example

Such a task cannot be solved in a general form. Also, one cannot expect a single programme to decipher any text. Such a task is resolved by a string of auxiliary programmes as tools, not a single programme, because one does not know what step to use after another one that was thought to lead to a goal. First, we would code a programme designating the lengths between the appearances of the same letters, because they can serve as a good example for finding the length of the cipher, i.e. a string of numbers the letters are translated with. In nested cycles, one will calculate positions of appearance of all letters in the alphabetical order and print an appropriate report. The given coded text is placed into the stream of symbols.

The second example

This problem was established long ago, in 1906. In the following 50 years, only one solution was found and another six were found later. The task is to decipher the following division, by placing a digit to each position. For zeros in front of numbers in interim results, one does not specify especially whether they are allowed or not. For the final solution, we would assume that a stream of numbers does not start with zeroes.

Analysis of the problem for the second example

The task can be interpreted as a problem of multiplying one six-digit number with a five-digit number so that one receives a ten-digit number with additional limitations visible from the given interim results. The algorithm should include the function that would check whether the number 7 is in designated positions in interim results. We would assume that one seeks only for solutions that assign a digit to an unknown position, and a digit different from zero to the first position. In other words, interim results and the numerator should not start with zero. This causes the task to have a unique solution.

Conclusion

The paper shows the results of researching possibilities to decipher an encoded text by using the computer with the application of the programming language C. The paper shows some examples of deciphering an alphabetical and numerical cipher that could be especially interesting for the application in the military, police or diplomacy. The analysis shows that, with a good assumption by the man, and using computers with a stream of auxiliary programmes as tools, one can reach the goal in reasonable time. Since it is not possible to create a universal algorithm that could decode any cipher, the logical conclusions and selection of tools are the prerequisite of the

man. Finally, the very contents of the deciphered text have sense only for further human activities, while computers help only physically to finish the task in a significantly shorter period. The two practical examples explore possibilities of deciphering as well as a justification of the statement that a team made of the man and the computer is unmatched when it comes to resolving cryptographic tasks.

Key words: *cryptography, encoding, translational cipher.*

Datum prijema članka/Paper received on: 26. 04. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 27. 02. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on:
28. 02. 2013.

UTICAJ TRANSPORTNIH PROTOKOLA NA EFIKASNOST NAMENSKIH RADIO-KOMUNIKACIJA

Ljubiša S. Nedeljković
Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg62-3955

OBLAST: telekomunikacije
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Savremene namenske radio-komunikacije zasnivaju se na internet protokolu. Efikasnost namenskih radio-komunikacija zavisi od propusnosti. Na propusnost namenskih radio-komunikacija utiču i transportni protokoli. U radu je analizirana propusnost transportnih protokola TCP (Transport Control Protocol) i UDP (User Datagram Protocol) u VF (visoko frekvencijskim) i VVF (vrlo visoko- frekvencijskim) namenskim radio-komunikacijama sa očekivanim vremenima kašnjenja i verovatnoćom greške po paketu podataka. Ocenjena je mogućnost njihove primene u namenskim radio-komunikacijama. Pri tome je uzet u obzir uticaj sledećih faktora: vreme povratnog puta, veličina paketa podataka, veličina prozora i verovatnoća greške po paketu podataka. Transportni protokol sa većom propusnošću pogodniji je za primenu u namenskim radio-komunikacijama. Veća propusnost transportnih protokola znači da je veća i propusnost namenskih radio-komunikacija.

Ključne reči: vreme povratnog puta, UDP protokol, TCP protokol, verovatnoća greške po bitu, propusnost, radio-komunikacije.

Uvod

Savremene namenske radio-mreže (RMr) zasnivaju se na internet protokolu, tako da vojne taktičke radio-mreže (TRMr) mogu da budu deo KIS-a (komandno-informacionog sistema) ili taktičkog interneta u zemljama zapadne alijanse.

Radio-komunikacije za vojne potrebe karakteriše velika verovatnoća greške po bitu do 10^{-3} čak i do 10^{-2} . Radio-komunikacije se odvijaju u prisustvu smetnji sa varijacijom jačine primanog signala. One koriste kanale uskog opsega učestanosti sa semidupleksnim režimom rada (na jednoj učestanosti naizmenično se otpravljaju i primaju podaci). To su neki od najuticajnijih faktora koji nepovoljno deluju na propusnost namenskih radio-komunikacija (Nedeljković, 2004).

Efikasnost radio-komunikacija posmatraćemo kao meru sposobnosti radio-komunikacija za izvršenje funkcije, koja u najvećoj meri zavisi od propusnosti radio-komunikacija. Na propusnost radio-komunikacija imaju uticaj protokoli na transportnom sloju. Transportni protokoli obezbeđuju usluge koje se odnose na vezu i tok podataka. Oni treba da omoguće efikasan prenos podataka preko namenske radio-mreže (Tanenbaum, 2005).

Kao transportni protokoli u taktičkim radio-komunikacijama mogu se koristiti TCP i UDP protokoli. Razmatraćemo njihove performanse sa stanovišta efikasnosti njihove primene u namenskim radio-komunikacijama. Analiziraćemo uticaj vremena povratnog puta (*Round Trip Time, RTT*), (Daglas, 2001) na propusnost transportnih protokola, verovatnoće greške po paketu ili bitu podataka, veličine prozora i veličine paketa podataka. Kriterijum za ocenu pogodnosti protokola biće propusnost protokola.

Propusnost TCP protokola

TCP protokol je konekciono orijentisani protokol i primenjuje šemu zaštite transmisije koja se zasniva na prijemu potvrđivanja entiteta. Pri svakom prijemu podataka TCP šalje otpremnoj strani potvrdu prijema ili da paket nije primljen. Nakon toga šalje se sledeći paket podataka. To praktično znači da u semidupleksnim radio-komunikacijama posle transmisije podataka stanica koja je otpremala prelazi na prijem, a stanica koja je primala prelazi na predaju. Svaki prelazak sa predaje na prijem i obratno unosi kašnjenje. Ono koje se javlja od momenta slanja potvrde prijema do prijema sledećeg paketa podataka naziva se vreme povratnog puta – RTT. To vreme u VF radio-komunikacijama može imati značajne vrednosti. U VHF radio-komunikacijama RTT je manje.

Kako je TCP konekciono orijentisani protokol, mora postojati konekcija prema odgovarajućem portu. Vreme povratnog puta, RTT kao i veličina prozora, utiču na propusnost TCP-a. Ova zavisnost može se odrediti preko proizvoda kašnjenje – propusni opseg.

Propusnost TCP paketa može se izračunati pomoću relacije (Chen, et al, 2004):

$$R = \frac{MSS}{RTT} \text{ b/s} \quad (1)$$

gde je:

MSS – maksimalna veličina segmenta koji se šalje u bitima, RTT je vreme povratnog puta u sekundama.

Razmatraćemo gornje granice propusnosti TCP za različite veličine prozora, a očekivane vrednosti vremena povratnog puta menjaju se prema podacima iz tabele 1. Izračunate su vrednosti propusnosti za različite

veličine prozora u zavisnosti od RTT (pretpostavljeno je da nema greška u prenosu). Vrednosti za RTT u tabeli 1 očekivane su vrednosti kašnjenja u namenskoj radio-mreži i uzete su na osnovu rezultata merenja kašnjenja u namenskoj radio-mreži. Kao najviša vrednost kašnjenja uzeto je da je 9 s s tim da može biti i veće. Razmatraćemo slučajeve za različite vrednosti prozora od 128 B (bajta) do 1024 B (bajta). Primenom relacije (1) dobijene su vrednosti za propusnost TCP protokola u TRMr.

Tabela 1 – Podaci za gornje granice vrednosti propusnosti TCP protokola u zavisnosti od vremena povratnog puta za različite veličine prozora

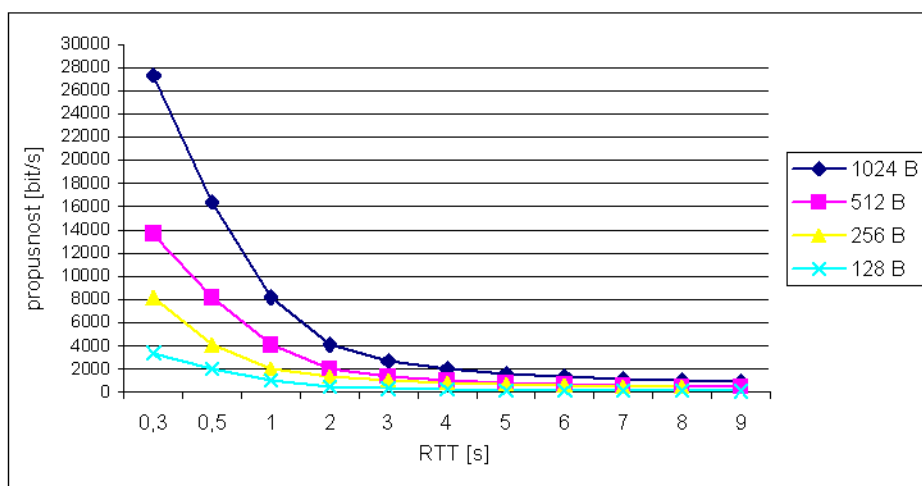
Table 1 – The upper limit values for the TCP protocol versus the round trip time for various window sizes

WS ¹ [B]	1024	512	256	128
propusnost RTT[s]	[b/s]	[b/s]	[b/s]	[b/s]
0,3	27306,66	13653,33	6826,66	3413,33
0,5	16384,00	8192,00	4096,00	2048,00
1	8192,00	4096,00	2048,00	1024,00
2	4096,00	2048,00	1024,00	512,00
3	2730,64	1365,28	682,64	341,28
4	2048,00	1024,00	512,00	256,00
5	1633,60	819,20	409,60	204,80
6	1364,80	682,64	341,28	170,64
7	1170,24	585,12	292,56	146,24
8	1024,00	512,00	256,00	128,00
9	910,16	455,04	227,52	113,76

Na grafikonu na slici 1 prikazana je zavisnost propusnosti TCP od vremena povratnog puta za različite veličine paketa podataka. Na grafikonima se može uočiti da se sa povećanjem RTT propusnost TCP protokola preko radio-kanala znatno smanjuje, a time i brzina prenosa podataka. Za vrednost RTT od 8 s već se dobija propusnost manja ili jednaka 1024 b/s, i to samo za veličinu paketa od 1024 bajta. Ukoliko su paketi podataka manji onda se i propusnost smanjuje. Tako je propusnost TCP za paket od 512 B 3,5 puta veća od propusnosti za paket od 128 B pri RTT=0,3 s. Za RTT manje od 1 s propusnost je sasvim zadovoljavajuća. Za donju granicu RTT stavljena je vrednost 0,3s kada je propusnost najveća. Treba napomenuti da verovatnoća greške po bloku od 0,64 odgovara verovatnoći greške po bitu $P_b=10^{-3}$, dok $P_{pk}=0,001$ odgovara $P_b=10^{-6}$. Može se očekivati da se vrednosti za kašnjenje RTT u VF radio-komuni-

¹ WS – window size, veličina prozora.

kacijama kreću u granicama do 9 sekundi. U stvarnosti se u radio-komunikacijama mogu pojaviti i veće vrednosti kašnjenja, RTT, što će se neminovno odraziti na smanjenje propusnosti TCP preko radio-kanala. Takođe, uočava se da se smanjenjem veličine prozora smanjuje i propusnost TCP protokola, tako da je najveća propusnost za veličinu prozora WS=1024 B, a najmanja za WS=128 B. Za vrednosti RTT manje od jedne sekunde dobijaju se veće vrednosti propusnosti. U VVF radio-komunikacijama očekuju se manje vrednosti RTT, manje od 1 s, te će i propusnost biti veća. Da bi se povećala propusnost radio-sistema neophodan je veći prozor i da vreme povratnog puta ima male vrednosti.



Slika 1 – Prikaz zavisnosti propusnosti TCP od vremena povratnog puta, RTT
Figure 1 – Presentation of the dependence of the throughput of the TCP versus the round trip time, RTT

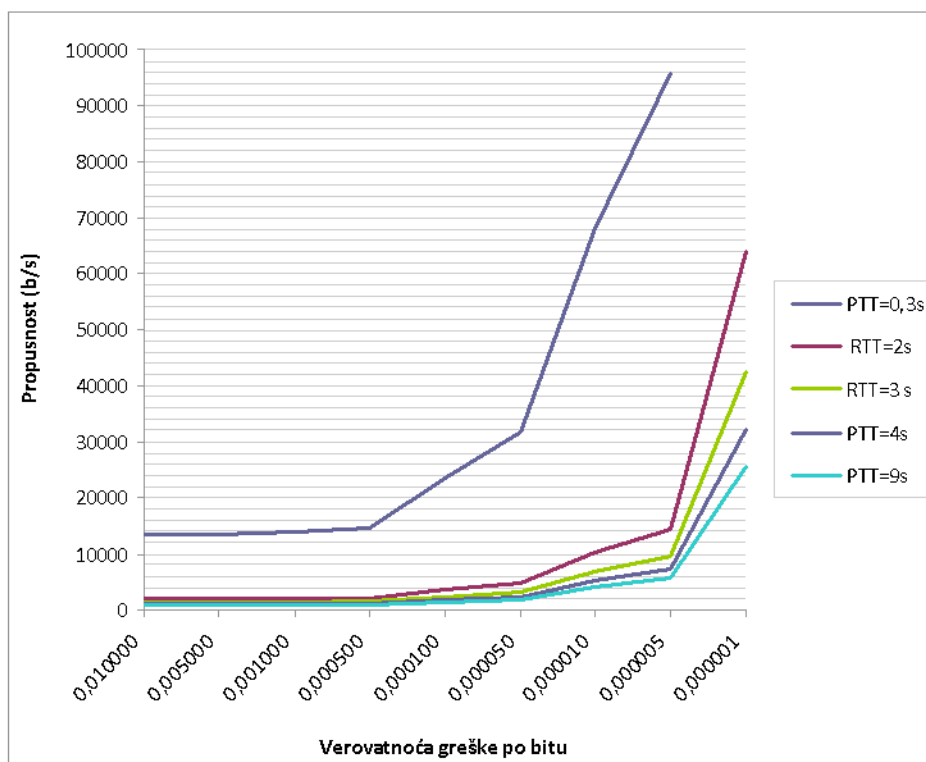
Sledeća analiza odnosi se na situaciju kada se u toku prenosa podataka na paketima javljaju greške. Tada se TCP propusnost redukuje i gornja granica propusnosti može se izračunati preko relacije (Mathis et al, 1997):

$$R = \frac{MSS}{RTT} \frac{1,22}{\sqrt{P_{pk}}}, \quad (2)$$

gde je P_{pk} verovatnoća greške po bloku.

Grafikoni na slici 2 opisuju TCP propusnost u zavisnosti od verovatnoće greške po bitu (*bit error rate*, BER) za različite vredosti RTT. Na grafikonu na slici 2 može se videti da pri povećanju verovatnoće greške po paketu podataka opada propusnost TCP protokola, tako za verovatnoću od 0,98, što odgovara $BER=10^{-3}$, propusnost znatno opada, pa se pouzdano može kon-

statovati da verovatnoća greške po bitu podataka veće od 10^{-3} nisu prihvatljive za radio-komunikacije za prenos podataka, gde se koristi TCP protokol koji gubitak paketa tretira kao zagušenje nastalo tokom prenosa podataka.



Slika 2 – Zavisnost propusnosti TCP od verovatnoće greške po bitu
Figure 2 – TCP throughput versus the packet error rate

Propusnost UDP protokola

UDP protokol ne zavisi od RTT zbog njegovog svojstva da se podaci prenose bez konekcije i bez potvrđivanja prijema podataka od učesnika u vezi. Svaki korisnički datagram, koji je poslao UDP, tretira se kao nezavisni datagram. Korisnički datagrami nisu numerisani, a pošto do odredišta mogu stići izvan redosleda UDP nije u mogućnosti da rekonstruiše njihov prvobitni redosled. Svaka poruka koju proces šalje mora biti dovoljno kratka da može stati u jedan UDP datagram. UDP protokol ne garantuje kvalitet prijema i radi bez korekcije grešaka (tipa ARQ), pa je najpogodnije koristiti korekciju unapred (*Forward error corection*, FEC). On ne dovo-

di u vezu vreme RTT i propusnost podataka, tako da je propusnost UDP protokola veća od propusnosti TCP protokola, a to je od najvećeg značaja za namenske radio-komunikacije (Daglas, 2001).

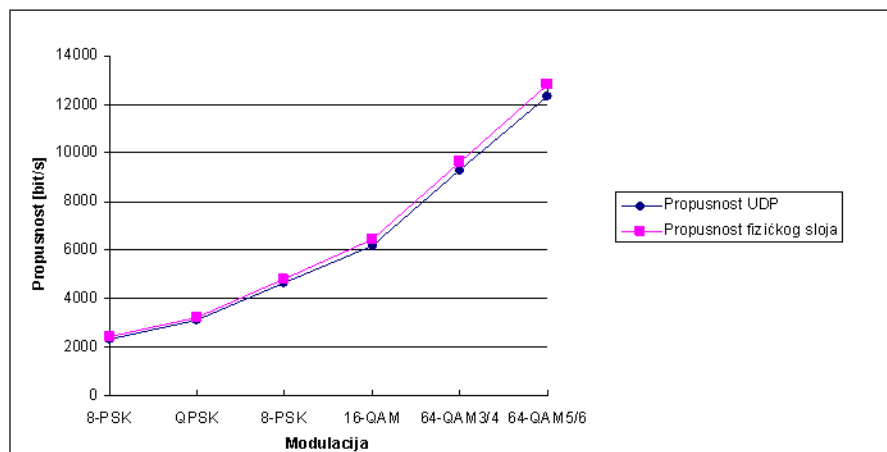
Na propusnost UDP protokola utiču vrsta primenjene modulacije i zaštitnog koda, kao i količine dodatnih bita. Svaki UDP datagram sadrži 28 dodatnih bajtova, koje sačinjavaju zaglavlje UDP protokola od 8 bajtova, plus 20 bajtova od IPv4 (Internet Protocola verzija 4). Pri porastu reda QAM (*quadrature amplitude modulation*) modulacije i sa porastom kodne brzine FEC, postoji linearni porast propusnosti. Takođe, ne može se zanemariti ni smanjenje brzine UDP protokola u odnosu na referentnu brzinu koja nastaje zbog dodatnih bita MAC (*Media Access Control*) protokola i sloja veze (Johnson, et al, 2003).

Tabela 2 – Uticaj primenjene modulacije i zaštitnog kodovanja na propusnost UDP protokola
Table 2 – Impact of the modulation type and the error corection code on the UDP protocol throughput

Modulacija	Kodni količnik	Korisnička brzina podataka (b/s)	Propusnost UDP protokola
64-QAM	1	12800	12326,4
64-QAM	3/4	9600	9244,8
16-QAM	3/4	6400	6163,2
8-PSK	3/4	4800	4622,4
QPSK	3/4	3200	3081,6
8-PSK	2/3	2400	2311,2

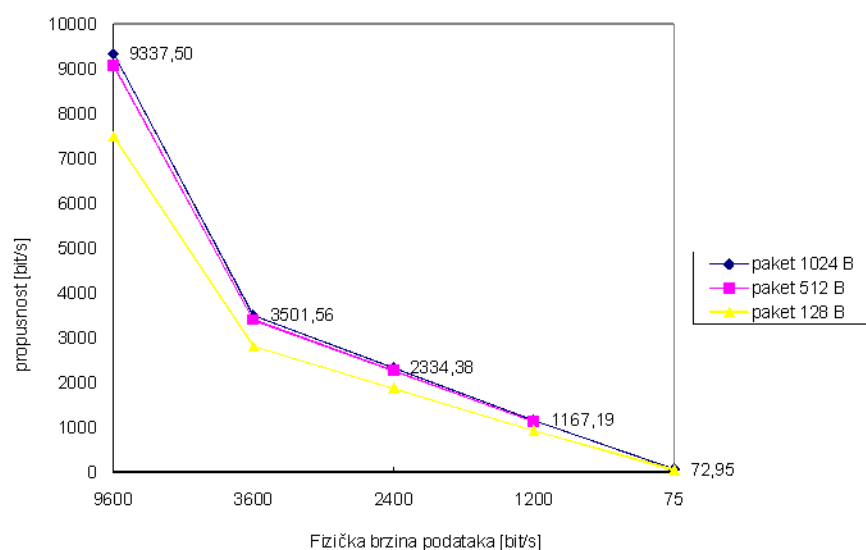
Propusnost UDP protokola računata je sa dodatnim bitima IP i UDP i aproksimativno je manja od propusnosti fizičkog sloja za onoliko procenata koliko je učešće dodatnih bita u podacima. Ako se pri tome uzmu u obzir i dodatni biti MAC protokola, odnosno protokola sloja veze, propusnost će biti manja. Primera radi, zaglavlje MAC protokola WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) bežične komunikacije iznosi 6 B i nema značajan uticaj na propusnost sistema. Međutim, dodatni biti zaglavlja STANAG 5066 mogu zauzeti od 22% za veće pakete, do 60% za manje pakete podataka.

Na grafikonima na sl. 3 može se uočiti da sa porastom reda QAM i porastom kodne brzine FEC raste propusnost UDP protokola. Takođe je zanemarljivo smanjenje brzine UDP u odnosu na referentnu brzinu, što se javlja zbog uticaja MAC i IP. Uočava se da postoji neznatna razlika u propusnosti fizičkog sloja i UDP protokola. Može se očekivati da se u radio-komunikacijama primenjuju snažniji zaštitni kodovi na kanalima sa većim šumom kako bi se eliminisale greške nastale tokom prenosa podataka. UDP protokol obezbeđuje veću propusnost preko radio-komunikacija od TCP protokola, pogotovo u slučajevima kada vreme RTT uzima veće vrednosti. Primenom pogodnih oblika zaštitnog kodovanja i dužine bloka podataka sa UDP protokolom moguće je ostvariti efikasan prenos podataka preko namenskih radio-komunikacija.



Slika 3 – Grafički prikaz propusnosti UDP protokola i fizičkog sloja u zavisnosti od vrste modulacije

Figure 3 – UDP protocol and physical layer throughput versus a type of modulation



Slika 4 – Propusnost UDP protokola za različite brzine prenosa i veličine paketa podataka

Figure 4 – UDP protocol throughput for different transmission rates and packet sizes

Na slici 4 prikazana je zavisnost propusnosti UDP protokola od veličine paketa podataka za različite brzine prenosa podataka. Može se zaključiti da ukoliko se IP/UDP protokol koristi sa paketima različite veličine i brzine prenosa, onda propusnost opada sa opadanjem veličine paketa,

što je izraženije na višim brzinama prenosa. Kako veći paketi podataka imaju veću verovatnoću pojavljivanja grešaka, to se preporučuje zaštitno kodovanje radi povećanja pouzdanosti prenosa podataka.

Tabela 4 – Propusnost UDP protokola sa STANAG 5066
Table 4 – UDP protocol throughput with STANAG 5066

linijska brzina	PDU veličina	propusnost (b/sec)	ukupno dodatnih bitova	IP/UDP dodatnih bitova	S5066 dodatnih bitova
9600	2048	7330	24%	1%	23%
9600	1500	5859	39%	2%	37%
9600	1024	6639	31%	3%	28%
9600	512	3898	59%	5%	54%
9600	256	2016	79%	10%	69%
9600	128	1010	89%	17%	72%
9600	64	506	95%	30%	65%
1200	2048	1027	14%	1%	13%
1200	1024	966	20%	3%	17%
1200	512	900	25%	5%	20%
1200	256	896	25%	10%	15%
1200	128	766	36%	18%	18%
1200	64	483	60%	31%	29%

Podaci u tabeli 4 ukazuju koliko dodatnih bita unosi protokol sloja veze STANAG 5066 kada se koristi UDP protokol za različite brzine prenosa i za različite veličine jedinice podataka. Podaci ukazuju na to da je na srednjim i manjim brzinama količina dodatnih bita STANAG 5066 značajna. Tako je propusnost najveća sa većim jedinicama podataka, dok se ona smanjuje sa smanjenjem veličine jedinice podataka pri brzinama od 9600 i 1200 b/s (STANAG 5066).

Komparacija performansi TCP i UDP protokola u TRMr

Rezultati analize transportnih protokola ukazuju na to da TCP može uspešno funkcionisati ako je BER manji od 10^{-5} , što se u praksi ne može uvek ostvariti. TCP će veoma otežano funkcionisati ako je BER $> 10^{-3}$. On je osetljiv na prisustvo smetnji i šumova u primljenom signalu, što dovodi do nepotrebnog smanjenja brzine prenosa i ponavljanja paketa podataka. U VVF komunikacijama vreme kašnjenja je malo, nekoliko desetina milisekunde, odnosno manje od jedne sekunde. U VF radio-komunikacijama kašnjenje može biti znatno veće i preko 10 s. Ukoliko je RTT manje od 0,3 s, uticaj na propusnost biće znatno manji.

Interliver u terminalnim uređajima unosi kašnjenje, npr. dugi interliver od 4,8 s (STANAG 5066) koji u VF radio-komunikacijama unosi RTT od 43 s, (MIL-STD-188-141B) što znatno utiče na smanjenje propusnosti podataka. Da bi se omogućilo normalno funkcionisanje aplikacija, odnosno transportnih protokola u radio-podmreži, potrebno je koristiti klijente koje obezbeđuje protokol sloja veze. Klijenti obavljaju zadatke TCP protokola u radio-podmreži i omogućuju rad aplikacijama, te može da se ostvari propusnost veća za 20 do 30% od propusnosti TCP protokola. Performanse TCP protokola pokazuju slabosti kada su u pitanju brzine kompletiranja poruka, veliko kašnjenje i problemi u konekciji učesnika. TCP protokol ne podržava višestruko i difuzni prenos podataka. Neophodno je postaviti optimalne vrednosti parametara TCP protokola, posebno početni period retransmisije. Za propusnost je važna i količina dodatnih bita (*overhead*). Veličina zaglavlja TCP/IP (za IP v4) jeste reda 40 bajta (Daglas, 2001), što smanjuje efikasnost prenosa, jer su to dodatni biti datagrama koji u znatnoj meri zauzimaju resurse kanala. Kompresijom zaglavlja TCP/IP se umesto zaglavlja od 40 bajta koristi komprimovano zaglavlje sa samo 4 bajta, pa se time povećava efikasnost protokola. Dokumenti RFC 2507 i 2508 definišu kompresiju zaglavlja za TCP/IP i UDP protokole.

Na propusnost UDP protokola najveći uticaj imaju dodatni biti u zaglavlju i biti MAC sloja, kao i redundantni biti za korekciju grešaka. Takođe, uticaj ima i primenjeni modulacioni postupak. Primena tehnika za korekciju grešaka ima efekte poboljšanja odnosa signal–šum od nekoliko decibela. S tog stanovišta moguć je prijem i pri verovatnoći greške po bitu od 10^{-3} . Iako zaštitno kodovanje smanjuje propusnost podataka u radio-komunikacijama, ono je veoma značajno sa stanovišta pouzdanosti prenosa podataka, jer omogućuje prenos podataka do aplikacija bez grešaka. UDP protokol sadrži manju količinu dodatnih bita od TCP protokola, zaglavlje 8 B i IP 20 B. Sa stanovišta brzine prenosa poruka između korisnika namenskih radio-komunikacija UDP protokol pruža bolje performanse od TCP protokola. Ukoliko postoji potreba za korekcijom grešaka onda se ovaj problem može rešiti zaštitnim kodovanjem sa nekim odgovarajućim zaštitnim kodom. Time se omogućuje prenos podataka i u uslovima kada verovatnoća greške po bitu iznosi i 10^{-3} .

Zaključak

U radu su prikazani rezultati istraživanja uticaja TCP i UDP protokola na efikasnost namenskih radio-komunikacija, kao i mogućnosti njihove primene u namenskim radio-komunikacijama. Namenske radio-komunikacije unose značajno vreme kašnjenja u toku transmisije podataka, a

zbog delovanja šumova i smetnji znatan deo podataka na prijemnoj strani može biti oštećen. U analizi propusnosti TCP protokola pokazalo se da je on osetljiv na kašnjenje i da njegova propusnost opada sa porastom vremena povratnog puta, RTT. Kako propusnost TCP-a zavisi i od verovatnoće grešaka po paketu (bitu) podataka, to je definisana granica vrednosti verovatnoće greške po bitu za koje TCP može još uvek uspešno funkcionisati, kao i vrednosti za normalno funkcionisanje TCP. Kako se u radio-komunikacijama, posebno u VF radio-komunikacijama, može očekivati veće kašnjenje i veće verovatnoće grešaka po paketu podataka, to se sa TCP protokolom u takvim uslovima ne može ostvariti veća propusnost, te će i propusnost radio-komunikacija biti mala. Zaključujemo da je za TCP protokol neophodan radio-kanal sa malim postotkom grešaka u prenosu i malim kašnjenjem RTT, što se u namenskim radio-komunikacijama ne može očekivati.

UDP protokol nije zavisao od RTT, zato što je to protokol bez konekcije i bez potvrđivanja prijema. Greške koje nastaju u toku prenosa podataka mogu se korigovati zaštitnim kodovanjem, kao što su konvolucionni ili blok kodovi. UDP protokolom ostvaruje se veća propusnost i manje kašnjenje podataka u odnosu na TCP protokol. Sa UDP protokolom ostvaruje se veća propusnost namenskih radio-komunikacija.

Literatura

Chen, K., Xue, Y., Shah, S., & Nahrstedt, K. 2004. Understanding bandwidth-delay product in mobile ad hoc networks. U Computer Communications. Department of Computer Science, University of Illinois.

Daglas, C. 2001. Povezivanje mreža TCP/IP principi, protokoli i arhitektura. Beograd: CET. prevod IV izdanja.

Johnson, E., Balakrishnan, M., & Tang, Z. 2003. Impact of turnaround time on wireless MAC protocols. U: Military Communications Conference, MILCOM '03. IEEE.

Mathis, M., Semke, J., & Mahdavi, J.J. 1997. The Macroscopic Behavior of the TCP Congestion Avoidance Algorithm. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 5, str. 27.

MIL-STD-188-141B, Interoperability and Performance Standards for Medium and High Frequency Radio Systems (2013) Preuzeto sa http://www.fhlink.com/standards/ALE/ALE_standard_188_141B.pdf 2013 Feb 13.

Nedeljković, L. 2004. "Adaptivni i automatski VF radio-komunikacioni sistem", Vojnotehnički glasnik, 52(2)(2), str. 182-193. Preuzeto sa <http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0042-84690402182N>

STANAG 5066, V 1.2, NATO Standardization Agreement: Profile for Maritime High Frequency (HF) Radio Data Communications (2013) Preuzeto sa <http://www.everyspec.com> 2013 Feb 12.

Tanebaum, S. 2005. Računarske mreže, 4th. Mikro knjiga.

IMPACT OF TRANSPORT LAYER PROTOCOLS ON THE EFFICIENCY OF SPECIAL PURPOSE RADIO-COMMUNICATIONS

Col Ljubiša S. Nedeljković, (ret)
Belgrade

FIELD: Telecommunications
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

The efficiency of special purpose radio-communications depends on transport layer protocols. Many factors have an impact on special purpose radio-communications efficiency, as well as TCP and UDP protocols. This paper presents the transport protocols throughput analysis in the HF and VHF radio-communications versus RTT and packet error rate probability. This paper considers a possibility of the application of TCP and UDP protocols in special purpose radio-communications. The following factors will be considered: RTT, Round Trip Time, data packet size, window size and bit error rate. It can be seen from the analysis which transport protocol is the most suitable for special purpose radio-networks.

TCP throughput

The TCP is a connection-oriented protocol with a capability of retransmissions and acknowledgement. The TCP protocol throughput versus Round Trip Time and windows size has been considered. The TCP throughput depends on RTT - when the RTT increases, then the throughput decreases. The RTT has a value up to 9 s. Then the article considers the TCP throughput versus the packet error rate, where for a maximum bit error rate of 10^{-3} the TCP throughput is very bad. The BER values of more than 10^{-3} are not appropriate for the TCP, since the throughput is then very small.

UDP throughput

The UDP is the other transport layer services alternative. The UDP is a connectionless protocol with error detection. The UDP throughput depends on overhead bits and the type of modulation. The UDP has fewer overhead (nondata) bits than the TCP, header 8 B and IP header 20 B. The UDP throughput is close to the equal transmission rate of the physical layer.

Performance comparison between the TCP and the UDP in the tactical radio-network

TCPs are successful when the BER is from 10^{-5} to 10^{-6} . If the RTT is longer than 10^3 , the TCP will be difficult to operate. A delay in the HF and VHF radio-communications may be long and the TCP

throughput is very slow. When the RTT is shorter than 0.3 s, the TCP throughput is good. If the RTT increases beyond 1s, the TCP throughput rapidly decreases.

The UDP is a connectionless protocol, without acknowledgement. The UDP protocol is independent of the RTT due to its connection-less behavior, i.e. due to the abdication od reverse link acknowledgement signalling. The UDP throughput is approximately several percent less than the physical throughput due to the overhead.

Conclusion

The TCP is not a suitable transport protocol for special purpose radio-communications with large amounts of bit-error rate and long RTT. Its throughput in that condition will be small. The performance of the UDP protocol in special purpose radio-communications is better than the performance of the TCP protocol. Its throughput is independent of the RTT due to its connection-less behavior. The UDP is suitable for the transport protocol for special purpose radio-communications.

Key words: round trip time; UDP protocol; TCP protocol; bit error rate; throughput; radio communication.

Datum prijema članka/Paper received on: 30. 05. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 03. 11. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 05. 11. 2013.

HEURISTIKA I ZAKONSKA REGULATIVA U OBLASTI ZAŠTITE TAJNIH PODATAKA U FUNKCIJI EDUKACIJE SUBJEKATA SISTEMA ODBRANE

Paun J. Bereš

Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Uprava za obaveze
odbrane, Centar MO za lokalnu samoupravu Zrenjanin

DOI: 10.5937/vojtehg62-4696

OBLAST: bezbednost i zaštita
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Edukacija o zaštiti tajnih podataka trebalo bi da bude u vrhu prioriteta kada je reč o obezbeđenju zaštite vitalnih interesa države. Neki podaci ne treba da budu dostupni javnosti, jer se uglavnom odnose na nacionalnu bezbednost, te niko ne bi trebalo da dovodi u pitanje potrebu zaštite ove vrste podataka. Ovaj rad namenjen je edukatorima koji se bave zaštitom tajnih podataka i posebno onima koji rade ili dolaze u kontakt sa poverljivim podacima, sa ciljem da ih informiše o nacionalnom sistemu zaštite tajnih podataka u Srbiji i osposobi za primenu važeće zakonske regulative primenom heurističkog modela edukacije. U radu su navedeni pravni propisi koji regulišu zaštitu podataka, kao i propisani standardi i mere zaštite tajnih podataka.

Ključne reči: *heuristika, korišćenje informacija, klasifikacija, zaštita.*

Uvod

Heuristika je „nauka o načinima iznalaženja novih naučnih spoznaja“ (Hotomski, 1995), a reč koja označava taj pojam potiče od reči heureka – „našao sam, pronašao sam“ (Bereš, 2005).

Heuristički prilaz problemu je empirijska pretraga ili optimizacioni metod koji obično rešava probleme, ali nema nikakav dokaz koji bi matematičari i fizičari prihvatili. Niko ne zna da li će uvek dati najbolji odgovor (rešenje problema). Dok je metaheuristika shematski metod za pronalaženje dobre heuristike za pojedinačne probleme, to je pojam koji se često javlja u evolutivnim (razvojnim) algoritmima ili fazi-logičkim aplikacijama:

- „Kakve parametre podešavanja da koristim da bih dobio dobre rezultate kada primenjujem heurističku metodu X na problemu Y ?“.
- „Kako da prilagodim parametre heuristike X da bih dobio bolje rezultate problema Y ?“.

- „Koje je bolje, heuristika X ili heuristika Y ? ” (Amaldi, Capone, Malucelli, 2003).

Pod heurističkim modelovanjem (Kvašček, 1978) podrazumeva se stvaranje takvog modela koji ima heurističko značenje i predstavlja originalna rešenja u jednom te istom modelu, tj. taj model omogućava pronalazanje novih znanja i razvija stvaralaštvo zahtevajući od subjekata ovu ili onu samostalnost uz uvažavanje nivoa predznanja svakog subjekta u svom domenu ponaosob (na primer: u našem slučaju oblast bezbednosti i zaštite vitalnih interesa naše države).

Savremenom svetu (postindustrijskom, tehnološkom, informatičkom, globalnom) potrebni su ljudi, obučeni, spremni i sposobni da koriste nova kompleksna oruđa, brzo i efikasno usvajaju, izgrađuju i primenjuju raznovrsna znanja, aktivno i odgovorno učestvuju u složenim društvenim i ekonomskim odnosima i procesima u svakodnevnom životu i donose adekvatne, racionalne i najbolje odluke, a pogotovo u oblasti bezbednosti i zaštite vitalnih interesa države kada je neophodno čuvanje i zaštita istih pod određenim stepenom tajnosti.

U svetu, koji se brzo menja i u kojem se znanja svakodnevno usložavaju i proširuju, a izvori informacija iz svih oblasti, pogotovo interesantnih za *bezbednost i zaštitu vitalnih interesa za državu*, neslućeno umnožavaju, podatak, informacija i činjenica mogu postati bespredmetni i prevaziđeni i pre nego što su upotrebljeni, jer nisu zaštićeni, što može imati negativne posledice, ako neko do njih dolazi nelegalno. Heurističkim pristupom rešavanju problema i projektovanjem budućih sistema u funkciji bezbednosti i zaštite vitalnih interesa za državu teži se prevazilaženju pomenutih problema.

Postoje razne vrste podataka. Oni mogu biti javni ili „otvoreni” podaci, podaci sa ograničenim pristupom (tajni podaci, podaci o ličnosti, poslovne i profesionalne tajne), a mogu biti u državnoj svojini ili u drugim oblicima svojine. Ne mogu svi podaci da budu označeni kao tajni. Klasifikacija određenog podatka nameće se prevashodno iz njegove sadržine. Sadržina ovog tipa podataka opredeljuje potrebu zaštite podatka, u odnosu na interes građana da ostvari uvid u neku informaciju od javnog značaja, jer se u praksi ovi podaci odnose na nacionalnu bezbednost.

Uređenje sistema zaštite podataka u Republici Srbiji je u toku. Zakonska regulativa koja se bavi ovom materijom zaokružena je usvajanjem:

- Zakona o slobodnom pristupu informacijama od javnog značaja;
- Zakona o zaštiti podataka o ličnosti;
- Zakona o tajnosti podataka.

Zakon o tajnosti podataka predstavlja jedinstven sistem određivanja i zaštite tajnih podataka od interesa za nacionalnu i javnu bezbednost, odbranu, unutrašnje i spoljne poslove, kao i zaštitu stranih tajnih podataka. Ovim zakonom uređen je način pristupa tajnim podacima i prestanak njihove tajnosti, nadležnost organa i nadzor nad sprovođenjem ovog zakona, kao i odgovornost za neizvršavanje obaveza i druga pitanja.

Tajni podatak po definiciji „predstavlja podatak od interesa za Republiku Srbiju koji je zakonom, drugim propisom ili odlukom nadležnog organa donesenog u skladu sa zakonom, određen i označen određenim stepenom tajnosti, *sa napomenom da se tajnim podatkom ne smatra podatak koji je označen kao tajni radi prikrivanja krivičnog dela, prekoračenja ovlašćenja, zloupotrebe službenog položaja i drugog nezakonitog akta ili postupanja*“. Nacionalni organ za zaštitu tajnih podataka u našoj državi je *Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka* (u daljem tekstu *Kancelarija Saveta*), koja predstavlja stručnu službu Vlade Republike Srbije i nadležna je za zaštitu stranih tajnih podataka (Evropske unije, NATO, EUROPOL, ...), usaglašavanje bilateralnih sporazuma u oblasti razmene i zaštite tajnih podataka, izdavanje bezbednosnih sertifikata za pristup nacionalnim i stranim tajnim podacima, kontrolu i stručni nadzor nad primenom Zakona o tajnosti podataka i potpisanih međunarodnih sporazuma, kao i edukaciju kadrova organa javne vlasti po pitanju zaštite tajnih podataka.

Ministarstvo odgovorno za pravosuđe odgovorno je i za „vođenje politike“ zaštite tajnih podataka i inspeksijski nadzor nad primenom zakona (Kovačević, 2013).

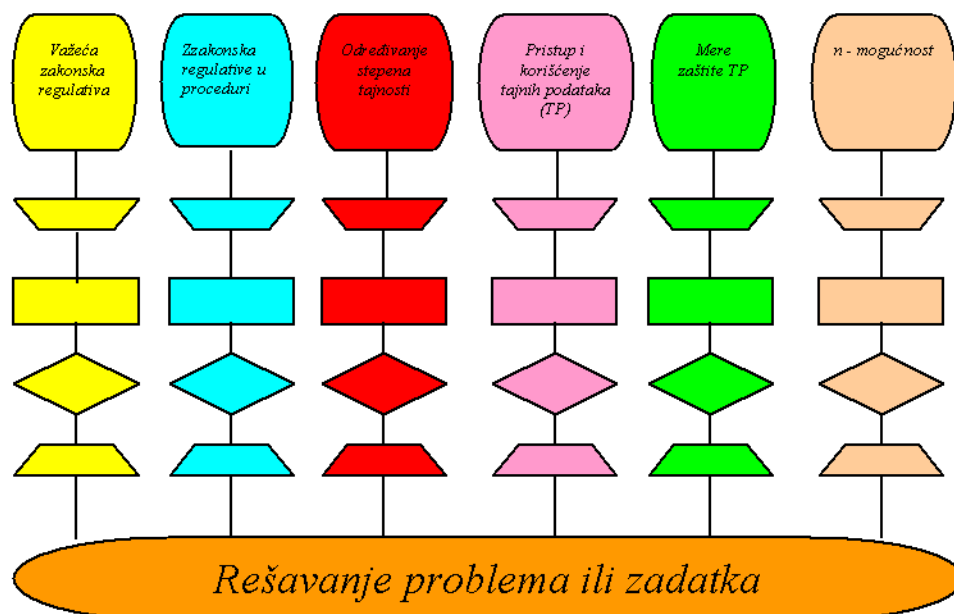
Heuristika, edukacija i bezbednost i zaštita podataka od značaja za vitalne interese države

Heuristički model edukacije u funkciji rešavanja problema i donošenja adekvatnih odluka u oblasti zaštite tajnih podataka opisan je u svim svojim modalitetima primene u skladu sa važećom zakonskom regulativom (Bereš, 2013).

Heuristički model veoma malo determiniše radnje u toku rešavanja problema, tako da ostavlja subjektu – članu tima mogućnost pronalaženja jednog ili svih mogućih rešenja zavisno od predznanja, stepena samostalnosti i njegovih stvaralačkih sposobnosti. Ovakav pristup rešavanju problema omogućuje svakom subjektu – članu tima da postigne svoj maksimum, kako slabijim, prosečnim, tako i natprosečnim, tj. talentovanim članovima tima koji rade ili dolaze u kontakt sa podacima od značaja za bezbednost i zaštite vitalnih interesa države. Postavljanje problema heurističkom strategijom znači da je član tima stavljen u položaj da otkrije, primenom starog iskustva u novim situacijama, da poznata znanja dovodi u novu situaciju (funkciju), otkriva nove puteve kreativnog rešavanja problema u ovoj oblasti.

Heuristički model edukacije upotrebljen je za rešavanje problema frekventnih bezbednosnih situacija u realnom skupu bezbednosnih situacija koje se javljaju u svakodnevnom radu, kada se radi o značajnim podacima i onima koji imaju i stepen tajnosti.

Slika 1 predstavlja problemsku situaciju u vidu heurističkog algoritma, koji prikazuje lepezu mogućnosti i problema koje treba rešiti i staviti ih u funkciju edukacije onih koji rade i dolaze u kontakt sa podacima sa stepenom tajnosti (Bereš, 2013).



Slika 1 – Problemska situacija – heuristički algoritam
Figure 1 – Problem situation-heuristic algorithm

Na raspolaganje imamo:

- I. Pravnu materiju koja je na snazi (Kovačević, 2013):
 1. Zakon o tajnosti podataka („Službeni glasnik RS“ br. 104/2009)
 2. Uredba o osnivanju Kancelarije Saveta za nacionalnu bezbednost („Službeni glasnik RS“ br. 12/2009)
 3. Uredba o obrascima bezbednosnih upitnika („Službeni glasnik RS“, broj 30/10)
 4. Uredba o sadržini, obliku i načinu dostavljanja sertifikata za pristup tajnim podacima („Službeni glasnik RS“ broj 54/10)
 5. Uredba o određivanju poslova bezbednosne zaštite određenih lica i objekata („Službeni glasnik RS“ br. 72/2010)
 6. Uredba o uvećanju plate državnih službenika i nameštenika koji obavljaju poslove u vezi sa zaštitom tajnih podataka u Kancelariji Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka i Ministarstvu pravde („Službeni glasnik RS“ broj 79/10)

7. Uredba o sadržini, obliku i načinu vođenja evidencija za pristup tajnim podacima („Službeni glasnik RS“ broj 89/10)

8. Uredba o načinu i postupku označavanja tajnosti podataka, odnosno dokumenata („Službeni glasnik RS“ broj 8/11)

9. Uredba o posebnim merama zaštite tajnih podataka u informaciono-telekomunikacionim sistemima („Službeni glasnik RS“ broj 53/11)

10. Uredba o posebnim merama nadzora nad postupanjem sa tajnim podacima („Službeni glasnik RS“ broj 090/2011)

11. Uredba o posebnim merama fizičko-tehničke zaštite tajnih podataka („Službeni glasnik RS“ broj 097/2011)

II. Pravnu materiju koja je u proceduri:

1. Zakon o informacionoj bezbednosti

2. Pravilnik o službenoj legitimaciji i načinu rada lica ovlašćenih za vršenje nadzora nad sprovođenjem zakona

3. Uredba o utvrđivanju kriterijuma za označavanja podataka stepenom tajnosti „DRŽAVNA TAJNA“ i „STROGO POVERLJIVO“

4. Uredba o industrijskoj bezbednosti

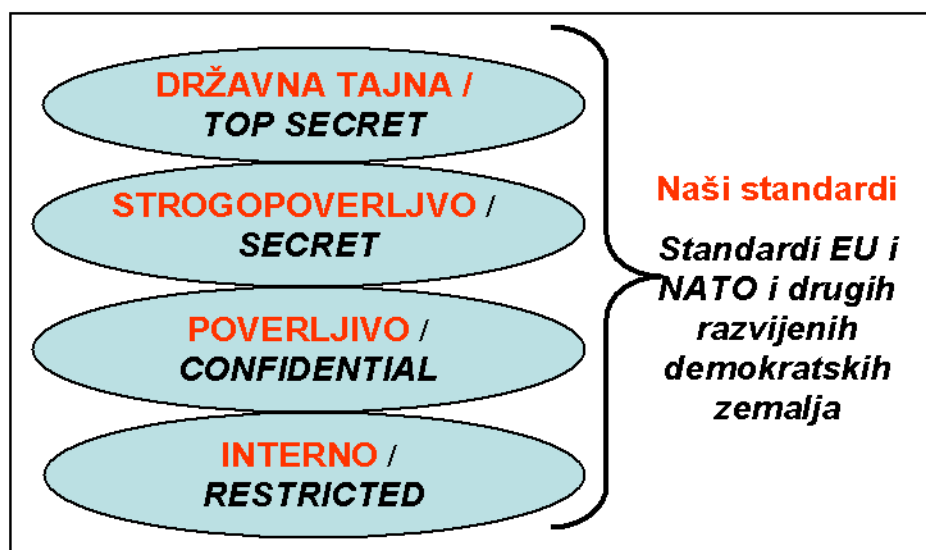
III. Moguća rešenja u oblasti zaštite tajnih podataka:

– Određivanje stepena tajnosti:

Primena zakona o tajnosti podataka kao jedinstven sistem prikazan je na slici 2, kao i upoređivanje naših standarda sa standardima EU, NATO i drugih (slika 3).

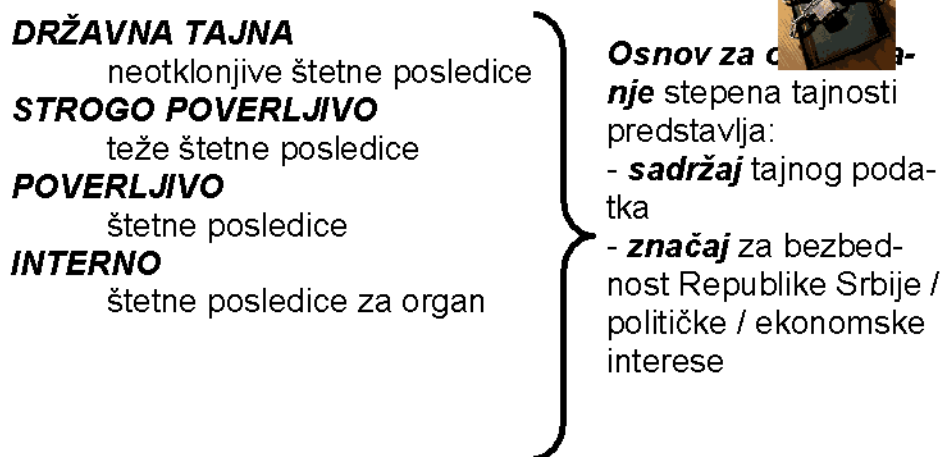


Slika 2 – Zakon o tajnosti podataka – jedinstven sistem
Figure 2 – The Law on Data Confidentiality - A unique system



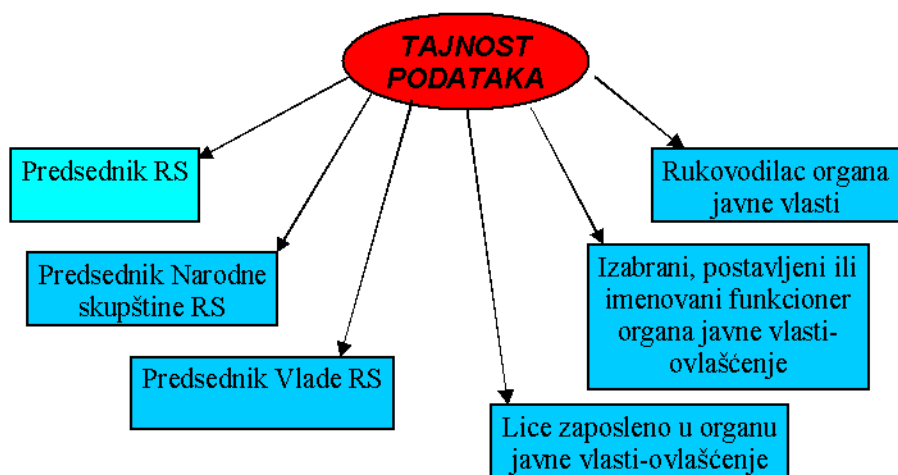
Slika 3 – Standardi u R. Srbiji, EU i u drugim zemljama
Figure 3 – Standards in the Republic of Serbia, the EU and other countries

Osnov za određivanje stepena tajnosti prikazan je na slici 4.



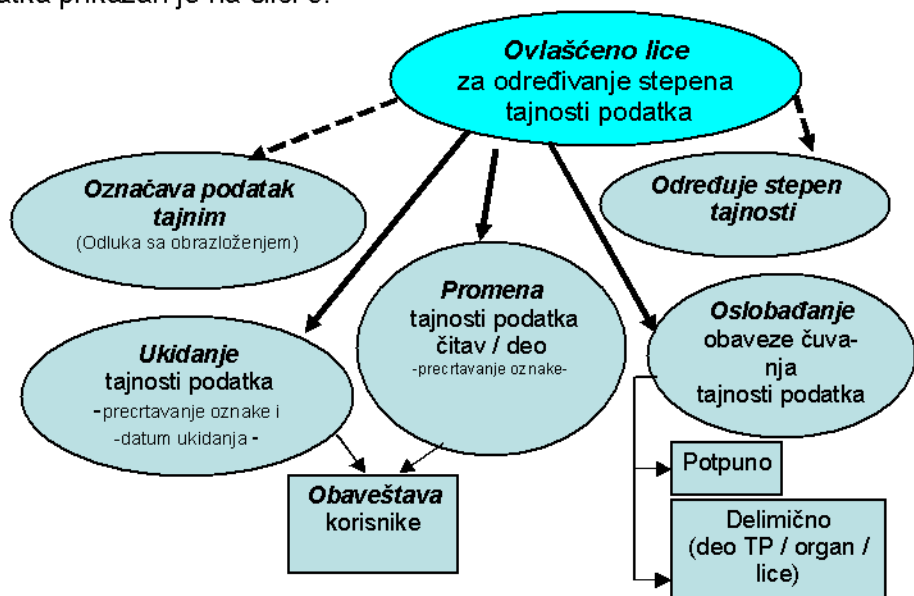
Slika 4 – Određivanje stepena tajnosti podataka
Figure 4 – Determination of data confidentiality

Ovlašćena lica za određivanje stepena tajnosti podataka prikazana su na slici 5.



Slika 5 – Ovlašćena lica za određivanje stepena tajnosti podataka
Figure 5 – Persons authorized to determine the level of data confidentiality

Delokrug poslova ovlašćenog lica za određivanje stepena tajnosti podatka prikazan je na slici 6.

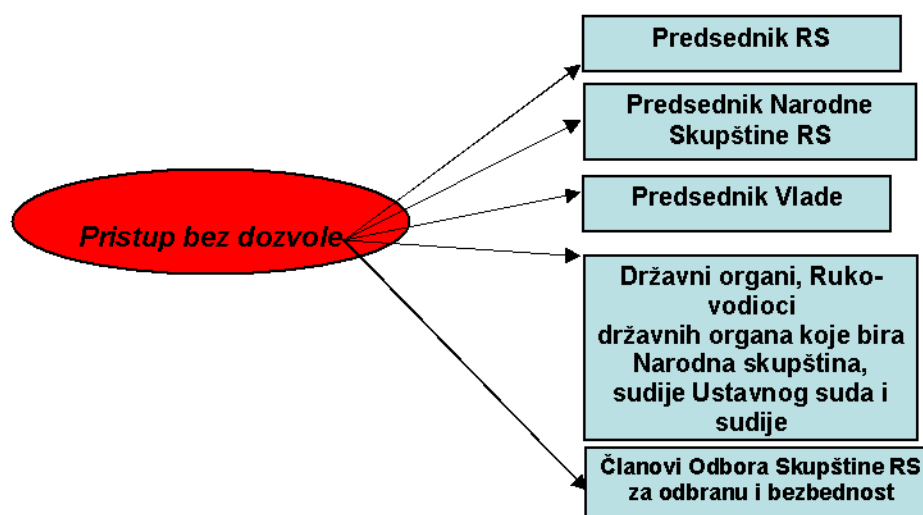


Slika 6 – Ovlašćeno lice za određivanje stepena tajnosti podatka
Figure 6 – A person authorized to determine the degree of confidentiality

– Pristup i korišćenje tajnih podataka:

- *Princip „potrebno je da zna„ („need to know„)* – opravdana potreba lica za korišćenjem tajnih podataka radi izvršavanja njegovih poslova, na osnovu izdatog sertifikata ili dozvole za pristup tajnim podacima.
- *Sertifikat ili dozvola za pristup tajnim podacima* – stepena tajnosti „DRŽAVNA TAJNA“, „STROGO POVERLJIVO“ i „POVERLJIVO“
- „INTERNO“ – pristup imaju svi zaposleni u organu i organizaciji, bez dozvole za pristup tajnim podacima.

Pristup tajnim podacima bez bezbednosne provere prikazan je na slici 7.



Slika 7 – Pristup tajnim podacima bez bezbednosne provere
Figure 7 – Access to classified data without security checks

Organi nadležni za vršenje bezbednosnih provera su (Kovačević, 2013):

- Bezbednosno-informativna agencija (za stepene tajnosti „STROGO POVERLJIVO“ i „DRŽAVNA TAJNA“),
- Ministarstvo unutrašnjih poslova (za stepen tajnosti „POVERLJIVO“),
- Vojnobezbednosna agencija (za pripadnike Ministarstva odbrane za sve stepene tajnosti).

Po dobijanju izveštaja o rezultatu bezbednosne provere, od nadležnog organa za vršenje bezbednosnih provera, Kancelarija Saveta izrađuje: *rešenje o odbijanju zahteva za izdavanje sertifikata za pristup tajnim podacima ili rešenje o odobrenju izdavanja sertifikata za pristup tajnim podacima.*

Ukoliko lice ne podnese žalbu na doneto rešenje u roku od petnaest dana, Kancelarija Saveta poziva lice i upoznaje ga sa propisanim bezbednosnim pravilima i procedurama za pristup tajnim podacima, kao i sa pravnim i drugim posledicama njihovog neovlašćenog korišćenja. Po potpisivanju izjave, kojom se potvrđuje da je imenovani upoznat sa navedenim bezbednosnim pravilima i procedurama, uručuje mu se bezbednosni sertifikat za pristup tajnim podacima zahtevanog stepena tajnosti.

Period važenja sertifikata je za:

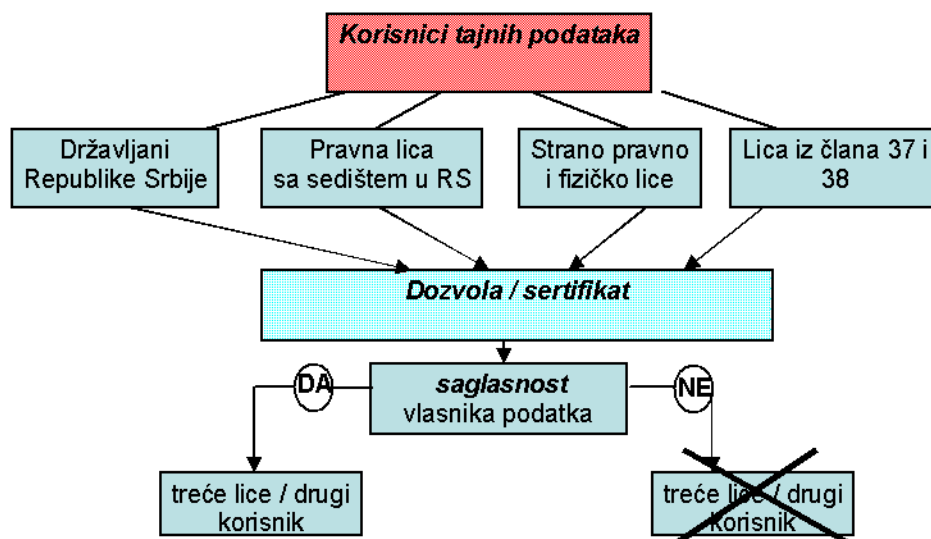
„DRŽAVNU TAJNU“ – 3 godine,

„STROGO POVERLJIVO“ – 5 godina,

„POVERLJIVO“ – 10 godina i

„INTERNO“ – 15 godina – izdaje se pravnim licima, fizička potpisuju izjavu.

Korišćenje tajnih podataka prikazano je na slici 8.



Slika 8 – Korisnici tajnih podataka
Figure 8 – Users of classified information

Mere zaštite tajnih podataka:

1. Fizička zaštita – prostor/prostorija u kojoj se čuvaju, koriste, obrađuju ili uništavaju tajni podaci: bezbednosno-zaštitni mehanizam na ulaznim vratima (deponovanje podataka), oprema za sigurno čuvanje predmeta i dokumenata, energetski priključci (neprekidno i alternativno napajanje), bezbednosni mehanički sistem za zaključavanje (ograničen broj ključeva).

2. Administrativna zaštita.

3. Zaštita lica koja rukuju tajnim podacima.

4. Informatička zaštita.

5. Industrijska zaštita.

Kriterijumi za određivanje mera zaštite tajnog podatka (stepen tajnosti, sadržaj, vrsta i forma).

– *Administrativna zona* je prostor ili prostorija u kojoj je obezbeđen nadzor ulaska, izlaska i kretanja lica i vozila. U ovoj zoni dozvoljeno je rukovanje tajnim podacima stepena tajnosti „INTERNO“.

– *Bezbednosna zona* je prostor ili prostorija u kojoj je dozvoljeno rukovanje tajnim podacima svih stepena tajnosti. Bezbednosna zona, pored opštih, mora da ispuni posebne fizičko-tehničke mere zaštite tajnih podataka.

Bezbednosne zone mogu biti I. ili II. stepena:

– Bezbednosna zona I. stepena:

- *DRŽAVNA TAJNA, STROGO POVERLJIVO i POVERLJIVO.*
- *Mora biti vidno označena (obaveštenje) osim ako starešina organa odredi drugačije.*
- *Video-nadzor na ulazu i evidencija ulaza/izlaza.*
- *Vođenje evidencija o pristupu TP (korišćenju i uvidu).*
- *Zabrana unošenja sredstava za moguću zloupotrebu.*
- *Neposredno i neprekidno fizičko obezbeđenje/elektronski sistem za protivprovalu (jedinica za intervenciju.)*
- *Neprekidno tehničko obezbeđenje.*
- *Obilaženje prostorija van radnog vremena.*
- *Bezbednosna propusnica/posebna bezbednosna propusnica.*

– Bezbednosna zona II. stepena:

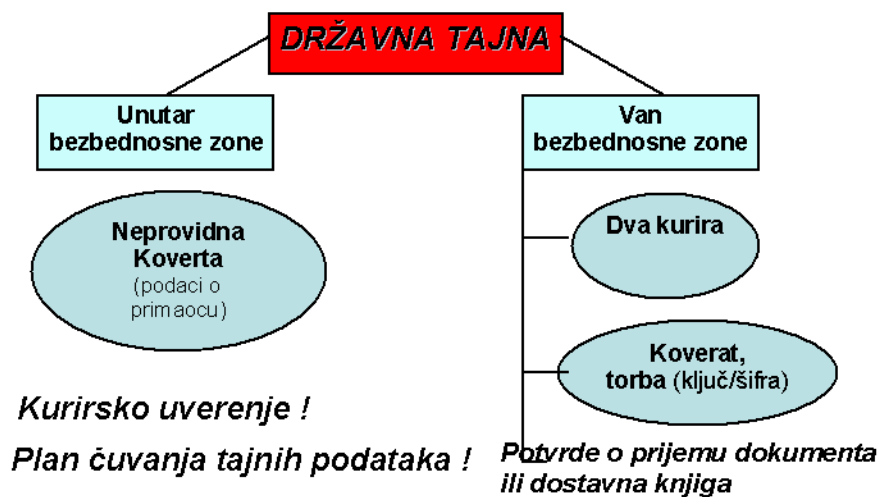
- *DRŽAVNA TAJNA, STROGO POVERLJIVO i POVERLJIVO.*
- *Mora biti vidno označena (obaveštenje) osim ako starešina organa odredi drugačije.*
- *Video nadzor na ulazu i evidencija ulaza/izlaza.*
- *Ulazak drugih lica u pratnji zaposlenog.*
- *Zabrana unošenja sredstava za moguću zloupotrebu.*
- *Fizičko i protivprovalno obezbeđenje kao i povremeno pregledanje van radnog vremena.*
- *Bezbednosna propusnica/posebna bezbednosna propusnica.*

Određivanje bezbednosnih zona prema stepenu tajnosti, kao i ostale aktivnosti starešine prikazane su na slici 9.

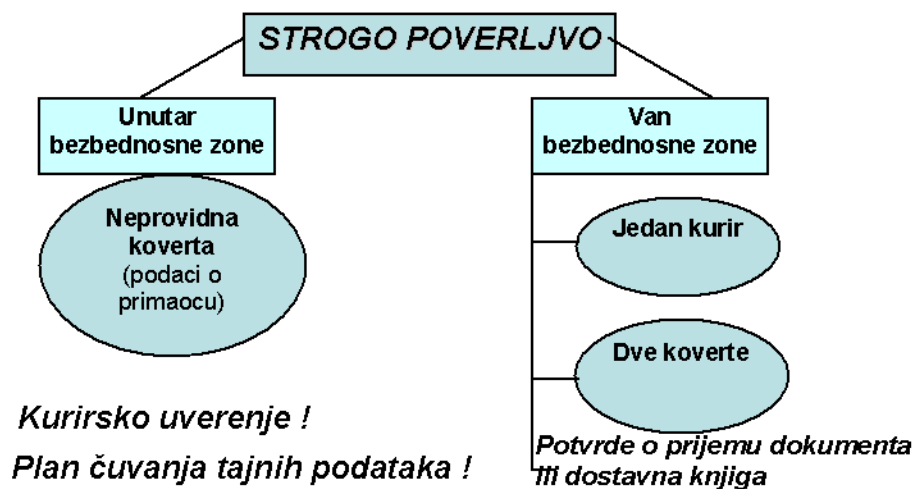


Slika 9 – Određivanje bezbednosnih zona
 Figure 9 – Determination of security zones

Dosadašnja praksa u dostavljanju dokumenta sa stepenom tajnosti prikazani su kao: „Državna tajna“ (slika 10) i „Strogo poverljivo“ (slika 11).



Slika 10 – Dostavljanje dokumenta „Državna tajna“
 Figure 10 – Submitting a document „Top Secret“



Slika 11 – Dostavljanje dokumenta „Strogo poverljivo“
Figure 11 – Submitting a document „Secret“

Rešavanje problema i donošenje adekvatnih odluka

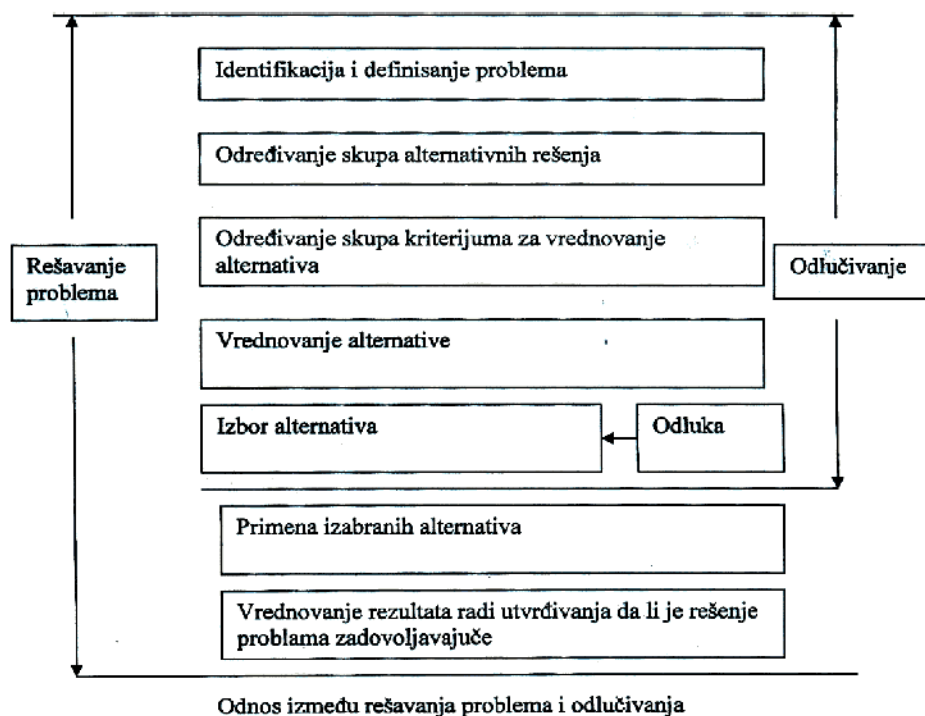
Donošenje odluke je problem koji se pojavljuje u svakoj delatnosti. U kontekstu višekriterijske optimizacije, problem odlučivanja se najčešće posmatra kao problem u kojem se donositelj odluke mora opredeliti za jednu od alternativa, uzimajući u obzir sve relevantne faktore, odnosno kriterije. Kako su kriteriji po pravilu konfliktni, izbor donositelja odluke neće biti optimalno rešenje u tradicionalnom smislu, već će biti reči o zadovoljavajućem rešenju od kojeg u datoj situaciji ne postoji bolje, a to su heurističke metode, u našem slučaju primenjene u edukaciju štabova za vanredne situacije i svih onih koji dolaze u kontakt sa podacima sa stepenom tajnosti pri rešavanju problema i donošenja odluka (Bereš, 2013).

Članovi štaba za vanredne situacije suočeni su sa lepezom problema (slika 1 i 2), koje treba rešavati heurističkim metodama i lepezom mogućnosti (slika 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 i 11), koje treba staviti u funkciju rešavanja problema, tj. doneti pravovremenu i adekvatnu odluku (slika 12) po pitanju određivanja stepena tajnosti, čuvanju i određivanju bezbednosnih mera i bezbednosnih zona.

Štab za vanredne situacije čine predstavnici iz:

- lokalnih samouprava (gradova i opština),
- MUP-a/Sektor za vanredne situacije,
- MO/Uprava za obaveze odbrane,
- javnih-komunalnih preduzeća,

- zdravstva/hitne medicinske pomoći,
- Crvenog krsta,
- medija i dr.



Slika 12 – Odnos – rešavanje problema/odlučivanje
Figure 12 – Relation-problem solving /decision making

Zaključak

Prednosti heurističkog modela edukacije jesu: timski rad u rešavanju problema na zaštiti tajnih podataka u vanrednim situacijama; više ljudi donosi različite veštine u tim, što pospešuje efikasnost; više znanja i informacija; heuristička predviđanja problema; veće razumevanje i posvećenost problemima u svim situacijama; fokus, usredsređenost na problem; proces odlučivanja po fazama sa odgovarajućim aktivnostima.

Faza odlučivanja predstavlja proces donošenja odluke i obuhvata sledeće aktivnosti: analizu problema i definiciju ciljeva, analizu rizika, razradu strategija, razradu modela i simulacija ponašanja i donošenje odluke i njeno prenošenje na subjekte; primenu heurističkih tehnika na rešavanje kombinatornih problema u svim situacijama; primenu heurističkih metoda koja je usmerena na dva pravca : (a) na rešavanje složenih problema koji se mogu predstaviti u

kvantitativnom obliku, ali su toliko složeni da njihovo rešenje nije moguće naći pomoću strogih analitičkih tehnika i (b) na probleme koji se ne mogu predstaviti matematičkim modelom, jer su promenljive u modelu kvantitativne prirode. Cilj heurističke metode jeste da omogući nalaženje prihvatljivih rešenja složenih problema koji ne mogu da se reše pomoću klasičnih metoda.

Rešavanje problema može da se ostvari na dva načina: *primenom heurističkih metoda* (rešavanje problema sa aspekta upravljanja podacima) i *primenom analitičkih metoda* (rešavanje problema sa aspekta upravljanja modelima). Pored toga, potrebno je razvijati modele i metode kojima bi se unapredio kvalitet donošenja odluka kvantitativnim sredstvima (softverska podrška), a radi racionalnijeg korišćenja resursa (energije, novca, vremena, radne snage, hrane, itd.) u svim, pa i u vanrednim situacijama.

Važno je predlagati originalna rešenja i biti konkurentan vodećim istraživanjima u oblasti vanrednih situacija uz primenu propisa o određivanju podataka od interesa za Republiku Srbiju. Takođe, potrebno je uključivati mlade istraživače i osposobljavati ih da u budućnosti budu vodeći domaći i svetski eksperti u oblasti vanrednih situacija (Bereš, 2013).

Neuređen sistem zaštite podataka odražava se na nacionalnu bezbednost, ali i sve druge aspekte svakodnevnog života i rada. Svest zaposlenih o značaju poštovanja propisa o zaštiti podataka i dalje nije na zadovoljavajućem nivou.

Neophodno je što hitnije donošenje svih propisa koji uređuju oblast zaštite podataka i praktičnu primenu u radu sa tajnim podacima.

Potrebno je obezbediti permanentnu edukaciju zaposlenih u oblasti zaštite tajnih podataka, a posebnu pažnju posvetiti edukaciji lica koja se bave poslovima zaštite u IKT sistemima.

Radi sprečavanja kompromitacije tajnih podataka trebalo bi da svi nadležni organi preduzmu preventivne mere iz svoje nadležnosti:

- redovno praćenje stanja i rada sa tajnim podacima kojima raspolažu;
- u slučaju saznanja o kompromitaciji tajnih podataka pokretanje procedure vanrednog događaja;
- u zavisnosti od vrste tajnosti, obaveštavanje BIA, MUP-a, itd.,
- prikupljanje saznanja o događaju (o kompromitaciji tajnih podataka),
- izrada izveštaja;
- pokretanje disciplinskog postupka i podnošenje krivične prijave;
- preispitivanje mera bezbednosti i personalnih rešenja.

Literatura

Amaldi, E., Capone, A., & Malucelli, F. 2003. *Optimization models with power control and algorithm*. Preuzeto sa https://www.google.rs/?gws_rd=cr&ei=kz-BUwEAs-WatQbT4YGwBw#q=planning+umts+base+station+location+optimization+models+with+power+control+and+algorithms

Bereš, P. 2005. *Heuristički modeli nastave politehničkog obrazovanja u osposobljavanju kadrova za potrebe civilne odbrane*. Zrenjanin: Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički Fakultet.

Bereš, P. 2013. Heuristički model edukacije i prototip sistema za daljinsko aktiviranje sirena u vanrednim situacijama. *Vojnotehnički glasnik*, 61(1), str. 46–57. doi:10.5937/vojtehg61–2400

Kovačević, N. 2013. *Zaštita tajnih podataka*. Preuzeto sa <http://www.arhivinfo.org.rs/radovi-2012/radovi/Zastita%20tajnih%20podataka.pdf> 2013 Oct 14.

Kvašček, R. 1978. *Modeliranje procesa učenja*. Beograd: Prosveta.

Hotomski, P. 1995. *Sistemi veštačke inteligencije*. Zrenjanin: Tehnički fakultet 'Mihajlo Pupin'.

HEURISTICS LEGISLATION IN THE FIELD OF CLASSIFIED INFORMATION AS A FUNCTION OF TRAINING SUBJECTS OF DEFENSE

FIELD: Security and Protection

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Abstract

Education on the protection of classified information should be the top priority when it comes to ensuring the protection of the vital interests of the state. Some information should not be made available to the public because it is mainly related to national security, and no one should question the need to protect this kind of data. This paper is intended for educators dealing with the protection of classified information, and especially to those who work with or come into contact with confidential information in order to inform them of our national system of protection of classified information and enable the implementation of the existing legislation applying the heuristic model of education. This article describes the legal regulations governing the protection of data and shows mandatory standards and measures for the protection of classified information.

Keywords: *heuristics; Information use; classification; protection.*

Datum prijema članka/Paper received on: 24. 10. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 15. 11. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 17. 11. 2013.

ORGANIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA REMONTA SLOŽENIH TEHNIČKIH SISTEMA U TEHNIČKOM REMONTNOM ZAVODU U ČAČKU

Vojkan M. Radonjić^a, Marko D. Andrejić^b, Igor J. Epler^b

^a Tehnički remontni zavod Čačak, Čačak,

^b Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,
Centar za istraživanja u oblasti logistike odbrane, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg62-4091

OBLAST: mašinstvo (organizacija, ekonomija i menadžment u mašinstvu)

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Složeni tehnički sistemi (STS) od ostalih tehničkih sistema (TS) razlikuju se po konstrukciji i nameni, koja može biti: zaštita ljudi, materijalnih bogatstava i teritorije. Ako želimo da STS budu ispravni i imaju zadovoljavajući nivo pouzdanosti i gotovosti, sistem remonta mora biti u stanju da podrži zahteve koji proističu iz njihove specifičnosti. Sistem njihovog remonta mora biti programiran, a upravljanje njime zasnovano na konceptu QMS (Quality management system). Organizacija remonta STS za potrebe sistema odbrane Republike Srbije, u Tehničkom remontnom zavodu u Čačku (TRZ), primer je organizacije u koju je implementiran procesni model sistema upravljanja kvalitetom (QMS).

Ovaj članak opisuje proces remonta STS u TRZ sa njegovim procesnim sistemom upravljanja kvalitetom (QMS), koji je preduslov za efikasan i efektivan proces remonta. Proces remonta prikazan je na primeru remonta guseničnog borbenog vozila.

Ključne reči: radna dokumentacija, radni nalog, integrisani informacioni sistem, remontni zavod, složeni tehnički sistemi, remont.

Uvod

Složeni tehnički sistemi predstavljaju skup većeg broja modularnih celina (sistema, podsistema, sklopova), povezanih u celinu, gde su svi elementi u međusobnoj interakciji, radi izvršavanja određenih funkcija. Za sistem odbrane posebno su važni STS pomoću kojih se ostvaruju ciljevi oružane borbe (Petković, Kokanović, Čirović, 1988). Od ostalih TS razlikuju se po složenosti konstrukcije i nameni. Njihova namena može biti

zaštita ljudi, materijalnih dobara i teritorije (npr. borbena vozila, vozila za razminiranje terena, artiljerijska oruđa, sistemi protiv vazduhoplovne odbrane), podmorska ispitivanja (mini podmornice), svemirska istraživanja (veštački sateliti) ili prevoz i obezbeđenje autonomnosti rada mešovitim ekipa za remont u složenim vremenskim i prostornim uslovima (Society of Automotive Engineers, 2002). Složeni tehnički sistemi koji se nalaze u opremi i naoružanju Vojske Srbije generišu, prema sistemu remonta, specifične zahteve u pogledu visokog stepena ispravnosti, pouzdanosti, gotovosti, funkcionalne pogodnosti, pogodnosti za održavanje i druge specifične zahteve uslovljene namenom ovih sistema. Sistem remonta STS mora biti koncipiran na principima koji će mu omogućiti maksimalnu efektivnost i efikasnost u odnosu na ispunjenje zahteva koje postavljaju korisnici STS i ostali zainteresovani subjekti, obezbeđujući pritom propisani kvalitet usluga i proizvoda, u zahtevanom vremenu i po prihvatljivoj ceni.

Specifičnost remonta STS u TRZ manifestuje se u doslednoj primeni tehnologije remonta STS, u okviru organizacije koja obezbeđuje materijalnu i radnu odgovornost i visoku dnevnu operativnost (Andrejić, 1995c, str.445-458). Radna odgovornost ogleda se kroz praćenje realizacije propisanih tehnoloških operacija i dokumentovanje njihove realizacije, a materijalna odgovornost kroz materijalno zaduženje svakog dela TS u svim fazama procesa remonta.

Uvažavajući misiju TRZ, potrebe prakse, zahteve vremena i savremene trendove u remontu, organizaciju tehnološkog procesa remonta neophodno je zasnivati na razvoju i primeni adekvatnog QMS (Quality management system).

U ovom radu prikazana je organizacija tehnološkog procesa remonta STS u TRZ u Čačku, koji se bavi najvišim nivoom remonta TS za potrebe sistema odbrane i rešenja, zasnovana na teorijskim saznanjima i specifičnim iskustvima zavoda, koja se primenjuju da se obezbedi visok kvalitet usluga i proizvoda.

Organizacija remonta STS u TRZ

Remont STS u TRZ predstavlja, posmatrano sa aspekta upravljanja kvalitetom, proces realizacije proizvoda i usluga. Potrebe prakse, zahtevi vremena i savremeni trendovi u realizaciji proizvoda i usluga zahtevaju da svi zaposleni poštuju stroge zahteve kvaliteta i da oni budu zastupljeni u svim poslovnim procesima (Stanojević, 1997), (Todorović, 1993). U TRZ je uspostavljen, dokumentovan, primenjen i stalno održavan Sistem menadžmenta kvalitetom (QMS) poslovanja, radi povećanja kvaliteta usluga održavanja i remonta STS, zadovoljstva korisnika usluga održavanja i remonta, zadovoljstva zaposlenih i ostalih zainteresovanih strana i na sve zahtevnijem tržištu. Sistem menadžmenta kvalitetom uspostavljen je u skladu sa zahtevima SRPS ISO 9001:2008.

Procesni model QMS u TRZ

Procesni model QMS zavoda čine četiri glavna procesa: proces upravljanja zavodom, proces upravljanja resursima, proces realizacije proizvoda i usluga i proces merenja, analiza i poboljšanja.

U okviru glavnih procesa, identifikovano je ukupno 20 poslovnih procesa za koje su propisane procedure i instrukcije. Proces se mogu istovremeno dopunjavati i odvijati u više organizacionih jedinica TRZ.

Karakteristike navedenih poslovnih procesa su:

- izvršilac procesa (pojedinaac ili grupa) odgovoran je za primenu procedura i instrukcija u vezi s tokom, vremenom, efektima, troškovima i kvalitetom,
- granične tačke, jasni ulazi i izlazi kao predmet razmene sa okruženjem,
- kontrolne tačke – gde se vrši provera toka procesa i vraćanje procesa u projektovane okvire. Kontrolne tačke nalaze se na početku, na kraju i na kritičnim mestima u toku odvijanja procesa,
- dokumentovanost – sve faze procesa pokrivene su procedurama, uputstvima i instrukcijama u skladu sa važećim standardima i njihovim zahtevima,
- efektivnost procesa – vezivanje za izbor pravog cilja koji je planiran i doprinos njegovom dostizanju,
- efikasnost procesa – dolaženje do izabranog cilja na pravi (optimalan) način, sa što manjim utroškom resursa,
- prilagodljivost – mogućnost da se poslovni procesi prilagode zahtevima određenih promena,
- merljivost – merenje karakteristika procesa, jer se upravlja samo onim što se može meriti,
- preventivne i korektivne mere – način otklanjanja propusta u realizaciji procesa.

Primena procesnog pristupa u sistemu menadžmenta kvalitetom je značajna zbog:

- razumevanja i ispunjenja zahteva svih zainteresovanih strana (sistem održavanja, korisnik usluga održavanja, zaposleni, društvo),
- razmatranja procesa u smislu stvaranja dodatne vrednosti za organizaciju,
- dobijanja rezultata kojima se može uticati na efektivnost i efikasnost procesa, a time i celog poslovnog sistema,
- stalnog poboljšanja procesa zasnovanog na objektivnom merenju, praćenju i analizi ostvarenih performansi procesa.

U toku funkcionisanja poslovnog sistema stalno se vrše poboljšavanja primenom metodologije PDCA (planiraj, uradi, proveri, deluj).

Proces remonta STS u TRZ

Organizacija tehnološkog procesa remonta STS uslovljena je uticajem brojnih ograničenja, a podrazumeva: definisanje zadataka, utvrđivanje izvršilaca, grupisanje zadataka, postavljanje normiranih rezultata, kreiranje struktura, kreiranje algoritma rada i ponašanja, regulisanje nosioca informacija, izveštavanja i mesta donošenja odluka (Andrejić, Ninković, 2005, str.253-265).

Osnovni dokument po kojem se organizuje proces remonta STS u TRZ je Uputstvo za remont tehničkih sredstava. Uputstvo i sam tok procesa remonta prati niz potprocesa za koje su, takođe, propisana odgovarajuća uputstva, instrukcije i procedure.

Remont STS realizuje se na osnovu tehničko-tehnološke dokumentacije za remont koju čini: tehničko-remontna dokumentacija (TRD), tehnička uputstva, fabrička dokumentacija, tehnološko-operacijski postupci rada, kontrolna dokumentacija (npr. kontrolno-memi list, protokol o ispitivanju, dnevnik gađanja, laboratorijski izveštaji, ispitni list i dr.), a na kraju se izvršene promene (tehničko stanje i materijalne promene) evidentiraju u tehničkoj knjižici STS.

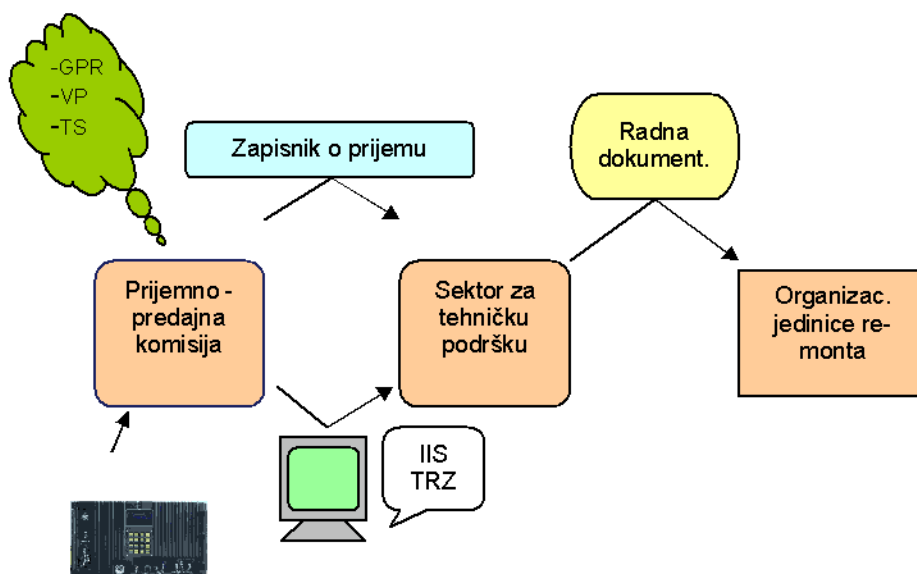
Prijem STS na remont i formiranje dokumentacije

Složeni tehnički sistem prima se u TRZ na osnovu Godišnjeg plana remonta tehničkih sredstava (GPR) po vojnim poštama (VP) (Andrejić, 1995a, str.36-45). U skladu sa propisanim uputstvima, prijem vrši prijemna komisija sastava: referent prijemno-otpremne komisije, nadležni tehnolog i nadležni kontrolor. Prijem STS na remont vrši se uz poređenje stvarnog stanja i stanja dokumentovanog u tehničkoj knjižici TS. Prilikom prijema formira se Zapisnik o prijemu tehničkog sredstva na remont i vrši izrada elaborata o tehničkom stanju sredstva. Kvalitetno izrađeni zapisnik o prijemu tehničkog sredstva na remont i elaborat o tehničkom stanju sredstva, nužan su preduslov za kvalitetnu defekciju sredstva u sklopljenom i rasklopljenom stanju. Izrađeni zapisnik o prijemu sredstva na remont povezuje se sa stavkom iz godišnjeg plana remonta (Andrejić, 1995b, str.156-165) u integrisanom (hijerarhijska, administrativna, funkcionalna integracija) informacionom sistemu (IIS) u TRZ (slika 1).

Na taj način stvoreni su uslovi da se u Sektoru za tehničku podršku oformi radna dokumentacija, koju čine:

- radni nalog,
- podnalog (za učesnike u procesu remonta),
- zapisnik o prijemu tehničkog sredstva na remont,
- zapisnik o kontroli kvaliteta proizvoda,

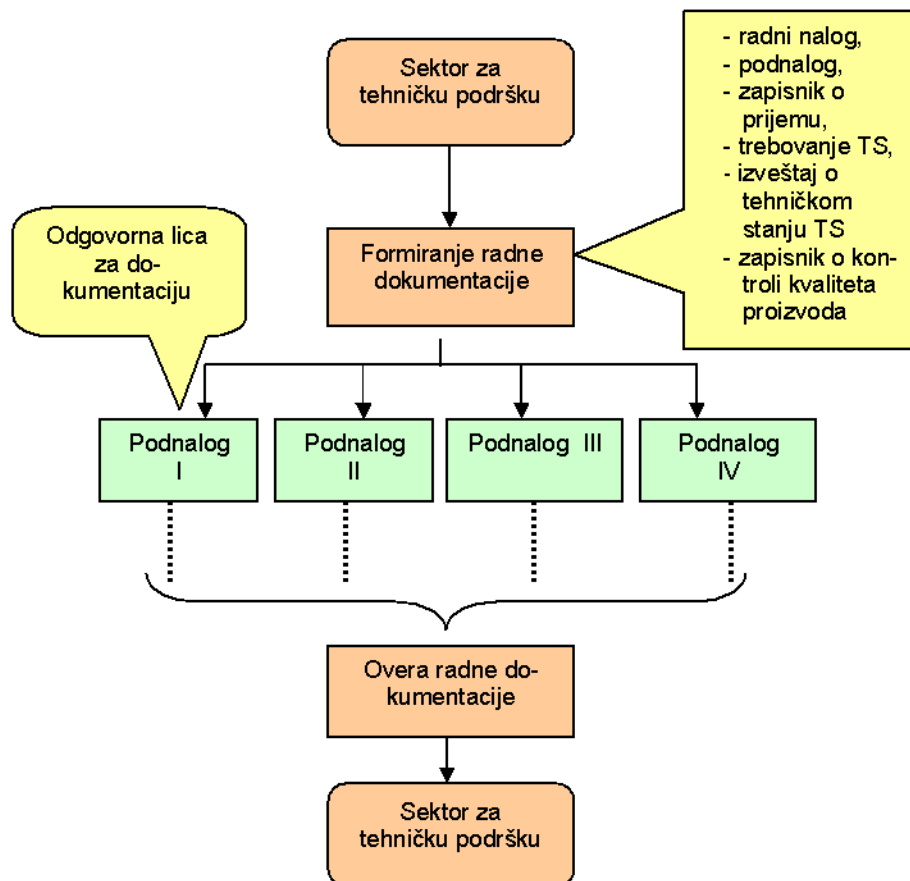
- izveštaj o tehničkom stanju sredstva,
- trebovanje tehničkog sredstva,
- tehnološki postupak,
- prateći list.



Slika 1 – Tok prijema tehničkog sistema na remont i formiranje radne dokumentacije
 Figure 1 – The flow of acceptance of technical systems for overhauling and the formation of working documents

Zaduženje radne dokumentacije vrši lice iz organizacione jedinice koja je nosilac svih radova po radnom nalogu (nosilac RN – poslovođa odeljenja). Sledeći korak je dostavljanje podnalogu ostalim učesnicima u procesu remonta. Nakon završetka remonta STS, a posle potpisa nadležnih završnih kontrolora, vrši se razduženje radne dokumentacije, na istom mestu gde je i zadužena. Tok formiranja i postupak sa radnom dokumentacijom prikazan je na slici 2.

Da bi započeo proces remonta STS, on mora biti planiran mesečnim planom remonta ili njegovom dopunom. Samo ukoliko je sredstvo planirano da se remontuje mesečnim planom remonta, u IIS je omogućeno knjiženje trebovanja STS iz magacina neispravnih TS, kao i ostali tokovi materijala i informacija. Informatičkom podrškom onemogućen je rad na vanplanskim zadacima remonta. Odobrenje za uzimanje STS u rad iz magacina odobrava nosilac RN. Ujedno, on odobrava da sa delovima radne dokumentacije zaduži sve učesnike u procesu remonta tehničkog sredstva.



Slika 2 – Tok radne dokumentacije u procesu remonta STS
 Figure 2 – The flow of working documents in the process of overhauling technical systems

Ukoliko se zahvati održavanja STS vrše na nivou srednjeg remonta, generalnog remonta ili revizije (SR, GR, REV), odgovorno lice sa radnom dokumentacijom zadužuje nadležnog tehnologa, koji formira tehnološko-operacijski postupak i prateći list. Formiranje tehnološkog postupka vrši na osnovu tehničko-reмонтne dokumentacije, uz podršku IIS. Tehničko-tehnološki postupci u TRZ čuvaju se u bazi podataka IIS, odakle se, po potrebi, vrši štampanje.

Ukoliko se vrši parcijalna opravka STS, pregled stanja prethodno vrši komisija koju čine: tehnolog, defektator – obično mehaničar odgovarajuće specijalnosti i nadležni kontrolor. Na osnovu zapisnika o prijemu sredstva na remont i stanja sredstva, komisija sagledava potreban nivo i obim radova, koje nadležni tehnolog propisuje u tehnološkom postupku. Sve oblike tehnološkog postupka potpisuje i odobrava nadležni kontrolor.

Tehnološki postupak za proces remonta tehničkog sredstva je dokument koji definiše:

- podatke o predmetu rada (identifikacioni broj sredstva, fabrički broj sredstva, naziv sredstva, registarski broj, stepen opravke, broj zapisnika o prijemu na remont, broj radnog naloga po kojem se tehničko sredstvo remontuje, količina po radnom nalogu),
- redni broj tehnološke operacije,
- šifru tehnološke operacije,
- opis tehnološke operacije,
- vreme za izvođenje operacije,
- radni centar koji realizuje tehnološku operaciju,
- šifru resursa.

Prateći list je interni dokument koji je sastavni deo radne dokumentacije. Elementi pratećeg lista su tehnološke operacije remonta iz tehnološkog postupka, sa dodatkom polja za unos podataka o vremenu i licu koje je realizovalo tehnološku operaciju, i o kontroloru koji je verifikovao da je kvalitetno izvršena propisana tehnološka operacija remonta. Prateći list služi za kvalitativno i kvantitativno praćenje realizacije tehnoloških operacija procesa remonta.

Poslovođa organizacijske jedinice vrši međuoperacijsku kontrolu radova i evidenciju o realizaciji radova za svaku tehnološku operaciju posebno, u prateći list. Odgovorno lice za radnu dokumentaciju dalje kompletira formirane tehnološke postupke i prateće listove sa kontrolno-mernim listovima. Time je radna dokumentacija spremna za predaju odeljenju u kojem počinje proces remonta STS. Na osnovu trebovanja vrši izuzimanje STS iz magacina neispravne tehnike. Potpisom trebovanja i izuzimanjem STS iz magacina poslovođa odeljenja je odgovoran za STS u svakoj fazi remonta do njegovog završetka.

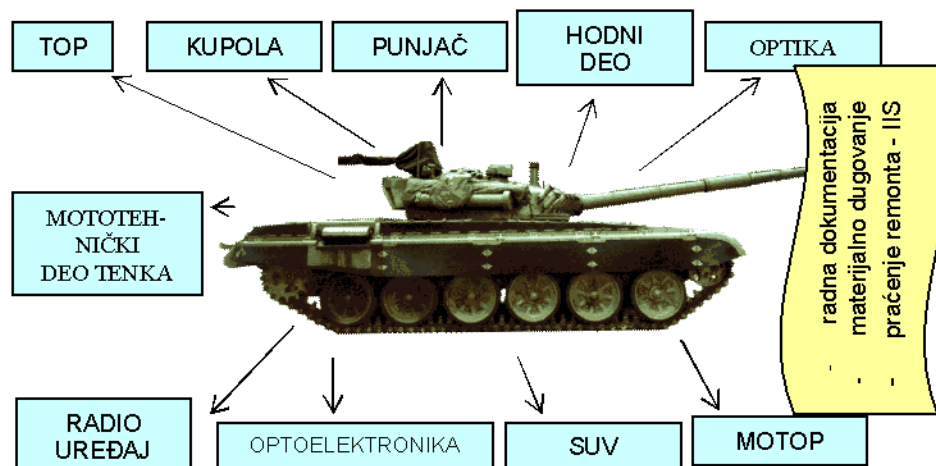
Realizacija remonta manje složenih TS

U prethodnom tekstu navedeni su prateći aspekti procesa remonta. To jeste početak procesa remonta, ali tek uzimanjem STS u rad dolazi do konkretizacije procesa remonta.

Pre ulaska STS u pogone remonta vrši se njegovo *spoljašnje pranje*. Nakon toga počinje proces remonta. Početak remonta realizuje se tehnološkom operacijom defektacije STS u sklopljenom stanju. Defektacija STS u sklopljenom stanju organizuje se radi sticanja uvida u stanje STS, njegovu tehničku ispravnost i kompletnost pre demontaže podsistema. Ustanovljeno početno stanje STS je bitno radi propisivanja početnog tehnološkog postupka remonta, kao i radi sagledavanja sadržaja i obima radova za one STS koji se rade u obimu „parcijalna opravka”. Konačni tehnološki postupak izrađuje se nakon demontaže podsistema i dodatnih is-

pitivanja prema kontrolno-memnim listama, odnosno nakon defektacije podsistema i sklopova.

Nakon *defektacije u sklopljenom stanju* organizuje se demontaža podsistema, sklopova i uređaja po organizacionim jedinicama. Prilikom demontaže poslovođe upisuju koje su elemente podsistema demontirali i spisak dostavljaju nosiocu radnog naloga radi izrade međupogonske narudžbenice. Poslovođa, koji je izuzeo (zadužio) STS iz magacina, i koji je materijalno odgovoran za njega, preko međupogonske narudžbenice zadužuje ostale poslovođe učesnike u procesu remonta sa elementima podsistema koji remontuju. Time je zaokruženo materijalno dugovanje u svakoj fazi remonta. Na slici 3 prikazan je primer učesnika u procesu remonta STS (svaki podsistem predstavlja poseban pogon za remont).



Slika 3 – Podsistemi u procesu remonta složenog tehničkog sredstva
Figure 3 – Subsystems in a Complex technical system overhauling process

Svaki od učesnika u procesu remonta dobija radnu dokumentaciju po kojoj remontuje podsistem STS. Nakon dobijanja podsistema u rad u svakom odeljenju organizuje se dalji rad prema tehnološkom postupku, a sklopove i uređaje, u okviru odeljenja, po radnim centrima kako je propisao nadležni tehnolog. Poslovođa odeljenja kroz knjigu evidencije evidentira kom radniku je dodeljen koji sklop na remont. Prilikom raspodele posla u odeljenju i propisivanja tehnoloških postupaka vodi se računa koji je radni centar osposobljen za realizaciju remonta, s obzirom na raspoloživi stručnu radnu snagu i opremu. Shodno tome, određuje se radni centar, kao i vreme za koje se određena tehnološka operacija može realizovati. Ukoliko ima potrebe, nakon rasklapanja podsistema na niže modularne celine (*sastavne sklopove ili uređaje*) može se realizovati njihovo

dodatno pranje. To se realizuje na mestu predviđenom za pranje, centralizovano na nivou TRZ. Nakon toga, pristupa se jednoj od najvažnijih tehnoloških operacija – *defektaciji*. Od defektacije stanja sklopa, podsklopa ili dela zavise dalji tokovi remonta i kvalitet izvršenih radova. Zbog toga je kontrolišu i međuoperacijski i završni nadležni kontrolor, odgovoran za kvalitet remonta celog podsistema. Zbog složenosti defektacije i sistema koji se remontuju, pored defektatora i kontrolora u defektaciji učestvuje i tehnolog. Tehnolog pomaže tehnološku operaciju defektacije sa stručne strane i učestvuje u identifikaciji sastavnih delova. U postupku defektacije vrše se predviđena merenja u skladu sa adekvatnom dokumentacijom i kontrolno-memnim listama, kako bi se ustanovilo tehničko stanje sklopa, podsklopa ili dela i propisale dalje radnje i postupci. Tok procesa defektacije stanja sklopa, podsklopa ili dela realizuje se na osnovu propisanog uputstva za defektaciju, tehničko-tehnološke dokumentacije, fabričke dokumentacije i tehničkih uputstava za konkretno tehničko sredstvo. Kao ispomoc procesu defektacije u bazi informacionog sistema TRZ postoje arhivirane, tzv. strukture 1, 2 i 3. Struktura 1 predstavlja sugestivnu listu rezervnih delova, propisanu tehničko-remontnom dokumentacijom ili prosečnom potrošnjom rezervnih delova po ranije stečenim iskustvima. Struktura 2 predstavlja 100% zamenljivi materijal koji se koristi u procesu remonta tehničkog sredstva, a struktura 3 potrošni materijal. Podatke o strukturama 1, 2 i 3 ažuriraju tehnolozi, a čuvaju se u bazi podataka informacionog sistema. Za manje složene TS strukture se direktno koriste za formiranje defekcionih listi, dok se kod STS sugestivna lista koriguje shodno tehničkom stanju sredstva.

Definisane strukture koriste se i pri defektaciji TS u nivou parcijalna opravka. Na osnovu rezultata defektacije tehnolog dopunjuje tehnološki postupak, pri čemu se uzima u obzir i zapisnik o prijemu sredstva na remont i elaborat o tehničkom stanju sredstva. Defekcionu listu potpisuje defektator, međuoperacijski kontrolor (poslovođa) i nadležni završni kontrolor. Obaveza završnog kontrolora je i da u IIS izvrši overu defekcione liste, kako bi se omogućio dalji rad sa defekcionom listom i formiranje trebovanja rezervnih delova. Postupak defektacije je složen i dugotrajan proces koji traje i nakon ugradnje rezervnih delova i opravke tehničkog sredstva. Omogućen je i propisan način dopune defekcione liste na isti način kao kada se prvi put radi. Defektatoru je omogućeno da u defekcionu listu unese i rezervne delove ili sklopove za regeneraciju. *Regeneracija sklopova ili delova* obično se realizuje u drugom pogonu ili radnom centru, gde je uspostavljena tehnologija regeneracije. U tom slučaju, nakon odobrenja kontrolora, putem međupogonske narudžbenice realizuje se postupak regeneracije. Bitno je napomenuti da se završetkom postupka regeneracije deo ili sklop materijalno zadužuje u magacinu, odakle se iz pogona vrši trebovanje i ugradnja dela ili sklopa. Takođe, na osnovu uvida u

zapisnik o prijemu sredstva na remont i izveštaja o stanju akumulatora, u defeketacionu listu unose se i rezervni delovi neophodni za kompletiranje individualnih kompleta (IK) i rezervnog alata i pribora (RAP). Nakon završetka procesa defektacije, nadležni kontrolor vrši overu tehnološke operacije (defektacija sredstva) u pratećem listu i u IIS. Na osnovu formiranih trebovanja rezervnih delova, iz pogona se vrši *preuzimanje rezervnih delova iz odgovarajućeg magacina*. Dobijanjem rezervnih delova neposredni izvršilac remonta ima sve uslove za realizaciju tehnološke operacije „opravka uređaja, sklopa ili dela”. Nakon *realizacije opravke* nadležni kontrolor vrši pregled radova (kvantitativni) i overu tehnološke operacije u pratećem listu i informacionom sistemu. U ovoj fazi remonta vrše se i tehnološke operacije *međuooperacijske zaštite*. U zavisnosti od hemijskog sastava delova ili stepena korozije delova, primenjuju se opšti postupci galvanske zaštite, koje propisuje tehnolog remonta u stručnoj saradnji sa tehnologom nadležnim za oblast zaštite materijala.

Nakon izvršene opravke i moguće *provere ispravnosti uređaja, sklopa*, pristupa se *sklapanju*. Završetkom sklapanja stvoreni su uslovi da se izvrši *međuooperacijska kontrola ispravnosti sklopa, uređaja, dela*. Ispravnost se proverava prema propisanoj kontrolno-memoj listi koju odobrava nadležni kontrolor.

Sledeća tehnološka operacija je bojenje tehničkog sredstva. Tehnološkim postupkom regulisano je gde se i kako navedena operacija realizuje. Pošto je, zbog specifičnosti tehnologije bojenja i ekonomičnosti, bojenje u TRZ grupisano, dostavlja se sklop ili uređaj u farbaru čiji je radni centar predviđen u tehnološkom postupku.

Realizacijom navedenih tehnoloških operacija stvoreni su uslovi da *nadležni završni kontrolor izvrši kvalitativni prijem*. Uslov za početak prijema radova jeste da je izvršen remont sredstva, odnosno da su realizovane propisane tehnološke operacije, ažurirana radna dokumentacija, popunjen kontrolno-merni list i poziv međuooperacijskog kontrolora da se pristupi završnom prijemu sredstva. Za procese međuooperacijske kontrole i završne kontrole postoje propisana uputstva po kojima se oni realizuju.

Završni kontrolor vrši prijem radova na način da proverava redom dobijene rezultate merenja po kontrolno-mernoj listi. Ukoliko su rezultati po pitanju kvaliteta i kvantiteta prihvatljivi, *nadležni kontrolor popunjava kontrolno-mernu listu* i overava je. Dalje, ukoliko je postojao IK i RAP, vrši prijem radova na njima i *unosí podatke u tehničku knjižicu STS*. Nakon toga, završni kontrolor u prateći list i informacioni sistem overava da je realizovao tehnološke operacije završne kontrole. Time su stvoreni uslovi da se može pristupiti *ugradnji sklopova u STS* ili da se izvrši predaja uređaja, sklopa u odgovarajući magacin ispravne tehnike ili da se pristupi daljim operacijama po tehnološkom postupku (probna vožnja, poligonska ispitivanja, gađanja i sl.).

Realizacija remonta STS

Može se reći da se prethodno opisanim tehnološkim operacijama realizuje remont manje složenih TS ili sklopova koja dolaze na najviši nivo održavanja, a u nastavku će biti opisane karakteristike toka remonta STS, koji se operacijski nadovezuje na prethodno opisani tok remonta manje složenih TS.

Nakon dobijanja informacije od poslovođe i kontrolora o spremnosti sklopova i uređaja za ugradnju u STS, načelnik pogona vrši *koordinaciju aktivnosti, u vezi s ugradnjom demontiranih elemenata podsistema, sa drugim pogonima*.

Ugradnjom, kompletiranjem podsistema i predajom podsistema nadležnom završnom kontroloru, vrši se poništavanje međupogonske naredžbenice. Nadležni kontrolor koji je primio radove remonta podsistema obaveštava resornog kontrolora o realizaciji remonta podsistema.

Nakon ugradnje svih podsistema složenog tehničkog sredstva vrši se *stacionarno integrisano ispitivanje*. Stacionarno ispitivanje obavljaju svi učesnici u remontu definisani po tehnologiji remonta, na osnovu kontrolno-mernih listi za stacionarno ispitivanje. *Prijem radova* po stacionarnom ispitivanju vrše svi završni kontrolori. Tek nakon uspešnog stacionarnog ispitivanja STS nadležni kontrolor odobrava da STS može ići na probnu vožnju ili poligonska ispitivanja, zavisno od tehnološke operacije u tehnološkom postupku.

Probna vožnja ili poligonsko ispitivanje realizuju nadležni kontrolori prema kontrolno-mernim listama uz učešće potrebnih izvršilaca remonta. O realizaciji tehnoloških operacija nadležni kontrolor izveštava naredbodavca i predaje mu popunjenu kontrolno-mernu listu sa *izveštajem o rezultatima ispitivanja*. Ukoliko ima nedostataka koji su uočeni realizacijom probne vožnje ili poligonskih ispitivanja, unosi ih u kontrolni list i predaje načelniku pogona na izvršenje. Posle probne vožnje i poligonskog ispitivanja *otklanjaju se sve primedbe* koje ne zahtevaju ponovno ispitivanje. Za primedbe koje zahtevaju skraćena ispitivanja vrši se njihovo otklanjanje i u potpunosti se ponavlja probna vožnja ili poligonsko ispitivanje.

Završno bojenje sredstva izvršava se u definisanom radnom centru, prema propisanom tehnološkom postupku. Složena tehnička sredstva boje se maskirno po novom konceptu bojenja u skladu sa standardom SORS 8655/11. Nakon završnog bojenja, *na sredstvo se ugrađuju nosači za RAP i RAP STS*. Vrš se *popuna i overa tehničkih knjižica* sredstva. Radi se kratkoročna konzervacija sredstva, ako se ono predaje korisniku ili dugoročna konzervacija ako se sredstvo predaje u magacin ispravne tehnike, prema tehnološkim operacijama propisanim u tehnološkom postupku. Time je završen tehnološki proces koji se odnosi na *završno kompletiranje STS*.

O završenosti remonta sredstva i kompletiranju STS i radne dokumentacije poslovođa upoznaje načelnika pogona, koji se upoznaje sa radnom dokumentacijom, proverava specifikaciju istrebovanog materijala i defektacionu listu, overu realizovanih tehnoloških operacija u pratećem listu i uvidom

na licu mesta kontroliše stanje kompletnosti tehničkog sredstva. O spremnosti tehničkog sredstva za *završni prijem* upoznaje nadležnog kontrolora.

Nadležni kontrolor pregleda radnu dokumentaciju i tehničke knjižice od svih podsistema učesnika u remontu STS. Odobrava overu tehničke knjižice sredstva i kompletira tehničku knjižicu sa jednim primerkom kontrolno-mernih listi. Potpisuje radnu dokumentaciju i zapisnik o kontroli kvaliteta proizvoda. Vršiti predaju STS u magacin ispravne tehnike. Nakon predaje tehničkog sredstva u magacin nadležni kontrolor overava radni nalog i predaje ga odgovornom licu za radnu dokumentaciju. Isti se razdužuje sa radnom dokumentacijom u sektoru za tehničku podršku. U sektoru za tehničku podršku se vrši obračun i odjava radnog naloga remonta. Time je proces remonta složenog tehničkog sredstva završen.

U prethodnom delu objašnjen je tok procesa remonta, hronološki kako se realizuje koja tehnološka operacija, koja je deo tehnološkog postupka remonta STS. Svaki učesnik u procesu remonta (organizaciona jedinica) ima svoj tehnološki postupak u okviru podnaloga, po kojem se realizuju tehnološke operacije remonta.

Iz definisanog toka procesa remonta evidentna je važna uloga kontrolora u realizaciji i kvalitativnoj i kvantitativnoj kontroli realizacije tehnoloških operacija. Velika i značajna podrška procesu remonta je dobra i brza informatička podrška. Na osnovu softverskih modula informacionog sistema upravnim organima je omogućeno praćenje svih aspekata remonta STS u realnom vremenu.

Zaključak

Procesni model sistema upravljanja kvalitetom (QMS) poslovanja u TRZ doprinosi unapređenju organizacije tehnološkog procesa remonta i time povećanju uspešnosti poslovanja TRZ, odgovornosti posloводства i zaposlenih, optimizaciji utroška resursa i skraćivanju vremena reagovanja TRZ, što je imperativ sistema koji Zavod podržava.

Osnovni značaj procesnog modela QMS u TRZ je u tome što na osnovu informacije koju daju zaposleni u sistemu održavanja nosioci radnih naloga imaju mogućnost da prate tok održavanja, odnosno realizacije radnih naloga i da donose odluke o terminima otvaranja radnih naloga po operacijama.

Stvoreni su uslovi da se sistem održavanja i remonta na najvišem nivou, uz dobro planiranje (Andrejić, 1995a, str.36-45), maksimalno usmeri na izvršenje svog osnovnog zadatka, a to je realizacija radnih naloga u zadatim rokovima, uz propisani kvalitet rada i racionalan utrošak resursa.

Primenom procesnog modela mogu se pratiti podaci koji se kontinuirano menjaju, na primer, kapacitet resursa za održavanje, radni učinak, pa i sposobnost i učinak radnika. Pošto su podaci o planu održavanja precizni, oni podstiču rukovodioce pogona, nosioce radnih naloga i tehnologe

na odgovornost i poboljšanje održavanja STS. Omogućena je, praktično, puna kontrola stanja u sistemu održavanja (dnevna ažurnost). Povećana je motivacija, tehnološka disciplina i dnevna operativnost u radu, jer se u svakom trenutku zna ko, šta, s čim, koliko, kako i kada radi. Improvizacija je svedena na minimum, jer su sve aktivnosti jasno definisane i precizno „pokrivene” odgovarajućim „papirnim dokazima”. Radna i materijalna odgovornost zastupljene su u celom logističkom lancu.

Stvorene su realne pretpostavke za sledeći korak unapređenja poslovanja TRZ – primena e-poslovanja (putem web-a i portala).

Literatura

Andrejić, M., 1995a, Prilog planiranju mesečnog rada radionice za tehničko održavanje u združenim taktičkim jedinicama, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 43(1), str. 36-45, Beograd.

Andrejić, M., 1995b, Prilog planiranju mesečnog rada radionice za tehničko održavanje u združenim taktičkim jedinicama (nastavak), *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 43(2), str. 156-165, Beograd.

Andrejić, M., 1995c, Prilog definisanju i formalizaciji dnevnog planiranja i organizacije rada u radionicama združenih taktičkih jedinica, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 43(4), str. 445-458, Beograd.

Andrejić, M., Ninković, Ž., 2005, Organizacija rada u jedinicama TSI u borbenim dejstvima, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 53(3), str. 253-265, Beograd.

Petković, R., Kokanović, M., Ćirović, M., 1988, Organizacija održavanja TMS, Centar vojnotehničkih škola KoV JNA "General armije Ivan Gošnjak", Zagreb.

Society of Automotive Engineers, 2002, A Guide to the Reliability - Centered Maintenance (RCM) Standard, Society of Automotive Engineers.

Stanojević, P., 1997, Uticaj tehničkih faktora na organizacionu strukturu održavanja, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd.

Todorović, J., 1993, Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, JUMV, Beograd.

ORGANISATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OVERHAULING COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS IN THE TECHNICAL OVERHAULING INSTITUTION IN CACAK

FIELD: Mechanical Engineering (Organization, Economics and Management in Mechanical Engineering)

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Complex technical systems are different in comparison with other technical systems due to their complex constructions and assignments such as protection of human resources, material resources or a territory. In order that complex technical systems work correctly and have a

satisfactory level of reliability and readiness, the maintenance and overhauling of such systems must take into consideration their specific technological and technical characteristics. The maintenance and overhauling of these systems must be programable and a QMS must be integrated in the maintenance and overhauling process through the whole system. The organization of complex technical systems maintenance in the Technical Overhauling Institution in Čačak for the Defence system of the Republic of Serbia is an example of such a system whose maintenance process is based on a process model of the QMS.

This paper describes the maintenance and the overhauling process of Complex Technical Systems with its QMS process model which is a prerequisite for an effective and efficient maintenance and overhauling process. The overhauling process is illustrated on an example of overhauling a military tracked vehicle.

Introduction

Complex technical systems represent groups of a number of modular units (systems, subsystems, assemblies, etc.), linked as a whole with reciprocal interactions, with the aim of realizing determined functions.

Complex technical systems have complex constructions and special assignments in comparison with other systems.

The system of maintenance and overhauling of complex systems must be based on principles which will enable them the maximum effectiveness and efficiency in order to perform requirements given by consumers of complex systems and others subjects, with a determined level of quality of products and services, in determined time and with acceptable price.

This paper describes the organisation of the process of complex systems maintenance and overhauling in the Technical Overhauling Institution, Čačak, which deals with the highest level of system maintenance and overhauling for the defence system. It also gives the solutions based on theoretical knowledge and specific experience of the Institution and used to ensure the highest level of products and services.

Conclusion

The Quality Management System in the Technical Overhauling Institution improves the technological overhauling process organisation and increases the success of work in the Technical Overhauling Institution, responsibility of the top management and all employees, the optimisation of resources consumption and it cuts down the reaction time of the Technical Overhauling Institution. The basic significance of the process of the Quality Management System in the Technical Overhauling Institution is that the bearers of work orders have a possibility to follow the course of maintenance and the realisation of work orders as well as to make decisions about work orders per operation according to the information given by all employees.

The conditions are created for the maintenance and overhauling system to focus on its fundamental task – realisation of work orders within set deadlines, with the required quality of work and efficient use of resources..

Prerequisites have been created for the next step in improving the business activities of the Technical Overhauling Institution – launch of e-business

Key words: working documents; work order; integral information system; overhauling Institution; complex technical systems; overhaul.

Datum prijema članka/Paper received on: 25. 06. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 10. 08. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 12. 08. 2013.

ZAŠTITA NA RADU PRILIKOM IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH RADOVA I UPOTREBI MEHANIZACIJE

Miloš Z. Petrović^a, Kristina R. Anđelić^b,
Marina G. Živulović-Petrović^c

^a Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš

^b Univerzitet u Nišu, Pravna služba, Niš,

^c Gradska uprava grada Niša, Uprava za imovinu i inspeksijske poslove, Odsek građevinske inspekcije, Niš

DOI: 10.5937/vojtehg62-4796

OBLAST: građevinarstvo, bezbednost i zdravlje na radu

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Zaštita prilikom rukovanja građevinskom mehanizacijom, kao i pri izvođenju građevinskih radova, bitan je i značajan faktor u celokupnom kompleksnom procesu izgradnje. Pažljivim rukovanjem štite se ljudski životi i životna sredina, kao i sami građevinski materijali. Pažljivim i dobrim rukovanjem i izvođenjem može se postići i finansijska ušteda i da ne dođe do dodatnih troškova. Mere zaštite koje treba preduzeti su: zaštita od opasnosti u toku izvođenja radova i zaštita od opasnosti u toku eksploatacije objekta. Ova oblast je striktno definisana zakonskom regulativom.

Ključne reči: gradilište, građevinski materijali, građevinarstvo, rušenje, zaštita, zaposleni, zaštita na radu, rukovanje, izvođenje radova.

Uvod

Građevinarstvo današnjice izloženo je rizicima različitih intenziteta i vrsta. Problem zaštite na radu u građevinskoj industriji oduvek je bio značajan (Mučenski, et al., 2007, pp.207-212). Zakonom o zaštiti na radu uspostavljen je osnov kojim su poslodavci sistemski obavezani na korišćenje i upotrebu bezbedne radne opreme. Organizacioni, ali i humani razlozi zahtevaju da se osigura zaštita radnika na radu od štetnih delovanja radnih procesa, odnosno spoljnih faktora uticaja u radnom okruženju (Gegić, 2012, pp.297-302). S obzirom na velik broj učesnika u procesu rada, kompleksne međusobne veze i veze u odnosu na materijal, alat, mehanizaciju, kao i radne operacije, procesi identifikacije i kvantifikacije rizika su mnogo složeniji nego u ostalim granama industrije. U današnje vreme ostvaruju se intenzivne tehničko-tehnološke promene, što nedvo-

smisleno ukazuje na potrebu naučnog zasnivanja ocene investicionih projekata (Petrović, et al., 2013, pp.226-241). Velika stopa povreda na radu rezultat je nepoštovanja propisa koji zahteva sistemski prilaz prilikom rešavanja problema. Da bi proces upravljanja zaštitom na radu bio sveobuhvatan i efikasan, neophodno je koristiti odgovarajuće modele procene rizika. Savremeni razvoj zaštite života i zdravlja ljudi, i životne sredine od različitih oblika ugrožavanja, neminovno nameće potrebu za preduzimanjem opsežnih preventivnih mera i uvođenje višenamenskih sistema za zaštitu (Inđić, et al., 2013, pp.210-225). U većini industrijskih zemalja, građevinska industrija predstavlja jednu od najznačajnijih grana industrije i predstavlja jedan od osnovnih pokretača zapošljavanja u mnogim delovima sveta. Međunarodna organizacija rada iznosi podatke da se najmanje 60.000 smrtnih slučajeva dogodi svake godine na gradilištima i da se u industrijalizovanim državama od 25% do 40% smrtnih povreda nastalih na radu dogodi na gradilištima. Istorijat razvoja zaštite na radu kako u procesnom smislu tako i sa aspekta pravne regulative je nedovoljno izučavana oblast (Mučenski, 2013). Oblast zaštite na radu razmatrana je još od 2500 god. p.n.e. (<http://ezinearticles.com/?A-History-of-Safety&id=680028>).

Pravni akti

Proces izgradnje građevinskih objekata je kompleksan. Prilikom njegovog izučavanja ne sme se izostaviti ljudski faktor, odnosno zaposleni na izvođenju građevinskih radova. Pored toga što postoje čitavi normativi i standardi, kao i pravila struke o tome na koji način se ovi radovi izvode, kao i kako se rukuje građevinskom mehanizacijom, posebno važno pitanje jeste i uređenje bezbednosti i zdravlja zaposlenih. U Republici Srbiji doneti su relevantni propisi kojima je ova oblast uređena. Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu (*Službeni glasnik RS*, 05/101) opšti je akt, koji se primenjuje u svim oblastima rada i kojim je propisana obaveza obezbeđivanja uslova na radu kojima se, u najvećoj mogućoj meri, smanjuju povrede na radu, profesionalna oboljenja i oboljenja u vezi sa radom i koji pretežno stvaraju pretpostavku za puno fizičko, psihičko i socijalno blagostanje zaposlenih. Imajući u vidu specifičnosti poslova prilikom izvođenja građevinskih radova, primenjuju se i podzakonski akti kojima se detaljnije uređuje koje mere i na koji način se moraju sprovesti u ovoj oblasti da bi zaposleni na adekvatan način bili zaštićeni: Pravilnik o sadržaju elaborata o uređenju gradilišta (*Službeni glasnik RS*, 12/121), Uredba o bezbednosti i zdravlju na radu na privremenim ili povremenim gradilištima (*Službeni glasnik RS*, 10/95), Pravilnik o opštim merama zaštite na radu za građevinske objekte namenjene za radne i pomoćne prostorije (*Službeni glasnik RS*, 87/29) i Pravilnik o zaštiti na radu pri izvođenju građevinskih radova (*Službeni glasnik RS*, 97/53).

Zakonom o bezbednosti i zdravlju na radu propisane su mere čijom se primenom, odnosno sprovođenjem osigurava bezbednost i zdravlje na radu. Pored toga, zakonom se uređuju prava i obaveze poslodavca i zaposlenih koji treba da omoguće što potpunije sprovođenje mera bezbednosti na radu. Analiza zakonskih odredbi pokazuje da je odgovornost za stvaranje i održavanje bezbedne radne okoline i na poslodavcu i na zaposlenima, koji, svako na način koji odgovara njegovoj ulozi u radnom procesu, treba da se pridržava propisanih mera.

Zakonom je posebno propisana obaveza poslodavca da mora da done-se akt o proceni rizika (*Službeni glasnik RS*, 05/101) koji sadrži opis procesa rada sa procenom rizika od povreda i/ili oštećenja zdravlja na radnom mestu u radnoj okolini i mere za otklanjanje ili smanjivanje rizika radi poboljšanja bezbednosti i zdravlja na radu. Ovaj akt treba da bude polazna osnova za uspešnu zaštitu zaposlenih. On treba da sadrži sistematsko evidentiranje i procenjivanje svih faktora u procesu rada koji mogu uzrokovati nastanak povreda na radu, oboljenja ili oštećenja zdravlja. Među opštim merama koje su zakonom propisane, a koje poslodavac mora da sprovodi su i one koje su naročito važne kada je u pitanju bezbednost prilikom izvođenja građevinskih radova. To je obezbeđivanje zaposlenima korišćenje sredstava i opreme za ličnu zaštitu na radu, kao i njihovo održavanje u ispravnom stanju. Kakva je oprema neophodna za izvođenje građevinskih radova propisano je posebnim podzakonskim aktima. Takođe, poslodavac je dužan da sprovodi preventivno i periodično ispitivanje uslova radne okoline. U procesu izgradnje ova obaveza može biti naročito važna za obezbeđivanje bezbednosti zaposlenih, pogotovo imajući u vidu ocenu stabilnosti građevinskih objekata, sigurnost gradilišta, zaštitu materijala.... Poslodavac je dužan da zaustavi svaku vrstu rada koji predstavlja neposrednu opasnost za život ili zdravlje zaposlenih (*Službeni glasnik RS*, 05/101).

Specifičnosti izvođenja građevinskih radova, njihova složenost, kao i rizik koji oni predstavljaju po zdravlje zaposlenih, zahtevaju dodatne obaveze poslodavca. Zato je poslodavac koji izvodi radove na izgradnji ili rekonstrukciji građevinskog objekta duže od sedam dana, dužan da izradi propisan elaborat o uređenju gradilišta koji, uz izveštaj o početku rada, dostavlja nadležnoj inspekciji rada. U elaboratu o uređenju gradilišta vrši se detaljna tehničko-tehnološka razrada mera za sprečavanje, otklanjanje ili smanjenje rizika, u odnosu na poslove i aktivnosti koje se vrše prilikom izvođenja građevinskih radova. Ovakva razrada mera sačinjava se u skladu sa izvršenom procenom rizika od nastanka povreda i oštećenja zdravlja na radnim mestima i u radnoj okolini na gradilištu na kojem se izvode radovi.

Elaborat o uređenju gradilišta sadrži:

- 1) šemu gradilišta, odnosno situacioni plan,
- 2) opis radova, i
- 3) mere za bezbednost i zdravlje na radu.

Mere za bezbednost i zdravlje na radu sadrže:

1) mere za otklanjanje, smanjenje ili sprečavanje rizika u odnosu na radove koji se izvode na gradilištu,

2) način organizovanja pružanja prve pomoći na gradilištu, spasavanje i evakuaciju u slučaju opasnosti,

3) mere za otklanjanje, smanjenje ili sprečavanje rizika pri upotrebi eksploziva (istovar, skladištenje, utovar, prevoz, odlaganje na mestu upotrebe i upotreba eksploziva), kao i preduzimanje mera, ako se utvrdi prisustvo opasnih predmeta (neeksplozivnih naprava), odnosno materija i mera za njihovo stručno uklanjanje,

4) mere za otklanjanje, smanjenje ili sprečavanje rizika pri montažnom građenju obuhvataju istovar, skladištenje, postavljanje u položaj za dizanje, dizanje elemenata, postavljanje u projektovani položaj i osiguranje od preturanja ili pada u podignutom položaju, i

5) mere zaštite zaposlenih od sredstava saobraćaja i mere za nesmetano odvijanje saobraćaja, kada kroz područje gradilišta prolazi javni put (*Službeni glasnik RS*, 12/121).

Ukoliko poslodavac ne sprovede propisane mere, zakonom su utvrđena prava radnika, koja i u tom slučaju treba da omoguće njihovu bezbednost na radu. Ukoliko zaposlenom prethodi neposredna opasnost po život i zdravlje zbog toga što nisu sprovedene propisane mere za bezbednost i zdravlje na radnom mestu na koje je određen, on ima pravo da odbije da radi sve dok se te mere ne obezbede. Takođe, pri izvođenju građevinskih radova i primenjivanja građevinske mehanizacije posebno važno jeste i pravo zaposlenog da odbije da radi na sredstvu za rad na kojem nisu primenjene propisane mere za bezbednost i zdravlje na radu (*Službeni glasnik RS*, 05/101). Pored toga, kada mu prethodi neposredna opasnost po život ili zdravlje, zaposleni ima pravo da preduzme odgovarajuće mere, u skladu sa svojim znanjem i tehničkim sredstvima koja mu stoje na raspolaganju i da napusti radno mesto, radni proces, odnosno radnu okolinu.

Sa druge strane, zakon jasno propisuje i odgovarajuće obaveze za zaposlenog, koji mora i sopstvenim zalaganjem da doprinese stvaranju sigurne radne okoline. Tako je on dužan da primenjuje propisane mere za bezbedan i zdrav rad, da namenski koristi sredstva za rad i opasne materije, da koristi propisana sredstva i opremu za ličnu zaštitu na radu i da sa njima pažljivo rukuje, da ne bi ugrozio svoju bezbednost i zdravlje, kao i bezbednost i zdravlje drugih lica. Takođe, dužan je da pre početka rada pregleda svoje radno mesto, uključujući i sredstva za rad koja koristi, kao i sredstva i opremu za ličnu zaštitu na radu, i da u slučaju uočenih nedostataka izvesti poslodavca ili drugo ovlašćeno lice. Pre napuštanja radnog mesta zaposleni je dužan da radno mesto i sredstva za rad ostavi u takvom stanju da ne ugrožavaju druge zaposlene (*Službeni glasnik RS*, 05/101).

Da bi se odredbe Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu dosledno sprovodile, predviđen je inspekcijski nadzor nad primenom tog, propisa donetih na osnovu njega, tehničkih i drugih mera koje se odnose na bezbednost i zdravlje na radu, kao i nad primenom mera o bezbednosti i zdravlju na radu propisanim opštim aktom poslodavca, kolektivnim ugovorom ili ugovorom o radu. Ovaj inspekcijski nadzor vrši ministarstvo nadležno za rad preko inspektora rada. U postupku inspekcijskog nadzora, inspektor rada treba da kontroliše bezbednost i zdravlje na radu i u tu svrhu su zakonom posebno propisane njegove nadležnosti, kao i obaveze poslodavca prilikom vršenja inspekcijskog nadzora. Ukoliko se u toku inspekcijskog nadzora pokaže da postoje uzroci koji su izazivali povrede ili doveli do nastanka opasnosti po bezbednost i zdravlje na radu, inspektor je dužan da naloži preduzimanje mera i radnji za otklanjanje ovih uzroka, odnosno mere i radnje koje mogu sprečiti nastanak povrede i umanjiti ili otkloniti opasnosti po bezbednost ili zdravlje na radu. Inspektor je dužan da, pod određenim uslovima, za vreme trajanja okolnosti koje dovode do ugrožavanja bezbednosti i zdravlja zaposlenog, koji su posebno propisani zakonom, zabrani rad na radnom mestu kod poslodavca.

Još jedan način koji treba da obezbedi sprovođenje odredbi Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu jesu i kaznene odredbe, kojima su propisane novčane kazne za prekršaje. Treba imati u vidu da su, u skladu sa opredeljenjem zakona da odgovornost za sprovođenje mera bezbednosti i zdravlja na radu bude i na poslodavcu i na zaposlenom, novčane kazne predviđene za obe kategorije lica uključenih u proces rada.

Pravilnikom o zaštiti na radu pri izvođenju građevinskih radova propisane su mere i normativi koji se primenjuju prilikom izvođenja građevinskih radova. Mere propisane ovim Pravilnikom primenjuju se na građevinske radove koji se izvode na gradilištu, pod kojima se podrazumevaju: izgradnja novog objekta, rekonstrukcija, dogradnja, popravka ili rušenje postojećeg objekta, zatim radovi na održavanju objekta sa pripadajućim instalacijama, opremom i uređajima, kao i pripremni radovi za izvođenje radova na objektu, završni radovi na uređenju prostora oko objekta i radovi na likvidaciji gradilišta. Odredbe Pravilnika mogu se primenjivati i pri obavljanju poslova drugih delatnosti, koji se za potrebe građevinskih radova izvode u pogonima, radionicama, proizvodnim i drugim placevima, energetskim objektima i instalacijama, koji se nalaze na gradilištu ili organizaciono pripadaju gradilištu (*Službeni glasnik RS*, 97/53).

U posebnim slučajevima radnih procesa neophodno je da izvođač na gradilištu obezbedi dodatnu dokumentaciju sa opisom (po potrebi i šemom ili tehničkim prikazom) radnog procesa i mere zaštite na radu da bi oni mogli da budu započeti. To je slučaj sa radnim procesima kod kojih postoji povećana opasnost od povređivanja ili pojave profesionalnih oboljenja radnika, procesima pri kojima se koriste električni, mehanički i drugi uređaji sa pripadajućim instalacijama (ako instalacija postoji) i procesima koji se izvode uz upotrebu konstrukcija i objekata kolektivne zaštite, po-

moćnih konstrukcija i objekata koji se privremeno koriste za rad i kretanje radnika (*Službeni glasnik RS*, 97/53).

Kod radnih procesa koji se izvode uz upotrebu konstrukcija i objekata kolektivne zaštite ili pomoćnih konstrukcija i objekata za rad i kretanje radnika, ova dokumentacija sadrži i projekat sa dokazom utvrđenim proračunima stabilnosti konstrukcije (nosećih delova i konstrukcije u celini), odnosno objekta (svake konstrukcije posebno i objekta u celini) za svaku pojedinu fazu radnog procesa. U slučaju izvođenja ovakvih građevinskih radova, dokumentacija treba da sadrži i deo o merama zaštite na radu pri postavljanju (montaža), korišćenju, održavanju i uklanjanju (demontaža) konstrukcije ili objekta (*Službeni glasnik RS*, 97/53).

Kad se u radnom procesu koriste uređaji, dokumentacija obavezno mora da sadrži i deo o merama zaštite pri uključivanju, upotrebi i rukovanju, održavanju i prestanku upotrebe uređaja i, ako postoje, pripadajućih instalacija.

Pored ovih odredbi, koje se odnose na sve vrste radova, Pravilnik o zaštiti na radu pri izvođenju građevinskih radova sadrži mere i normative zaštite na radu za pojedinačne oblasti, odnosno posebne vrste građevinskih radova, u kojima su predviđene mere zaštite na radu prilagođene upravo tim konkretnim vrstama građevinskih radova. Deo 33. Pravilnika uređuje mere zaštite na radu prilikom izvođenja radova sa građevinskom mehanizacijom (*Službeni glasnik RS*, 97/53).

Zaštita prilikom pripreme za izvođenje građevinskih radova

Prilikom organizacije gradilišta potrebno je voditi računa o mestu i načinu deponovanja građevinskog materijala. Materijal otporan na spoljašnje uticaje (drvena građa, oplata, armatura, betonski ivičnjaci, cevi, pesak itd.) skladišti se na otvorenom prostoru u blizini mesta za izgradnju ili u blizini mesta za obradu. U slučaju velikih kiša, vetrova ili mraza predviđa se njihova zaštita prekrivanjem najlonom, papirom ili tkaninom. Za radove koji se vrše na slobodnom prostoru pod nepovoljnim klimatskim i atmosferskim uticajima predviđa se korišćenje odgovarajućih ličnih zaštitnih sredstava, odnosno opreme pri vršenju radova. Na gradilištu se obavezno mora postaviti ormarić prve pomoći (Petrović, 2010, pp.62-69).

Kod opasnih materijala na gradilištu, pod kojima se podrazumevaju svi oni materijali koji mogu prouzrokovati požar, eksploziju, trovanje i slične štetne posledice po život i zdravlje radnika i štete materijalnih dobara, potrebno je preduzeti sledeće mere zaštite:

- sve zapaljive materijale (daske, grede, letve, ...) i lako zapaljive materijale (benzin, nafta, TNG) složiti na mesta dovoljno udaljena od izvora toplote, i
- sva mesta na gradilištu gde postoji mogućnost izbijanja požara obezbediti posebnim merama zaštite prema važećim propisima.

Potreban građevinski materijal transportuje se kamionima. Transport asfaltne mase od asfaltne baze obavlja se kamionima, pri čemu se sanduk kamiona premazuje rastvorom kalijumovog sapuna. Transportna sredstva za prevoz građevinskog materijala i drugih tereta mogu se opteretiti do dozvoljene težine na javnom putu i gradilištu.

Građevinski radovi

U građevinarstvu postoji mnogo vrsta radova koji se izvode a u ovom delu biće predstavljeni samo fundamentalni građevinski radovi.

Pri izvođenju zemljanih radova posebnu pažnju treba posvetiti preduzimanju zaštitnih mera protiv obrušavanja. Pošto se radi o zemljištu kod kojeg postoji mogućnost zarušavanja, potrebno je voditi računa o nagibu kosina, odnosno o uglu unutrašnjeg trenja, koji neće prouzrokovati klizanje. Rukovanje mašinama pri izvođenju zemljanih radova može se proveriti samo radnicima stručno obučanim za taj posao i upoznatim sa opasnostima koje prete tom radu. Prilikom mašinskog kopanja iskopanu zemlju treba odlagati na odstojanju koje ne ugrožava stabilnost strana iskopa, zbog vršenja drugih radova u iskopu. Pre početka betoniranja svi oštri vrhovi ili ivice sredstava za spajanje koji vire iz oplata moraju se podviti ili pokriti. Betoniranje vrše svi potrebni radnici. Kod asfaltnih radova, materijal koji se koristi pri asfaltiranju puteva (bitumen) sme se zagrevati samo u posebnim zatvorenim sudovima. Ako se asfaltna masa zapali ne sme se gasiti vodom. Sredstva za gašenje (pesak, cirada,...) moraju se unapred pripremiti. Premazivanje i kvašenje valjaka za ravnanje asfalta vrši se pomoću specijalne izrađene naprave. Zabranjeno je da radnik, idući ispred motornog valjka za ravnaje, iste premazuje i kvasi. Pre početka i za vreme radova u zemljanim materijalima i na mestima na kojima postoji mogućnost pojave štetnih, zapaljivih ili eksplozivnih materija, kao i u starim jamama, bunarima i drugim zapuštenim i neispitanim mestima, proverava se prisustvo ovih materija. Kada se u rovu ili jami u radnom procesu koristi motor sa unutrašnjim sagorevanjem, preduzimaju se mere da ne dođe do štetne koncentracije sagorelih gasova povremenim ili stalnim izduvavanjem gasova i uduvavanjem svežeg vazduha. Ako se zemljani radovi izvode na mestu na kojem postoje elektroinstalacije, instalacije PTT-a, vodovoda i kanalizacije ili druge instalacije, zemljani radovi se vrše po uputstvu dobijenom pre početka radova od organizacije koja održava te instalacije, opremu ili objekte. Ako se u toku zemljanih radova naiđe na nepoznatu instalaciju, radovi se na tom delu obustavljaju, dok organizacija koja je održava ne postavi stručnog radnika pod čijem će se uputstvom i stalnim nadzorom nastaviti zemljani radovi.

Posebne mere zaštite na radu pri izvođenju zemljanih radova jesu mere protiv obrušavanja, odronjavanja pri iskopinama, nasipanju ili izradi kosina, mere za sprečavanje klizanja okolnih zemljanih slojeva, mere pr-

otiv nepovoljnog dejstva podzemnih i površinskih voda i druge mere za obezbeđenje mesta rada i radnika.

Radovi na delovima objekta ili konstrukcije izdignutim od podloge, koji se mogu obaviti sa oslonaca čija visina ne prelazi 3,0 m izvršavaju se pomoću radnih platformi, tj. pomoćnih oslonaca. Radne platforme postavljaju se na podlogu preko elemenata za oslanjanja (najčešće drvenih nogara) koji moraju da budu stabilni i sposobni da prenesu sile od opterećenja sa radnog poda na podlogu. Radni pod ne sme da ima preko oslonaca prepuštene slobodne krajeve, a kad je uzdignut od podloge više od 1,0 m, po slobodnim ivicama radnog poda postavlja se propisana zaštitna ograda. Prilaz radnom podu postavlja se uz platformu ili se oslanja na nju i izrađuje se u skladu sa odredbama pravilnika. Građa i elementi izrađeni od građe (oplate i sl.) posle svake upotrebe čiste se od prljavštine, eksera, metalnih delova i drugih predmeta koji mogu da budu uzrok povrede radnika. Građa ili elementi oplata posle čišćenja skladište se na način i na mesta određena laboratorom o uređenju gradilišta. Prljavština i otpaci uklanjaju se, odmah posle nastanka, sa radnih površina, prolaza i prilaza. Betonskim radovima smatraju se prevoz ili prenos po objektu i ugrađivanje sveže betonske mase, a zatim nega ugrađene betonske mase za vreme odležavanja u oplati. Betoniranje počinje isključivo po naređenju rukovodioca radova ili od njegovog određenog odgovornog radnika. Za sve radnike na gradilištu izložene atmosferskim uticajima treba obezbediti sredstva lične zaštite (zaštitnu opremu). Kvalitet materijala opreme, kao i otpornost na štetno dejstvo (visoku, ili nisku temperaturu, požar, udare, vodu, otrovne gasove, prašinu) prvenstveno zavisi od namene, tj. radnog mesta radnika. Svi radnici na otvorenom prostoru, kao i lica u obilasku gradilišta, obavezno moraju da nose zaštitne kacige. Kao sredstva lične zaštite predviđaju se zaštitna odela i obuća. Sve radove na izvođenju, popravci, održavanju i uklanjanju električnih instalacija, uređaja i opreme, treba da izvodi stručno osposobljeno lice, prema tehničkim propisima i standardima. Svi kablovi položeni na zemlju treba da se zaštite od mehaničkog ili drugog oštećenja. Pre puštanja u pogon treba izvršiti detaljnu kontrolu svih električnih instalacija, uređaja i opreme.

Na svim mestima na gradilištu gde postoji opasnost od paljenja lako zapaljivih materijala obavezno je sprovođenje mera zaštite na radu.

U tu svrhu treba obezbediti dovoljan broj protivpožarnih aparata, bure sa peskom, dve bačve sa vodom, kramp itd. Takođe, sva sredstva protivpožarne zaštite treba postaviti na dostupnim mestima i obojiti ih crvenom bojom i držati ih u ispravnom stanju. Štete nastale u požarima veće su od 2% nacionalnog dohotka, dok su u većini evropskih zemalja u granicama od 0,25 do 0,45 %. Ovaj podatak sam za sebe govori koliko je važan ozbiljan pristup projektovanju i izvođenju objekata sa stanovišta protivpožarne i protiveksplozivske zaštite (Radujkov, Salić, 2000, pp.87-90).

Radi pružanja prve pomoći povređenim radnicima na gradilištu potrebno je obezbediti da radnik koji je obučen za prvu pomoć ima na raspolaganju jedan sanitetski komplet sa propisnim sanitetskim materijalom (Tanevski, et al., 2005, pp.115-123).

Rušenje objekata ili dela objekta izvodi se prema dokumentaciji, uređenoj na osnovu podataka dobijenih prethodnim detaljnim izviđanjem i snimanjem objekta i okoline. Priprema, rušenje i uklanjanje delova i materijala srušenog objekta izvodi se uz stalni nadzor odgovornog stručnog lica. Za vreme izvođenja i snimanja objekta, kao i za vreme pripremnih radova, za rušenje objekta postavlja se čuvar koji nezaposlenim licima ne dozvoljava pristup objektu. Pre početka rušenja objekta ugroženo područje se ograđuje ili na drugi način obezbeđuje od prisustva ili ulaska lica i sredstava saobraćaja, u skladu sa dokumentacijom o rušenju. Pre početka radova na rušenju objekta postojeće instalacije, električne struje, vodovoda, kanalizacije, gasova i druge instalacije uklanjaju se ili obezbeđuju tako da u toku rušenja i pri radovima posle rušenja ne prouzrokuju opasnost po radnike i okolinu. Ručno rušenje objekta izvodi se odozgo naniže, delovi zida i dimnjaci ne smeju da se ostavljaju neporušeni, nego se ruše istovremeno sa ostalim delovima objektima. Susjedni zidovi ili pojedini elementi koji se ne ruše, a sa zidom, odnosno elementom koji se ruši čine stabilnu celinu, obezbeđuju se od pada ili deformacije, pre nego što se pristupi rušenju. Rušenje međuspratne odnosno tavanke konstrukcije može odpočeti tek po rušenju i uklanjanju svih porušenih delova iznad nivoa te konstrukcije. Ručno rušenje slobodnostojećih elemenata, kao što su obimni i pregradni zid, ograda, stub i drugi elementi, izvodi se pomoću odgovarajućih radnih skela. Zabranjeno je rušenje zidova potkopavanjem. Ako se objekat ruši mašinski, mašina treba da se nalazi na odstojanju najmanje 1,5 puta većem od visine dela koji se ruši. Kod mašinskog rušenja guranjem na prednji deo mašine postavljaju se pomagala od gvožđa ili drveta preko kojih se sila prenosi na element koji se ruši, a mašina se udaljava na bezbedno odstojanje. Jačina na kidanje čeličnog užeta pomoću kojeg se prenosi vučna snaga potrebna za rušenje objekta, mora biti najmanje tri puta veća od vučne snage mašine. Između čeličnog užeta i površine dela objekta koji se ruši postavljaju se podmetači radi ravnomernog prenošenja vučne sile. Izvlačenje betonskih stubova, čeličnih nosača i drugih delova objekta iz ruševine može se izvoditi tek pošto se prethodno oslobode od natrpanog porušenog materijala. Zabranjeno je korišćenje mašina sa gumenim točkovima za rušenje i izvlačenje teških delova porušenog građevinskog objekta. Pri rušenju pojedinih delova ili objekta u celini miniranjem primenjuju se propisi o zaštiti na radu, tehnički propisi i standardi o manipulaciji i upotrebi eksploziva (Petrović, 2010, pp.62-69).

Građevinska mehanizacija

Građevinske mašine, pre postavljanja na mesto rada, moraju biti pregledne i proverena njihova ispravnosti. Mehanizacija se smešta duž trase saobraćajnice. Obezbeđenje građevinske mehanizacije vrši se organizovanom čuvarskom službom. Rukovalac građevinskom mašinom koju pokreće motor sa unutrašnjim sagorevanjem, mora da bude zaštićen od štetnog dejstva izduvnih gasova. Mesto za rukovanje samohodnim građevinskim mašinama mora da bude postavljeno tako da je rukovaocu mašinom omogućena laka preglednost terena po kojem se kreće. Samohodne građevinske mašine moraju da imaju napravu za davanje zvučnih signala (Petrović, 2010, pp.62-69).

Da bi se oruđa i uređaji pravilno koristili, izvođač radova mora da obezbedi:

- pristupni put mestu rada uređaja, tako da čvrstoća kolovoza, elementi puta, gabarit, udaljenost puta od ivice ili nožice kosine ili iskopa, zatim mimoilaznice, prelazi preko smetnji i drugi eksploatacioni elementi obezbeđuju sigurno kretanje uređaja i transportnih sredstava,
- manevarski prostor uređaja na mestu rada oslobođen od nadzemnih, podzemnih i prizemnih smetnji,
- u radnom položaju radnost i tvrdoću podloge, potrebnu površinu oslanjanja i ostale uslove iz uputstva proizvođača,
- radni položaj ili radnu stazu uređaja, tako da uređaj pri kretanju i radu potresima ili sopstvenom težinom ne izazove poremećaje tla, deformacije zaštitnih konstrukcija ili susednih objekata, i
- zatvaranje ili obezbeđivanje prolaza za radnike kroz manevarski prostor uređaja (Republika Srbija, 2005).

Kad prolaz ne može da se zatvori, rad uređaja se zaustavlja dok radnici ne prođu ili se zaustavljaju na bezbednoj udaljenosti dok uređaj ne završi radnu operaciju. Ako ne može da se izbegne stalno kretanje radnika kroz područje rada uređaja, postavljaju se zaštitni privremeni objekti, kao što su zaštitne platforme, nadstrešnice, zaštitni zidovi, galerije, pasarele ili podzemni prolazi ispod zone dejstva delovanja uređaja. Uređaj se po pravilu postavlja tako da se u njegovom manevarskom prostoru, a kod dizalica i u manipulativnom prostoru, ne nalaze mesta rada i kretanja radnika, kao ni objekti sa radnim i pomoćnim prostorijama (Republika Srbija, 1997). Kretanjem uređaja pri obavljanju radnih operacija ne sme da bude ugrožena bezbednost radnika koji opslužuju uređaj ili rade u blizini njegovog manevarskog prostora. Kad više uređaja rade istovremeno na stešnjenom prostoru, rad radnika obavlja se pod stalnim, neposrednim nadzorom stručnog radnika koji zvučnim signalom upozorava radnike. Svaki samohodni uređaj mora da bude opremljen zvučnim i svetlosnim signalom za upozoravanje radnika. Zvučni signal koristi se samo

kad je to neophodno, da se ne povećava postojeća buka. Preko kabine rukovaoca ili preko radnika koji opslužuju uređaj ili rade u neposrednoj blizini uređaja ne sme se obavljati utovar, istovar ili prenos tereta. Penjanje ili zadržavanje radnika na uređaju dok je ovaj u pokretu je zabranjeno. Čišćenje, popravka ili bilo kakav dodir uređaja nije dozvoljen dok se uređaj ne zaustavi i obezbedi od iznenadnog uključenja (Republika Srbija, 1997). U blizini objekta treba koristiti uređaje sa najmanjim vibracijama. Pre upotrebe uređaja sa vibracijama susedne objekte treba pregledati i oceniti, a po potrebi i ispitati njihovu osetljivost na vibracije. Uređaj koji obavlja radne operacije i pri kretanju unazad oprema se i sa ogledalima sa strane i u upravljačkoj kabini sa mogućnošću osmatranja iz upravljačke kabine dela putanje iza zadnjih točkova i preglednosti prostora iza zadnjeg dela uređaja. Delovi samohodnih građevinskih mašina (bageri, buldozeri, valjci, utovarivači, damperi i sl.) treba da budu lako zamenljivi, a njihova zamena ne sme da bude povezana sa opasnostima od povređivanja. Ramovi pokretnih delova mašina (raonik, korpa utovarivača, prednja i zadnja strana vibrovaljka i sl.) boje se žutom bojom ili crno-belim trakama pod uglom od 45% prema horizontali, radi vizuelnog upozorenja radnicima. Radna mesta kod građevinskih mašina i uređaja kao što su upravljačka i rukovalačka radna mesta, kad su postavljena na otvorenom prostoru, moraju da budu zaštićena od vremenskih nepogoda. Rukovodilac oruđa ili uređaja na pogon motorom sa unutrašnjim sagorevanjem i radnici koji ga opslužuju zaštićuju se od štetnih dejstva izduvanih gasova. Uređaj se može upotrebiti za obavljanje samo onih radnih operacija za koje je namenjen. Zabranjeno je upotrebljavati neispravan i oštećen alat.

Za vreme opravke i snabdevanja vozila gorivom i mazivom motor vozila mora biti van pogona. Za vreme podizanja vozila pomoću uređaja na hidraulični ili elektromehanični pogon na dizalici se mora postaviti tablica sa natpisom – ne diraj pod vozilom su ljudi. Pranje vozila pomoću creva na otvorenom prostoru vrši se na mestu dovoljno udaljenom od električnih instalacija. Zabranjeno je pranje delova vozila etiliziranim benzinom (Republika Srbija, 1997).

Zaključak

Procesi izgradnje su složeni i otvoreni sistemi koje odlikuje veliki broj različitih vrsta resursa, pri čemu njihova interakcija, kao i interakcija sistema sa okolinom, generiše učestalu pojavu rizika zaštite na radu sa potencijalno velikim posledicama. Rizici uočeni na jednom gradilištu mogu se samo delimično pojaviti i na drugom u identičnom obliku, dok se preostali rizici moraju iznova razmatrati. Za razliku od ostalih industrija, proizvod građevinskog procesa je stacionaran i najčešće unikat. Građenje se realizuje na otvorenom, pri čemu je proces izložen atmosferskim uticajima. Građevinske procese odlikuju složen uticaj zainteresovanih stra-

na (investitor, izvođač radova i podizvođači, država, korisnici itd.) pri čemu su njihovi ciljevi često međusobno isključivi, što se projektuje na realizaciju procesa i aspekte zaštite na radu. Što je preduzeće koje izvodi proces izgradnje kvalitetnije, negativni uticaji zainteresovanih strana su više ublaženi i proces upravljanja zaštitom na radu je uspješniji.

Specifičnost procesa izgradnje ogleda se procesnoj razdvojenosti projektovanja i izgradnje, čime se generišu rizici zaštite na radu koji su mogli biti izbegnuti u fazi projektovanja. Ovaj problem delimično je rešen uvođenjem koordinatora za bezbednost i zaštitu na radu u procesu projektovanja, čiji je zadatak da izbegnu ili umanje pojavu rizika koji proističu iz usvojenih projektnih rešenja (Mučenski, 2013). Strogom kontrolom nadležnih organa i kažnjavanje nepoštovanja propisa i zakona, zaštita radnika, životne sredine i materijala može se dovesti na zavidni nivo. Životna sredina i održivi razvoj, energetska efikasnost, korišćenje obnovljivih izvora energije i zaštita okoline jesu najaktuelnija pitanja na početku novog veka. Saznanjem da je energetika većim delom uzrok štetnih emisija SO₂, NO_x i CO₂ u svetu počinju istraživanja tehnologija i proizvodnje sistema za korišćenje obnovljivih izvora energije, koji predstavljaju ekološki čiste izvore energije, bez štetnih emisija i uticaja (Ugrinov, et al., pp.379-385).

U postupku evropskih integracija Srbije izvršeno je usaglašavanje njenih nacionalnih propisa u oblasti životne sredine sa propisima EU. Ovaj proces obuhvatio je i prenos značajnog dela nadležnosti za obavljanje poslova u oblasti životne sredine na lokalnu samoupravu, uključujući i poslove koji se odnose na globalne probleme životne sredine (Todić, Grbić, 2013, pp.193-208).

Literatura

Gegić, M. 2012. Elementi projektovanja i primene standardizovane platforme OHSAS 18001: 2007. *Tehnika*, 67(2), pp. 297-302.

Indić, D.R., Terzić, M.R., & Ivanković, N.D. 2013. Informacioni sistemi u upravljanju rizicima u životnoj sredini. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 61(1), pp. 210-225.

Mučenski, V.L., Peško, I.N., & Trivunić, M.R. 2007. Sistemski pristup podeli rizika sa aspekta izvođača radova. *Zbornik radova Građevinskog fakulteta, Subotica*, 16, pp. 207-212.

Mučenski, V. 2013. *Model semikvantitativne procene rizika zaštite na radu za procese izgradnje*. Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu. Doktorska disertacija.

Petrović, M. 2010. Zaštita na radu prilikom pripreme za izgradnju, izgradnje i eksploatacije objekta. *Put i saobraćaj*, 56(3), pp. 62-69.

Petrović, D.N., Đedović, B.N., & Petrović, N.Č. 2013. Metodološki postupak vrednovanja projekata primenom cost-benefit analize. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 61(1), pp. 226-241.

Radujkov, D., & Salić, T. 2000. Protivpožarne i mere zaštite na radu u centrima za doradu semena. *Selekcija i semenarstvo*, 7(1-2), pp. 87-90.

Službeni glasnik Republike Srbije, 53/1997, *Pravilnik o zaštiti na radu pri izvođenju građevinskih radova*, Beograd, JP "Službeni glasnik".

Službeni glasnik Republike Srbije, 101/2005, *Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu*, Beograd, JP "Službeni glasnik".

Službeni glasnik Republike Srbije, 95/2010, *Uredba o bezbednosti i zdravlju na radu na privremenim ili pokretnim gradilištima*, Beograd, JP "Službeni glasnik".

Službeni glasnik Republike Srbije, 121/2012, *Pravilnik o sadržaju elaborata o uređenju gradilišta*, Beograd, JP "Službeni glasnik".

Službeni glasnik Socijalističke Republike Srbije, 29/1987, *Pravilnik o opštim merama zaštite na radu za građevinske objekte namenjene za radne i pomoćne prostorije*, Beograd, JP "Službeni glasnik".

Tanevski, D., Dimitrovski, Z., Oljača, M.V., Raičević, D., & Ružičić, L.N. 2005. Analiza posledica događanja nesrećnih slučajeva u radu traktora. *Poljoprivredna tehnika*, 30(4), pp. 115-123.

Todić, D., & Grbić, V. 2013. Globalni problemi životne sredine i lokalna samouprava u procesu evropskih integracija Republike Srbije. *Megatrend revija*, 10(2), pp. 193-208.

Ugrinov, D., Komatina-Petrović, S., & Stojanov, A. 2012. Mogućnosti eksploatacije deponijskog i biogasa kao obnovljivog izvora energije u Srbiji. *Zaštita materijala*, 53(4), pp. 379-385.

Retrieved from <http://ezinearticles.com/?A-History-ofSafety&id=680028>

SAFETY OF WORKERS CARRYING OUT CONSTRUCTION WORKS AND THE USE OF MACHINERY

FIELD: Civil Engineering, Safety and Health at Work
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Protection when handling construction machinery and construction work is a significant and important factor in the whole complex process of construction. Careful handling to protect human lives and the environment as well as building materials themselves is necessary. Careful and good handling and performance can lead to financial savings and to avoiding additional costs. Protective measures to be taken are: protection from risk during construction and protection from exploitation of the danger of the object. This area is defined by strict legislation.

The Law on safety and health at work prescribed measures whose implementation and enforcement ensure safety and health at work. In addition, the law governs the rights and obligations of employers and employees to allow for more complete implementation of safety measures

at work. Analyses of legal provisions show that the responsibility for creating and maintaining safe work environment lies with both employers and employees, who, each in a manner appropriate to their role in the process of work, comply with the prescribed measures.

In order to ensure that the provisions about health and safety at work are consistently implemented, there is the inspection of the implementation of the act, regulations made under the act, technical and other measures relating to safety and health at work, as well as the implementation of measures for safety and health at work prescribed by a general act of the employer, collective agreement or work contract. This inspection is performed by labor inspectors. In the process of inspection, the inspector should work to control safety and health at work in accordance with his jurisdiction and provisions prescribed by law which also prescribes the obligations of the employer during inspection. If it is found out during the inspection that there are reasons that have caused an injury or led to the hazard to safety and health at work, the inspector shall order taking measures and actions to eliminate these causes, or take measures which may prevent the emergence of injuries and reduce or eliminate risks to safety and health at work. Under certain conditions, for the duration of the circumstances that led to the endangerment of the safety and health of employees, specifically prescribed by law, the inspector shall ban work at employer's workplace.

During the organization of a site it is necessary to take account of the place and manner of depositing building materials. The material resistant to external influences (timbering, formwork, reinforcement, concrete curbs, pipes, sand, etc.), is stored in the open space near the building or in the vicinity of work. In case of heavy rain, wind or frost, their protection must be provided by covering them with plastic sheets, paper or cloth. For the works performed in the open air under adverse climatic and atmospheric conditions, the employer provides the use of appropriate personal protective equipment, or equipment while performing work. A first-aid cabinet must be set up at the construction site.

Before sent to the place of work, construction machines must be checked in terms of their proper functioning. Mechanization is placed along the road. Security of construction equipment shall be organized through the guardian office. The operator of construction machinery powered by an internal combustion engine must be protected from the harmful effects of exhaust gases. A location for operating self-propelled construction machines must be set up so that the machine operator has a clear overview of the field in which it moves. All self-propelled construction machinery must have devices for giving audible signals.

Construction processes are complex and open systems, characterized by a number of different types of resources whose interactions as well as interactions with the environment generate frequent occurrence of health and safety risks with potentially severe consequences. Risks identified at one site may only partially appear at another site in the same form and other risks must be considered again.

Unlike other industries, the product of the construction process is stationary and often unique. Construction is implemented in the open area where the process is exposed to weather conditions. Construction processes are characterized by complex influences of interested parties (investor, contractor and subcontractors, government, public, etc) with their goals being often mutually exclusive which is projected on the implementation process and the aspects of the operation. When a company that performs a process of construction is of high quality, the negative impact of interested parties is more mitigated and the process of managing the work is successful. A specificity of the construction process is reflected in the process of separation of the design and the construction phase thus generating safety risks that could be avoided in the design phase. This problem is partially solved by introducing a coordinator for security and safety in the design phase whose task is to avoid or minimize any risks arising from the adopted design solutions. Also, by a stricter control and by punishing non-compliance with laws and regulations, the protection of workers, the environment and materials can be brought to a higher level.

Keywords: *construction sites; building materials; civil engineering; demolition; safety; occupations; occupational safety; handling; construction*

Datum prijema članka/Paper received on: 01. 11. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 28. 02. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 03. 03. 2014.

ISKUSTVA IZ PRAKSE PROFESSIONAL PRACTICE

PREVENTIVNE MERE ZA BEZBEDAN I ZDRAV RAD PRI KORIŠĆENJU AMFIBIJSKOG TRANSPORTERA PTS-M

Nenad V. Kovačević

Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,
Kadetska brigada

DOI: 10.5937/vojtehg62-4351

OBLAST: zaštita životne sredine
VRSTA ČLANKA: iskustva iz prakse

Sažetak:

Amfibijski transporter PTS-M (u daljem tekstu PTS-M) jeste sredstvo o kojem se vrlo malo zna. Malo profesionalnih pripadnika u Vojski Srbije danas ume da rukuje ovim specifičnim oruđem za rad i da ga opslužuje, a nesporno je da se radi o veoma kvalitetnom i korisnom sredstvu. Ovaj transporter predstavlja jedno od danas retkih sredstava u Vojski Srbije koje je ostalo autentično, jer od kako je uvezeno iz SSSR-a nije modifikovano. Vojska Srbije raspolaže sa svega 12 transportera PTS-M, koji su raspoređeni u dva amfibijska voda, u dva pontonirska bataljona u okviru Rečne flotile. Kako se radi o dosta složenom oruđu za rad, ukazano je na sve njegove specifičnosti u skladu sa tačkama Pravilnika o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad (Ministarstvo rada, 2012). Navedeni su i problemi, u vezi sa zaštitom na radu na oruđima za rad sa kojima se suočavaju zaposleni koji rukuju i opslužuju ovo svakako „neobično“ oruđe.

Ključne reči: bezbednost, pravila, sredstva, oruđa, oružane snage.

Uvod

Minimalni zahtevi koje je komandant jedinice (poslodavac) dužan da ispuni u obezbeđivanju mera i normativa zaštite na radu i na oruđima za rad ostvaruju se primenom: Pravilnika o preventivnim merama za bezbe-

dan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad, (Ministarstvo rada, 2012), Tehničkim uputstvom „Amfibijski PTS-M PTS-M”, knjiga 1. i 2. (Tehničko uputstvo Amfibijski transporter PTS-M, 1973) i odredbama Pravila službe Vojske Srbije (Generalštab Vojske Srbije, 2012).

PTS-M je gusenično motorno vozilo koje zbog obima svog tela, a koje ne propušta vodu, može da pliva po vodi. Izrađeno je na osnovu ruskog tenka T-54 (šasija i motor). Za plovidbu (kretanje) po vodi ima, na svom zadnjem delu, dva propelera, smeštena u specijalne tunele u telu, i dva kormila.

PTS-M je namenjen za prevoženje preko vodenih prepreka: vojnih jedinica (ljudstva), artiljerijskih oruđa, oklopnih i drugih borbenih i neborbenih vozila. Za utovar tereta na PTS-M i njegov istovar nije potrebna specijalna oprema. Karakteriše ga velika prohodnost, a sposoban je i da se uspešno kreće, kako po zemlji, tako i po vodi, a uz pomoć specijalne opreme može se koristiti i za plovidbu po moru.

U novije vreme, zbog svojih specifičnih mogućnosti (kretanje po vodi, velika nosivost i drugo), neretko se angažuje i kao ispomoć civilnim strukturama pri otklanjanju posledica elementarnih nepogoda, požara, zemljotresa i drugih nesreća (na primer, poplave u Banatu, 2005. godine). Izgled samog PTS-M prikazan je na slici 1.



Slika 1 – Izgled amfibijskog transportera PTS-M
Figure 1 – Amphibious transporter PTS-M

Osnovni taktičko-tehnički podaci amfibijskog transportera PTS-M:

- Težina: 17 t,
- Dužina: 11,426 m,
- Širina: 3,30 m,
- Visina: 2,65 m,
- Dubina vode za kretanje: a) bez tereta 1,40 m,
- b) sa teretom 1,73 m,
- Brzina kretanja na vodi: a) bez tereta 11,5 km/h,

- b) sa teretom 10,6 km/h,
- Brzina kretanja na suvom: 47 km/h,
 - Utrošak goriva na 100 km: 150 l,
 - Utrošak goriva na 1 moto čas: 50 l,
 - Nosivost: a) na vodi 10 t (72 vojnika ili 12 sanitetskih nosila),
 - b) na zemlji 5 t (72 vojnika ili 12 sanitetskih nosila),
 - Akcioni radius: a) pri kretanju na suvom sa teretom 5 t 480–500km,
- b) pri kretanju na vodi sa teretom 10 t 14 - 15h,
- Posadu PTS-M čine 2 člana: komandir i vozač.

Poslužilac oruđa je komandir koji rukuje, pre svega, radio-uređajem R-113 i individualnim kompletom alata i priborom za održavanje i eksploataciju oruđa.

Rukovalac oruđa je vozač koji upravlja transporterom PTS-M u toku rada i odgovoran je za ispravan rad sa oruđem. NAPOMENA: Rukovanje i vožnju ovim sredstvom mora da savlada i da poseduje potrebnu vozačku dozvolu i komandir, što predstavlja jednu od mera zaštite na radu sa oruđem za rad (Babić, Kovačević, 2013, pp. 15-22).

Mesta sa povećanim rizikom na PTS-M predstavljaju: upravljačka kabina (upravno odeljenje), platforma za prenos tereta (teretno odeljenje) i motor PTS-M (motorno odeljenje).

Opasna gibanja na PTS-M ostvaruju se tokom čitavog procesa rada, bez obzira na to da li stoji ili se kreće, da li je na zemlji ili vodi, i to u svim odeljenjima PTS-M.

Opasne materije na PTS-M su: vazduh pod pritiskom (koristi se za pokretanje motora) i dizel gorivo D-2 (koristi se za rad PTS-M).

Zaštitne naprave na PTS-M predstavljaju: odbojnik talasa, okna sa poklopcima, poklopci i rešetke za pokrivanje motornog odeljenja.

Zaštitni uređaji (sigurnosni uređaji) na PTS-M su: velika i mala pumpa za izbacivanje vode, ispusni ventil i uređaj za protivnuklearnu zaštitu.

Zaštitni uređaji za blokiranje (zaštitne blokade) na PTS-M su: regulator generatora RRT-30, utvrđivač (brava) komande menjača i prekidač mase akumulatora.

Posada PTS-M opremljena je i ličnom zaštitnom opremom, gde spadaju: čizme, specijalno tenkovsko pododelo i prsluk za spasavanje.

Mere i normativi zaštite na radu

Smeštaj oruđa

Amfibijski transporter PTS-M smešten je u posebnom delu kasarne, u parku tehničkih sredstava. U parku se nalazi 6 PTS-M parkiranih u 2 reda sa odstojanjima 2 m u redu i 2 m u odnosu na udaljenost redova. Oruđa su smeštena na otvorenom, na podlozi koja je presvučena tucani-

kom. Ispod hodnog dela oruđa (leva i desna gusenica) postavljene su daske po čitavoj dužini, tako da je na taj način smanjen broj opasnih mesta sa povećanim rizikom oko oruđa. Ispred oruđa stoji znak upozorenja da je zabranjeno stajati ispred ili iza oruđa kada je motor pokrenut.

Oko oruđa ima dovoljno prostora neophodnog za njegovo održavanje i posluživanje. S obzirom na to da se oruđe nalazi na otvorenom ima dovoljno dnevne svetlosti, a veštački izvori svetlosti takođe su obezbeđeni preko sistema rasvete u parku (oko PTS-M, pre svega iz bezbednosnih razloga postavljeno je nekoliko reflektora).

Osnovni nedostatak vezan za smeštaj oruđa je upravo u tome što je smešteno na otvorenom, a na osnovu odredbi Tehničkog uputstva „Amfibijski transporter PTS-M“, knjiga 1. i 2. (Tehničko uputstvo Amfibijski transporter PTS – M, 1973) i odredbi Pravila službe Vojske Srbije (Generalštab Vojske Srbije, 2012), strogo je zabranjeno da se oruđa na motorni pogon skladište na ovaj način, jer spoljašnji uticaji (temperaturne razlike, loši meteorološki uslovi i drugo) znatno utiču na radni vek oruđa i na cenu održavanja istog, shodno tome PTS-M bi trebao da se skladišti u zatvorenom prostoru (garaže, kaponiri, podzemni objekti i drugo) ili bar pod nadstrešnicom.

Natpisi i upozorenja

Na PTS-M, iza upravnog odeljenja (kabina), utisnuta je trajna pločica sa osnovnim podacima vezanim za oruđe (naziv proizvođača, tip PTS-M, serijski broj, godina proizvodnje, nosivost tereta i naziv i broj standarda prema kojem je izrađen). Na motoru, na poklopcu glave motora utisnuta je trajna pločica sa osnovnim podacima vezanim za motor (naziv proizvođača, tip motora, serijski broj, godina proizvodnje, snaga u KW, optimalna radna temperatura i naziv i broj standarda prema kojem je izrađen). U kabini je pomoću utisnutih trajnih pločica dat naziv većine aktuatorskih uređaja. Na bokovima PTS-M, na prednjem i zadnjem delu, ucrtane su bele i crvene linije (videti sliku 1). Bela linija predstavlja normalni, a crvena maksimalni gaz PTS-M na vodi sa teretom, preko kojeg PTS-M ne bi smeo više da plovi, odnosno to je signal posadi da jedan od zaštitnih uređaja nije u funkciji. Osnovni nedostatak jesu natpisi na oruđu na ruskom jeziku, pa je potrebno posvetiti pažnju prilikom obuke posade, posebno za rad sa aktuatorskim uređajima.

Pogonska energija s osobenostima zaštite

Motor amfibijskog transportera PTS-M smešten je u trup oruđa i zaštićen je čeličnom oplatom sa donje strane, odnosno rešetkom i poklopcima sa gornje strane, a za dno PTS-M spojen je varom i vijčanom vezom preko nosača, te je samim tim u potpunosti stabilan. Preko specijalnog

sistema za dovod – odvod vazduha, odnosno izduvnih gasova (ejektorski sistem) uspešno je regulisano da se svi izduvni gasovi bezbedno odvođe, odnosno da se vazduh dovodi do motora bez opasnosti po posadu ili ljudstvo koje se prevozi. Motor se snabdeva iz četiri rezervoara za gorivo i sve cevi za dovod goriva su posebno zaštićene, jer su užlebljene u najjači i najstabilniji deo transportera (kostur PTS-M). Ispod svakog rezervoara postoji specijalni uređaj za ispuštanje goriva u slučaju požara (svaki mali rezervoar zadržava svoje gorivo iz velikog rezervoara i nezavisno jedan od drugog snabdevaju motor). Posada u kabini ima i protivpožarni aparat S-6. Na bocama pod pritiskom (koriste se za pokretanje motora) postavljeni su manometri.

Poremećaji, nestanak i ponovni povratak energije predstavljaju nešto najrizičnije što se može dogoditi na PTS-M, pogotovo ako je na vodi. Ukoliko motor više nije u funkciji, posada nema izbora, jer svi zaštitni uređaji gube svoje funkcije. Amfibijski transporter je konstruisan tako da može vrlo kratko vreme da se održi na vodi ukoliko dođe do nestanka pogonske energije, jer dolazi, pre svega, do prestanka rada pumpi za izbacivanje vode iz trupa oruđa, pa posada nema mogućnosti da bilo šta učini kako bi došlo do ponovnog povratka energije i nastavka rada PTS-M.

Uređaji za upravljanje

Svi aktuatorski (upravljački) uređaji PTS-M (poluge, ručice, pedale, volan kormila i prekidači) smešteni su u kabini. Preko prekidača mase uspešno je rešeno rastavljanje sa hemijskim izvorima električne energije (2 specijalna akumulatora od 140 Ah). Prilikom rukovanja sa aktuatorima posada se nalazi u sedećem položaju, a aktuatori su postavljeni na visini od 75 cm od podloge. Većina aktuatorskih uređaja postavljena je na komandnoj tabli i u odnosu na sredinu komandne table nalaze se na udaljenosti, u proseku od 45 cm. Samo pokretanje PTS-M je dosta složeno i zahteva rad sa više aktuatorskih uređaja istovremeno, ne postoji mogućnost od slučajnog uključivanja oruđa. Svi aktuatorski uređaji ne mogu promeniti svoj položaj bez posredovanja radnika.

Aktuatori za nožno upravljanje konstruisani su blizu poda, tako da se posle upotrebe vraćaju u polazni položaj. Takođe, pored njih se nalaze i mesta za odmor stopala. Nožni aktuatori su u obliku pedale i široki su 120 mm, dugi 220 mm, jer se potiskuju celim stopalom. U slučaju opasnosti mora se koristiti više aktuatora za zaustavljanje (pedala gasa, ručica glavnog kvačila, ručica menjača i prekidač mase) PTS-M. Naglo zaustavljanje može dovesti do opasnih gibanja, lomova delova unutar transmisije i samog transportera i drugih opasnih pojava, te je uvežbanost posade najvažniji zadatak, a ujedno i preventivna mera zaštite na radu sa oruđima za rad.

Osnovni nedostatak i najčešći uzročnik povreda na PTS-M predstavlja ulazak u kabinu. Naime, penjanje na PTS-M vrši se preko pogonskog točka gusenice, udubljenja u telu PTS-M i krova kabine uz pomoć hvataljke na krovu. Ne postoji, nažalost, nikakva zaštitna ograda, kao ni sigurniji i jednostavniji način ulaska u kabinu i često se neuvežbana i nedovoljno obučena posada povredi pri ulasku u PTS-M.

Zaštitne naprave

Odbojnik talasa

Namena odbojnika talasa jeste da smanji gibanja PTS-M prilikom plovidbe, odnosno da ublaži udare talasa o telo PTS-M. Sastoji se od dve ploče od čelika, koje su spojene šarnirima i mogu se preklapati, a pričvršćene su sa prednje strane (pramac) na telo PTS-M preko vara. Pri kretanju po suvom ploče su sklopljene, a pri kretanju na vodi ploče se rasklapaju.

Okna sa poklopcima

Okna sa poklopcima nalaze se na gornjoj strani kabine i namenjena su za ulazak i izlazak posade PTS-M u kabinu. Sa donje strane obložene su gumenim zaptivačem, koji sprečava ulazak vode u kabinu. Osnovna mera zaštite pri plovidbi jeste da se proverí završćenost poklopaca pre samog ulaska u vodu. Poklopci imaju na sebi i brave, takođe sa donje strane, i bez neposrednog dejstva radnika brava poklopca ne može promeniti položaj.

Poklopci za pokrivanje motornog odeljenja

Poklopci za pokrivanje motornog odeljenja nalaze se na sredini teretne platforme. Izrađeni su od čelika, radi se o dve pune ploče, sa armaturnim ručkama na sredini ploča koje služe za pomeranje ploča, i bez neposrednog dejstva radnika ploče ne mogu promeniti položaj. Ploče zapravo pokrivaju rezervoare i komore za ulazak u motorno odeljenje. Najstrože je zabranjeno kada se ukrcava motorno vozilo na PTS-M da se parkira na ploče, već isključivo na kolotrage koji su izrađeni sa leve i desne strane teretne platforme.

Rešetka za pokrivanje motornog odeljenja

Rešetka za pokrivanje motornog odeljenja nalazi se na sredini teretne platforme između poklopaca. Izrađena je od čelika, kroz otvore rešetke se može provući prst radnika, ali je udaljena od motora na 150 /mm/, te je u skladu sa Pravilnikom o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad, (Ministarstvo rada, 2012), postavljena na bezbednom odstojanju. Rešetka se pomera pomoću armaturne

ručke (nalazi se na sredini rešetke), i bez neposrednog dejstva radnika rešetka ne može promeniti položaj. Najstrože je zabranjeno kada se ukrcaja motomo vozilo na PTS-M da se parkira na rešetku.

Zaštitni uređaji

Velika i mala pumpa za izbacivanje vode

Velika i mala pumpa za izbacivanje vode namenjene su za odstranjivanje vode iz tela PTS-M-a. Velika pumpa je kapaciteta 4000 $\frac{\text{l}}{\text{min}}$, a mala 400 $\frac{\text{l}}{\text{min}}$, svaka pumpa radi zasebno, a u rad se mogu uključivati pod uslovom da je uključen rad transmisije za pogon propelera. Mala pumpa počinje da izbacuje vodu onda kada nivo vode u telu PTS-M-a iznosi 25/mm/, a velika pumpa pri nivou 100 /mm/ iznad dna u pramcu PTS-M. Obe pumpe su s ravnim lopaticama, centrifugalnog tipa, a zalivanje se vrši automatski vodom prepreke koja se savlađuje. Osnovna mera zaštite pri radu sa PTS-M-om jeste da se otvore ventili za zalivanje pumpi pre ulaska u vodu, jer jedino na taj način pumpe su spremne za rad. Ventili se lako otvaraju, pomoću aktuatora koji se nalazi u kabini i postoji signalna lampica na komandnoj tabli koja pokazuje da li su pumpe spremne za rad.

Ispusni ventil

Ispusni ventil, zajedno sa velikom i malom pumpom, namenjen je za odstranjivanje vode iz tela PTS-M. Ventil se aktivira kada PTS-M završi plovību, odnosno kada izađe na obalu, a neophodno je ispustiti preostalu vodu iz tela PTS-M. Mera zaštite koju posada mora da uradi pre plovību jeste da proverí zatvorenost ispusnog ventila, jer ventil sme da se otvori jedino i isključivo nakon završetka plovību, odnosno kada je PTS-M na suvom. Nedostatak je što ne postoji nijedan signalni uređaj koji može da ukaže na stanje ventila, već je to u domenu obučenosti radnika (posade).

Uređaj za protivnuklearnu zaštitu

Uređaj za protivnuklearnu zaštitu namenjen je da posadu zaštiti od dejstva radioaktivne prašine pri kretanju PTS-M kroz kontaminirani zemljište. Zaštita se ostvaruje stvaranjem natpritiska vazduha u kabini. Natpritisk vazduha sprečava da, kroz nehermetizovane otvore i spojeve kabine, uđe radioaktivna prašina zajedno sa vazduhom. Natpritisk vazduha stvara se ventilatorom, koji ima ulaznu cev na vrhu kabine i izlaznu cev na boku PTS-M. Uključuje se jednostavno preko aktuatora u vidu preklopnika koji se nalazi na komandnoj tabli.

Zaštitni uređaji za blokiranje (zaštitne blokade)

Regulator generatora RRT-30

Regulator generatora RRT-30 predstavlja sklop tri zaštitne blokade koje su povezane i u funkciji su zaštite električne instalacije oruđa. Regulator se sastoji od: automatskog prekidača, dva regulatora napona i dva regulatora jačine struje. Automatski prekidač namenjen je za automatsko uključivanje generatora za punjenje akumulatora i paralelan rad s akumulatorima kada je napon generatora iznad napona akumulatora, i za isključivanje kad napon generatora, zbog smanjenja brzine obrtaja rotora, opadne ispod napona akumulatora. Regulator napona namenjen je za stalno održavanje napona generatora u granicama od 27 do 29 V pri promenljivoj brzini obrtanja rotora generatora. Regulator napona čine dva istovetna sklopa, i to po jedan sa za svaku pobudnu granu generatora. Regulator jačine struje obezbeđuje generator od preopterećenja, ograničavajući jačinu struje koju stvara generator na određenu veličinu. Regulator jačine struje čine dva istovetna sklopa, i to po jedan za svaku pobudnu granu generatora. Oni zajedno i automatski smanjuju struju pobude generatora, ako opterećenje prelazi dozvoljenu struju od 51 do 59 A.

Utvrdivač (brava) komande menjača

Utvrdivač sprečava samovoljno isključivanje i uključivanje brzine u toku vožnje PTS-M, ne dozvoljava uključivanje I stepena prenosa i hoda unazad pri promenama drugih brzina. Time utvrđivač sprečava opasna gibanja PTS-M, odnosno sprečava lom elemenata unutar menjača (planetarni prenosi), a šire gledano obezbeđuje i da ne dođe do povređivanja posade i ljudstva koje se prevozi, odnosno oštećenja tereta koji se transportuje. Komanda utvrđivača nalazi se na komandi menjača i nemoguće je pomeriti aktuator komande menjača, a da se prethodno ne koristi utvrđivač.

Prekidač mase akumulatora

Prekidač je namenjen za uključivanje akumulatora u električnu mrežu i za njihovo isključivanje kada je PTS-M izvan upotrebe, pri kvarovima i opravci sklopova i neispravnosti u električnoj mreži. Prekidačem se istovremeno isključuju svi potrošači električne energije oruđa, sem utičnice kontrolnog – dežurnog svetla u kabini i obeleženih svetala oruđa. Prekidač je smešten u kabini, s leve strane sedišta vozača i pomoću dva vijka je pričvršćen za zid kabine; svojim položajem ne utiče na rad vozača, odnosno omogućuje vozaču slobodan i nesmetan pristup. Prekidač je konstruisan da se bez neposrednog dejstva radnika ne može uključiti, odnosno isključiti i lak je za rukovanje i održavanje.

Kontrolni instrumenti i signalni uređaji

Kontrolni instrumenti

Za kontrolu rada pojedinih agregata PTS-M, a i kontrolu vožnje, u kabini postoje memi i kontrolni instrumenti. Svi instrumenti su smešteni na komandnoj tabli, izuzev brojača moto-časova i časovnika, koji su postavljeni na prednjem zidu kabine ispred sedišta komandira. Kontrolni instrumenti koji se nalaze na PTS-M su: voltampermetar, manometar, termometar, obrtomer, brzinomer i već navedeni brojač moto-časova i časovnik. Posada amfibijskog transportera PTS-M dužna je da u okviru pregleda pre upotrebe vizuelno proveriti ispravnost kontrolnih instrumenata. Baždarenje kontrolnih instrumenata vrši se u sklopu tehničkih pregleda oruđa (na primer I tehnički pregled vrši se na svakih 1000 km ili 50 do 60 ostvarenih moto-časova). Baždarenje vrši odgovorno lice iz tehničke radionice ili servisa za specijalna vozila. Kontrolni instrumenti su lako vidljivi za posadu i sa njih se lako mogu očitati vrednosti. „Kritične zone” obojene su crvenom bojom.

Signalni uređaji:

Zvučni signalni uređaji

Zvučni signalni uređaj na amfibijskom transporteru PTS-M je sirena vibracionog tipa, koja se uključuje pomoću dugmeta postavljenog na komandnoj tabli ispred vozača. Vozač je dužan da pre kretanja sa mesta uključi sirenu i time signalizira pokret, odnosno da opomene ljudstvo da se udalji od PTS-M.

Svetlosni signalni uređaji

Svetlosni signalni uređaji na amfibijskom transporteru PTS-M su: 2 fara, 1 reflektor, 4 obeležena svetla i prenosna lampa. Svi svetlosni signalni uređaji uključuju se preko kružnog prekidača na komandnoj tabli. Pomeranjem preklopnika u levu stranu uključuje se određena signalizacija, izuzev prenosne lampe koja ima posebnu utičnicu sa leve strane vozača u zidu kabine. Vozač je dužan da pre kretanja sa mesta proveriti ispravnost i uključi farove i obeležena svetla i time takođe signalizira pokret, odnosno opominje da se ljudstvo udalji od transportera.

Signali

Iako ne spadaju u uređaje, signali su vrlo bitni za zaštitu zaposlenih pri radu sa oruđem. Oni se izdaju pomoću signalnih zastavica, a preko „Tablice ustaljenih signala”, što je regulisano Strojnim pravilom Vojske Srbije – prilog (Generalštab Vojske Srbije, Uprava za operativne poslove, 2008, pp. 166-167). Svi zaposleni koji rade na ovom oruđu dužni su da poznaju ove signale.

Oruđa s opasnim materijama

Opasne materije koje koristi amfibijski transporter PTS-M su vazduh pod pritiskom i dizel gorivo. Vazduh pod pritiskom koristi se za puštanje u rad motora i predstavlja pomoćni način za pokretanje motora. Vazduh je smešten u čeličnoj boci koja je stegama pričvršćena u kabini ispred vozača. Podešavanje pritiska vrši se preko redukcionog ventila, ventil snižava pritisak, pre njegovog ulaska u cilindre motora na $900/\frac{N}{cm^2}$. Ventil je spojen i sa manometrom i sa razvodnikom vazduha. Manometar ima opseg merenja do $2500/\frac{N}{cm^2}$ i namenjen je za merenje pritiska vazduha u čeličnoj boci, ali i za merenje pritiska vazduha iza redukcionog ventila, pre ulaska vazduha u cilindre motora. Nakon pokretanja motora, vozač obavezno mora da zatvori redukcioni ventil. Dizel gorivo smešteno je u rezervoarima (tri mala kapaciteta od po 135 l i jedan veliki kapaciteta 300 l) koji se nalaze ispod teretne platforme, ukupni kapacitet rezervoara iznosi 705 l. Motor se posebnim cevovodima snabdeva iz rezervoara, s tim da povlači gorivo iz malih rezervoara, a oni iz velikog rezervoara. Pri tome je mera zaštite na radu da svaki rezervoar, nezavisno jedan od drugog, snabdevaju motor. Ispred svakog postoji ručica za zatvaranje dovoda goriva, tako da u slučaju kvara na cevovodima možemo zatvoriti bilo koji od rezervoara, a da oruđe i dalje bude u funkciji. Čišćenje boca i rezervoara vrši se prilikom srednjeg remonta, odnosno posle 500 ostvarenih moto-časa.

Oruđa koja stvaraju buku i vibracije

Amfibijski transporter PTS-M ima vrlo snažan motor (350 KS), te se usled njegovog rada stvara jaka buka koja loše utiče na zdravlje i bezbednost posade. Proizvođač je pronašao rešenje u sredstvima veze koja ujedno predstavljaju zaštitna sredstva. Posada je dužna da koristi uređaj za međusobni razgovor, čiji jedan deo jeste šlemofon, izrađen u vidu tenkovne kape koja pokriva i delove lica i sadrži laringofon (pretvara vibracije glasnih zica u električne vibracije zvučne učestanosti) i dve slušalice koje se postavljaju preko uha i sprečavaju oštećenje sluha. U pogledu bezbednosti ovde treba naglasiti ulogu tablice sa signalima i njeno poznavanje, jer ukoliko se ne poznaje značenje signala vrlo lako može doći do povreda na radu sa oruđem. Takođe, pri radu motora dolazi i do stvaranja vibracija, ali one nemaju veliki uticaj na posadu. Proizvođač je našao rešenje u vidu sedišta, koja dobro inhibiraju vibracije.

Otklanjanje smetnji, održavanje i transport oruđa

Otklanjanje smetnji na oruđu

Otklanjanje svih neispravnosti na oruđu vrše stručna lica iz tehničke radionice ili iz servisa za specijalna vozila. Pri tome, posada amfibijskog transportera dužna je da stručnim licima pruži adekvatnu pomoć. Otklanjanje kvarova na PTS-M vrši se isključivo u stanju njegovog mirovanja, pri čemu su sva lica dužna da poštuju odredbe Tehničkog uputstva „Amfibijski transporter PTS-M”.

Održavanje oruđa

Održavanje PTS-M određeno je Tehničkim uputstvom „Amfibijski transporter PTS-M”, knjiga 1. i 2. (Tehničko uputstvo Amfibijski transporter PTS-M, 1973) tačke od 806. do 835. Ovim uputstvom precizirano je da osnovno održavanje, koje čine: dnevni pregledi, periodični (nedeljni) pregledi, opsluživanje i prelazak sa letnjeg na zimski vid eksploatacije i obrnuto, realizuju neposredni korisnici – posada. Dnevni pregled čini: pregled pre, u toku i posle upotrebe i predstavlja, zapravo, uvid u ispravnost i kompletnost PTS-M-a. Pri održavanju posada je dužna da se pridržava svih uputstvom propisanih mera zaštite i da ih poznaje. Jednom mesečno komandir jedinice dužan je da testira sve članove posade kako bi se proverilo koliko poznaju odredbe vezne za mere zaštite pri održavanju oruđa.

Transport oruđa

Transport oruđa vrši se pomoću vučnog voza ili železnice. Ako se obavlja pomoću vučnog voza, prikolica na kojoj se transportuje oruđe obeležava se crvenim zastavicama koje se postavljaju na krajnje tačke gabarita oruđa. Oruđe se u krajnjim tačkama veže (španuje) pomoću čeličnih užadi za prikolicu vučnog voza. Vučni voz mora da ima pratnju vojne policije radi regulisanja saobraćaja i primene mera bezbednosti u saobraćaju. Ako oruđe transportujemo železnicom, vrši se pomoću četvoroosovinskog otvorenog plato-vagona. Oruđe se u krajnjim tačkama veže (španuje) pomoću čeličnih užadi za vagon. Pošto su gabaritne dimenzije oruđa veće od gabarita vagona, dozvoljeno je da gusenice oruđa pređu do 40 mm sa obe strane vagona. Otpremanje i prevoz vrši se kao „NAROČITA POŠILJKA” i vagon prati vojna delegacija pri preduzeću Železnice Srbije.

Uređivanje mesta rada

Amfibijski transporter PTS-M nalazi se na otvorenom i pri radu posada kao zaštitu od vremenskih uslova koristi jedino kabinu, gde postoji ugrađen grejač. Ako se rukovanje ili posluživanje oruđa vrši noću postoji adekvatno

veštačko osvetljenje koje omogućuje dobru vidljivost. Površina kabine oruđa iznosi $5,15 \text{ m}^2$, tako da svaki član posade ima na raspolaganju više od 2 m^2 u skladu sa Pravilnikom o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad (Ministarstvo rada, 2012). Celokupna dodatna oprema (individualni komplet alata, pumpa za pretakanje goriva, sanitarna oprema, signalni raketni pištolj i drugo) ima svoje predviđeno mesto na PTS-M, tako da ne ugrožava proces rada i ne predstavlja uzrok povrede članova posade, niti smanjuje slobodnu površinu za rad.

Zaključak

Rizik od povređivanja na radu u poslednjih nekoliko godina često je predmet brojnih rasprava i diskusija, naročito od početka primene odredbi Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu (Ministarstvo rada, 2005). Rizik, kao kombinacija verovatnoće i posledica opasnog događaja svakako se može umanjiti ili pak eliminisati isključivo pravovremenom, savesnom i preventivnom primenom odredbi Pravilnika o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad (Ministarstvo rada, 2012), koje svaki pojedinac u svom radu treba permanentno da primenjuje i da ih se pridržava. Osnovni problem u pogledu umanjenja rizika pri radu sa PTS-M i uopšte sa sredstvima kojima raspolaže Vojska Srbije danas, jeste što ne postoji zvanično nijedan akt (osim internih u jedinicama) kojim se uređuje bezbedan i namenski način eksploatacije sredstava. Samo tehničko održavanje i namenska upotreba regulisani su primenom odredbi tehničkih uputstava za određena sredstva koja se koriste, ali za bezbedan i zdrav način obavljanja funkcionalnih dužnosti postoje samo interna akta jedinica ranga bataljona, a ta akta najčešće izrađuju lica koja nemaju odgovarajuće stručno zvanje koje se odnosi na bezbednost i zdravlje na radu. To je definitivno problem budućnosti s kojim će se Vojska Srbije morati suočiti.

Amfibijski transporter PTS-M je sredstvo koje je od 90-ih godina prošlog veka, pa sve do danas, nepravedno zapostavljeno i koje će verovatno zbog nemogućnosti održavanja i zbog isticanja resursa uskoro biti proglašeno neperspektivnim, odnosno posle duže od 40 godina, koliko se nalazi u operativnoj upotrebi u našoj vojsci, ono odlazi u istoriju na nimalo slavan način. Radi se o sredstvu čiji potencijali nisu ni približno iskorišćeni.

Literatura

Babić, B., Kovačević, N., 2013, Uticaj amfibijskih sredstava na zaštitu životne sredine, pp.15-22, Konferencija *Rizik i bezbednosni inženjering*, Kopaonik, Februar 02-06.

Ministarstvo rada Republike Srbije, 2012, *Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad*, Beograd, Službeni glasnik RS.

Ministarstvo rada Republike Srbije, 2005, *Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu*, Beograd, Službeni glasnik RS.

Generalštab Vojske Srbije, 2012, *Pravilo službe Vojske Srbije*, Beograd, Vojna knjiga.

Generalštab Vojske Srbije, Uprava za operative poslove, 2008, *Strojevo pravilo Vojske Srbije*, Beograd, Vojna knjiga, pp. 166-167.

Tehničko uputstvo, 1973, *Amfibijski transporter PTS-M, knjiga 1. i 2.*, Beograd, Vojna štamparija

PREVENTIVE MEASURES FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK WITH THE AMPHIBIOUS TRANSPORTER STM-M

FIELD: Environment protection

ARTICLE TYPE: Professional Practice

Summary:

Nowadays, the knowledge of using the amphibious transporter STM-M (STM-M) is very limited. A small number of professional soldiers in the Serbian Armed Forces know how to use this very useful and high-quality military vehicle in a regular way. From the day on this vehicle has remained in its basic shape without any modifications since it was made in the former Soviet Union. Today, the Serbian Armed Forces have only 12 of these vehicles in the operational use. The Serbian Armed Forces have two amphibious platoons in two portoon batalions in the River Flotilla. As the author of this article was an officer in charge of maintaining this complex and "unusual" vehicle, the article deals with the provisions from the Regulations on preventive measures for safety and health while using work equipment (Ministry of Labour, 2012), applied to work with STM-Ms. The article makes a parallel between the provisions of the Regulations and the actual situation and specific conditions of using and maintaining STM-Ms.

Introduction

Some basic information about the STM-M is given here, with Figure 1 of this vehicle and its tactical and technical specifications. The dangerous places on the vehicle are presented as well.

Measures and rules for safe work

This part of the article presents all special tools on the STM-M that are used for safe work. Each piece of tool is described in detail - its location on the STM-M, its physical characteristics, and most common mistakes during its use. Some measures for better maintenance and improved safety at work are also proposed.

Conclusion

The conclusion deals with the misuse and wrong maintenance of STM-Ms and gives some proposals for their better use. A critical commentary about the conditions of safety engineering in the Serbian Armed Forces can be found here as well.

Key words: *safety, regulations, military equipment, armed forces.*

Datum prijem članka/Paper received on: 21. 08. 2013.

Datum dostavljanja ispravki/Manuscript corrections submitted on: 27. 02. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/Paper accepted for publishing on: 28. 02. 2014.

SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

Potreba za brzinom¹



Kompanija *Lockheed Martin* je novu tehnologiju koja će biti upotrebljena u ponuđenoj letelici SR-72 brzine od 6 Maha, nazvala „Novi nevidljivi“. U stvari, radi se o starom nevidljivom avionu, a to predstavlja klasičan primer kako se svaki vojni i politički lider svrstava iza linije koju naziva tehničkim nesporazumom.

Priča o prethodniku SR-72, letelici A-12 *Oxcart*, fascinantna je. Jedna od najvažnijih i najduže sakrivenih osobina programa je upravo kritična uloga nevidljivosti. Ekipa kompanije *General Dynamics* je umalo pobedila ekipu *Skunk Works Texas* prilikom projektovanja letelice *Kingfish* koja je neobično ličila na mnogo kasnije napravljenu letelicu F-117.

Teorija koja se nalazila kao osnov oba dizajna bila je ona koja je kombinovala smanjenu radarsku vidljivost i veliku brzinu radi neutralisanja protivničke raketne odbrane. Amerikanci su u jednom trenutku počeli da traže način smanjenja radarske vidljivosti teškog bombardera B-70 *Valkyrie*.

¹ Aviation Week & Space Technology November 25, 2013.

Ništa od svega ovoga nije moglo ubediti gospodina Roberta Meknamaru, Kenedijevog sekretara odbrane. Njegovi analitičari su verovali da će Sovjetski Savez vrlo brzo razviti veće rakete i radare koji bi poništili brzinu i visinu američkih letelica. Projekat bombardera B-70 je ukinut, a nuklearna napadačka verzija letelice A-12 bila je prihvatljiva samo u obliku eksperimentalnog YF-12 i nenaoružanog SR-71. Meknamarinin omiljeni avion F-111, projektovan je sa sposobnošću leta brzinama od 1.2 Maha na malim visinama i to je na kraju dovelo do razvoja i proizvodnje bombardera B-1.

Problem u vezi Meknamare je taj što nije bio u pravu. Protivvazdušne rakete S-200 i presretač MiG 25 koje su Sovjeti napravili za obaranje A-12 nisu mogli funkcionisati protivno zakonima fizike. Na velikim visinama potrebna je površina krila radi presretanja letelice koja nije mnogo manevarabilna, a sa druge strane potrebna je velika količina raketnog goriva za dostizanje cilja koji leti na brzina preko 3 Maha. Tada je procenjeno da je postojala vrlo mala mogućnost da raketa S-200 obori SR-71. U praksi se nije nikada tako nešto ni desilo dok su se Meknamarini spori avioni pokazali kao vrlo osetljivi na topove, pelikane, a bili su i blizu toga da obore svetski rekord u niskom letenju.

Američko ratno vazduhoplovstvo je odbacilo „utočište velikih brzina“ tokom 1982. godine kada je započet program naprednog taktičkog lovca koji je rezultirao pojavom F-22 kompanije *Lockheed Martin*. Avion je mogao da postigne krstareću brzinu od 1,6 Maha i bez upotrebe forsaža, a mogao je da izdrži manevre od 6 g prilikom naglog ubrzavanja, ali na visinama preko 18.000 metara.

Prvobitni dizajn naprednog taktičkog lovca predviđao je izbalansiranu nevidljivost u odnosu na brzinu, visinu i manevarske sposobnosti. Potpuna nevidljivost ostvarena je nakon što su kompanije *Lockheed* i *Northrop* obećale da će cena letelice i pored svega ostati niska. Američko vazduhoplovstvo bi danas bilo u mnogo boljem stanju da su obećanja ispoštovana. Supersonični avion košta više od podzvučnog, ali može imati više naleta u istom periodu i brže napasti odabrani cilj. Svaki supersonični avion može pokriti veće područje i to za kraće vreme.

Danas postoje izazovi. Velika brzina znači da je teže tražiti i napasti ciljeve na zemlji. To više košta, ali je otvoreno pitanje da li je to skuplje od ostvarenog visokog stepena nevidljivosti.

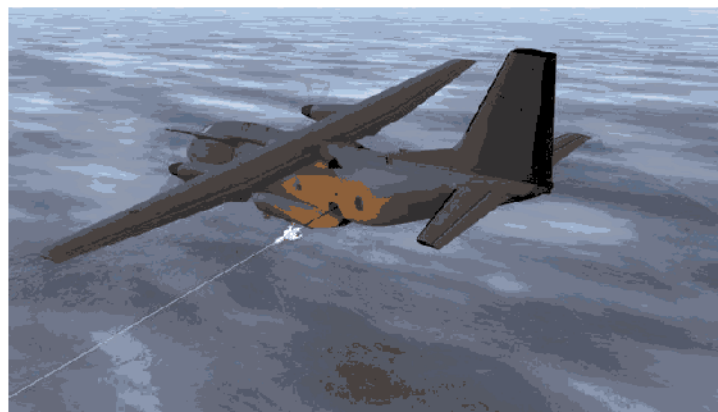
Biće teško dostići cilj u obliku letelice SR-72 sa brzinom od 6 Maha. Ali, da li nam je stvarno potrebna takva brzina? Brzina od 3 do 4 Maha, velika visina, pregledna situacija, smanjeni frontalni radarski odraz i dobra elektronika trebalo bi da budu sasvim dovoljni i to bez korišćenja ramdžet-motora.

Međutim, današnje studije o bombarderima fokusirane su na nevidljivost i vrlo malo se vodi računa o eventualnim manevarskim sposobnostima novih letelica u smislu izbegavanja navođenih raketa bez obzira na eventualni ishod takvih projekata.

Dragan Vučković

Prvo za Evropu²

Italijansko ratno vazduhoplovstvo postaje prvo evropsko ratno vazduhoplovstvo koje investira u vazdušne topovnjače radi povećane upotrebe specijalnih snaga.



Italijani konvertuju šest aviona flote koju čini 12 letelica *Alenia C-27J Spartan*, taktičkih transportnih aviona, u višenamenski avion *MC-27J Praetorian*. Konvertovanje se čini putem paletizovanih kompleta koje su zajednički razvili kompanije *Alenia Aeromacchi*, *ATK* i *Selex ES*. Ključni elementi sistema uključuju paletizovan top od 30 mm GAU-23, kompanije *ATK* koji gađa sa bočne strane aviona, sa vrata predviđenih za iskakanje padobranaca, elektro-optičke kamere i kompjuterski sistem.

Italijansko vazduhoplovstvo naručilo je ovaj sistem nakon toga što je predstavljen na sajmu vazduhoplovstva u gradu *Farnborough* tokom 2012. godine. Ove godine izvršene su probe sa topom održane u SAD. Italija planira kupovinu tri kompleta.

Iako još nisu definisani svi detalji, program *MC-27J* omogućava različite vrste upotreba letelice, počevši od verzije za komandu i kontrolu, pa do verzije letelice kao topovnjače, što bi na kraju omogućilo lansiranje preciznog navodećeg naoružanja.

Svih šest aviona *MC-27J Praetorian* biće konvertovani i spremni za operacije do 2016. godine. Tada će služiti za podršku italijanskih specijalnih snaga i to u konfliktima četvrte i pete generacije.

Kompanije *Alenia* i *ATK* vrlo skoro će započeti rad na prvom prototipu *MC-27J*. Ovaj avion biće konfigurisan kao letelica za vršenje komandnih i kontrolnih dužnosti, što znači osposobljen za prikupljanje informacija, nadzor i izviđanje. Tako opremljena letelica biće poslata u Herat, u Avganistanu, radi podrške italijanske misije pri međunarodnim bezbednosnim snagama.

Letelica će biti snabdevena elektro-optičkim sistemima u nosu i upotrebljena kao platforma velikog doleta za nadzor i prikupljanje informacija, slično ulozi koju ima *Lockheed Martin KC-130J Harvest Hawk Hercules* morskog korpusa koji se takođe nalazi u Avganistanu. Upotreba ove *MC-27J* u Avganistanu pomoći će italijanskom ratnom vazduhoplovstvu u daljem razvoju letelice kao vazdušne topovnjače.

² Aviation Week & Space Technology November 25, 2013.

Kompanija *ATK* planira takozvano „meko lansiranje“ navođenog naoružanja kao što je *Raytheon AGM-175 Griffin* ili *MBDA GBU-44 Viper* kroz otvorenu rampu i izbacivanje naoružanja sa zadnjeg dela aviona ili možda i izbacivanje iz serije lansiranih cilindara iz prostora za ubacivanje tereta. Ovaj poslednji način bi onemogućio eventualnu dekompresiju.

Puna cena projekta još nije određena, iako zvaničnici kompanije *Alenia* barataju cifrom od 80 do 100 miliona dolara po avionu za potpuno opremljeni MC-27J. Tvrdi se da bi tako opremljen avion imao 70% mogućnosti daleko skupljeg AC-130J.

Ovakav MC-27J imao bi ulogu i kao dodatak već modifikovanom C-27J, sa kodnim nazivom *JEDI*, koji trenutno služi kao vazdušni ometač, obezbeđujući zaštitu konvojima na tlu protiv improvizovanih eksplozivnih naprava putem ometanja komunikacija pobunjenika.

Trenutno samo mali broj zemalja raspolaže ovakvim tipom aviona i oni su toliko traženi, kao američki AC-130, da nisu u stanju podmiriti sve zahteve. Kolumbija ima mali broj letelica *BT-67 Basler* u konfiguraciji letećih topovnjača, dok kompanija *ATK* pomaže konvertovanju jordanskog *CN235 Airbus* u leteću topovnjaču za potrebe jordanskog ratnog vazduhoplovstva.

Trenutno se računa da u sledećih 20 godina postoji potreba za nekih 50 letelica, što u ulozi komandnog i kontrolnog aviona, što u ulozi leteće topovnjače.

Dragan Vučković

Tajna nova nevidljiva bespilotna letelica³



Velika bespilotna letelica kompanije *Northrop Grumman*, još uvek pod oznakom poverljivo, poletela je – i prikazuje ogroman napredak na polju kombinacije nevidljivosti i aerodinamike. Letelica je namenjena misijama prikupljanja obave-

³ Aviation Week & Space Technology December 06, 2013.

štajnih podataka, nadzoru i izviđanju (ONI), a početak proizvodnje za američko ratno vazduhoplovstvo i operativna upotreba predviđena je za 2015. godinu.

Program nazvan RQ-180 finansiran je preko budžeta američkog ratnog vazduhoplovstva predviđenog za poverljive projekte. Program je dodeljen kompaniji *Northrop Grumman* nakon takmičenja koje je uključivalo kompanije *Boeing* i *Lockheed Martin*. Letelica je namenjena misijama koje su ostale nepokrivene nakon povlačenja aviona *Lockheed SR-71* tokom 1998. godine.

RQ-180 nosi senzore radio-frekvencija kao što su aktivni radar sa faznom rešetkom (AESA) i sredstva za pasivni elektronski nadzor. Letelica će takođe biti osposobljena za ofanzivna elektronska dejstva.

Dizajn letelice predstavlja ključ za dejstva američkog ratnog vazduhoplovstva u „osporenim“ ili „zatvorenim“ vazдушnim prostorima za razliku od dejstava prethodnih bespilotnih letelica kao što su *Global Hawk* i *Reaper* u „dovoljenim“ vazдушnim prostorima, kao što su Irak i Avganistan. Nova bespilotna letelica pokazuje želju američkog ratnog vazduhoplovstva za povlačenje letelice *RQ-4B Global Hawk* nakon 2014. godine uprkos protivljenju Kongresa.

Novu bespilotnu letelicu zajednički će kontrolisati američko ratno vazduhoplovstvo i CIA. Takav dogovor je postojao i za RQ-170 koja je bila u sastavu tri-desetog izviđačkog skvadrona američkog ratnog vazduhoplovstva. RQ-180 zamenjuje RQ-170 koji je manji, vidljiviji i kraćeg doleta.

Izgleda da je tajni ugovor bio dodeljen tokom 2008. godine, kada je kompaniji *Northrop Grumman* dodeljeno dve milijarde dolara sektoru za integrisane sisteme. To je sektor koji je zaslužan za konstrukciju bombardera B-2, letelica *Global Hawk* i *Fire Scout*, kao i demonstratora tehnologija X-47B. Ove godine finansijski izveštaji kompanije potvrdili su da je program još neimenovane letelice ušao u fazu inicijalne proizvodnje. Prikazane su slike novih kaponira i hangara za letelicu koja ima raspon krila veći od 40 metara na lokacijama kompanije *Northrop* u gradu *Palmdale*, Kalifornija i u Oblasti 51, tajnog poligona za probne letove u mestu *Groom Lake*, u državi Nevadi.

Kompanija je, takođe, proširila svoje proizvodne kapacitete u gradu *Palmdale* tokom 2010. godine, verovatno u vezi sa radovima na RQ-180.

Američko ratno vazduhoplovstvo nije sebi moglo dozvoliti kupovinu i održavanje ciljanog broja od 65 letelica *MQ-9 Reaper* i *MQ-1 Predator* nakon 2014. godine, što verovatno objašnjava prebacivanje prioriteta ka novom sistemu kompanije *Northrop*.

To je rezultat interne debate povodom nabavke određenog broja novih tajnih bespilotnih letelica. Iako očigledno postoji saglasnost u vezi potrebe za malim brojem „srebrnih metaka“ koji bi bili upotrebljavani u specijalnim vojnim i obaveštajnim zadacima, veća flota letelica omogućila bi dejstvo većeg broja lovaca i bombardera po širem dijapazonu ciljeva. Izveštaj Centra za strateške i budžetske procene preporučuje postojanje snaga od pet skvadrona od po 10 letelica koji bi predstavljali ofanzivnu snagu na velikim visinama, koji bi bili nevidljivi i služili ONI misijama. Međutim, tako velika flota bila bi preskupa i mogla bi ući u program zajedničkog taktičkog lovca, bombardera velikog dometa i drugih programa visokog prioriteta.

RQ-180 vuče korene iz projekta kompanije *Northrop* „Združeni bespilotni borbeni vazdušni sistem“ – Joint Unmanned Combat Air System (J-UCAS). Projekat je napušten krajem 2005. godine zbog razlike u zahtevima. Ratna mornarica tražila je letelicu baziranu na nosaču aviona koja je dovela do programa X-47B. Ratno vazdu-

hoplovstvo tražilo je veću letelicu sa većim dometom koja bi omogućavala globalne udare na ciljeve, mnogo sposobniju od RQ-170 koja je tada bila u proizvodnji.

Tokom fiskalne 2007. godine otkriveno je u budžetskoj dokumentaciji mornarice da se program J-UCAS delio u dva pravca, prvi koji je doveo do X-47B i drugi pravac koji je vodio do „tajnog programa ratnog vazduhoplovstva“. U tom međuvremenu *Northrop* je razmišljao o konfiguraciji X-47C sa dužim krilima koja su dostizala 40 metara sa dva motora razvijena iza motora CF34 kompanije *General Electric* koja bi omogućavala nosivost do 5 tona tereta.

RQ-180 je manji u odnosu na pomenuti koncept i još nije jasno da li je predviđen za borbene misije. Po svojoj veličini sličan je letelici *Global Hawk* koja teži 14.628 kg i može ostati na položaju 24 sata i to 2222 kilometara od svoje baze. Mnogo manji RQ-170 je ograničen na 5-6 sati leta.

Ključna osobina dizajna RQ-180 je napredak u svim aspektima po pitanju radarskog otkrivanja u odnosu na avione F-117, F-22 i F-35. Dizajn je optimizovan tako da omogućava zaštitu od emitera niskih i visokih frekvencija iz svih pravaca. Dizajn sa druge strane ne ide nauštrb umanjenja aerodinamičkih osobina.

Letelica je posebno projektovana kao i X-47B. Dizajn letelice liči i na bombarder B-2. Letelica postiže efekat „sličan jedrilici“ što joj sa obzirom na strujanje vazduha po posebno profilisanim panelima omogućava veću toplotnu i drugu disipaciju i povećava efekat nevidljivosti u odnosu na B-2.

Nastojanje za postizanjem efikasnijeg laminarnog strujanja oko letelice doveo je do razvoja novih strukturalnih i proizvodnih tehnologija. Kompanija *Northrop* je kupila kompaniju *Scaled Composites* tokom 2007. godine. Ta kompanija bila je svetski lider u proizvodnji velikih kompozitnih delova letelica u specijalnim kalupima, što je rezultiralo mnogo konzistentnijim i jačim površinama.

Integracija motora uvek predstavlja izazov za steti dizajn. Dužina i obim usisnih i izduvnih sistema proporcijalni su prečniku motora. Inače, većina podzvučnih nevidljivih letelica, uključujući B-2, koristi adaptirane motore lovaca, ali sa većom potrošnjom goriva.

RQ-180 bi mogao koristiti motore slične modifikovanom CF34 koji je bio viđen za prvobitni koncept X-47. Motor letelice verovatno ima veću snagu od onoga u letelici *Global Hawk* radi postizanja veće visine i većeg napona za ugrađene uređaje.

Sa operativne tačke gledišta, radijus dejstva RQ-180 može biti neograničeno povećan putem vazdušne dopune goriva, iako je još nejasno da li će bespilotna letelica koristiti ovu mogućnost. Kompanija *Northrop Grumman* je tokom 2008. godine navodila da bi vreme leta X-47 moglo dostići 100 sati sa vazdušnim tankovanjem. Nakon toga granica se pomera do potrebe redovnog održavanja sistema letelice. Na primer, limitirajući faktor letelice *Global Hawk* je promena ulja.

Američka mornarica je sprovodila testiranja punjenja gorivom letelice X-47B, ali je upotrebljavala dirigovani surogat letelice u tu svrhu.

Napredak na polju nevidljivosti i aerodinamike omogućio je da se tehnologije na polju slabe radarske vidljivosti mogu prilagoditi radi pariranja novim opasnostima kao što je radar niske frekvencije. To je kamen temeljac razvoju bombardera velikog dometa ratnog vazduhoplovstva, ali i podrške bombarderu B-2 i drugim sredstvima koja se koriste za napade na velikim daljinama. U ovom kontekstu RQ-180 je obezbedio svoju poziciju u budućim ratnim planovima.

Decembra 2011. godine Iran je sa ponosom na televiziji prikazao američku bespilotnu letelicu za koju je tvrdio da je oborena tokom izviđačke misije. Trofej je bila letelica RQ-170 *Sentinel*, uvedena unazad dve godine u američko ratno vazduhoplovstvo.

Čak i pre tog događaja, tajna u vezi RQ-170 bila je vrlo slabo čuvana. Bespilotni vazdušni sistem bio je u upotrebi nad Avganistanom, Pakistanom i Iranom određeno vreme preko nego što je fotografisan u Kandaharu, u Avganistanu tokom 2008. godine, a kasnije 2011. godine sistem je upotrebljen tokom upada kada je ubijen Osama bin Laden.

Pentagon je ignorisao sramotan gubitak bespilotne letelice. Reakcija je možda očekujuća s obzirom na to da su obaveštajni izvori tvrdili da je *Sentinel* nastao kao rezultat projekta koji je završen za vrlo kratko vreme i namenjen samo za specifične misije. Za dugotrajniji opstanak u floti američkog ratnog vazduhoplovstva određena je ipak nova, tajna bespilotna letelica – RQ-180.

Pojava RQ-180 omogućila je američkom ratnom vazduhoplovstvu da umanjí zahteve u vezi onog što je nekad nazivano „Sledeća generacija bombardera“, programa koji je ukinut 2009. godine zbog visokih troškova. Sledeći program koji je usledio, „program bombardera velikog dometa“ je opcija koja manje košta s obzirom na to da će se oslanjati na zajedničku operativnu upotrebu RQ-180 i drugih sličnih sistema.

Kada je 2008. godine kompanija *Northrop* dobila ugovor za razvoj nevidljive bespilotne letelice došlo je do prekida zajedničkih nastojanja ratnog vazduhoplovstva i ratne mornarice radi razvijanja jedne nevidljive bespilotne letelice koja bi napadala sa kopna i sa mora. Projekat združenog bespilotnog borbenog vazdušnog sistema (J-UCAS) ukinut je tokom 2005. godine. Ratna mornarica je nastavila sa razvojem X-47B (UCAS) i sada planira kupovinu bespilotnog sistema za vazdušni nadzor i udar lansiranog sa nosača aviona – *Unmanned Carrier-Launched Airborne Surveillance and Strike System (UCLASS)*. Ratno vazduhoplovstvo preusmerilo je svoja finansijska sredstva i tehnologiju prema tajnom programu kao što je RQ-180.

Do sada, s obzirom na ratne prohteve u Iraku i Avganistanu, gde su koalicione snage mogle dejstvovati sa vrlo malim rizicima, ratno vazduhoplovstvo je investiralo u sredstva za prikupljanje informacija bez karakteristika nevidljivosti kao što su *Beachcraft King Air MC-12W* projekat *Liberty* i *Blue Devil 1*. Još od 1998. godine, kada je završen program letelice SR-71 brzine od 3 Maha, Pentagon nije imao potrebe za nadletanjem ciljeva u neprijateljskom vazdušnom okruženju radi prikupljanja informacija. Rasprostranjena upotreba integrisanih sistema za protivvazdušnu upotrebu, ali i sve veći operativni troškovi, onemogućili su upotrebu SR-71 i smestili letelicu u muzej. Nakon toga, 1999. godine, Pentagon je ukinuo program RQ-3 *Dark Star* kompanije *Northrop Grumman* i *Boeing* koji je trebalo da bude dodatak programu kompanije *Northrop Global Hawk*, RQ-4 nakon problema sa stabilnošću leta.

Iako su sateliti sposobni za pregled situacije iza granica, njima nedostaje upornost i fleksibilnost letelica. Sateliti su ograničeni na osmatranje ciljeva, što letelice mogu korigovati menjanjem visine leta. Takođe, protivnik može predvideti kada će satelit nadleteti cilj i u tom smislu predvideti svoja dejstva.

Nastavlja se sa razmatranjem platforma velikih brzina, kao što je koncept SR-72 hipersoničnog aviona kompanije *Lockheed Martin*, ali su planeri odlučili u korist nevidljivog sistema s obzirom na moguće probleme i rizike u vezi s novim tehnologijama.

Očekivanje da će letelica RQ-180 biti uskoro operativna omogućilo je ratnom vazduhoplovstvu da se odrekne podrške za letelicom *Global Hawk Block 30*. Ver-

zija *Block 30* bila je viđena kao zamena aviona U-2 u pogledu dobijanja informacija i to u obliku slika i signala. Iako nije bila u mogućnosti da leti na visinama od preko 21.000 metara već samo do 15.000, odnosno 18.000 metara, letelica *Global Hawk* mogla je da ostane po ceo dan ili duže, a da ne izlaže pilote opasnostima produženih misija na ekstremnim visinama, problema koji se javljao tokom dugih letova u okviru misija podrške iznad Avganistana.

RQ-180, naprednija letelica sa većim faktorom nevidljivosti, sposobna da prođe u neprijateljski vazdušni prostor, nasledila je *Global Hawk*. Američko ratno vazduhoplovstvo sada stoji iza aviona U-2 sa unapređenjima kokpita i senzora kao osnovnog sredstva za prikupljanje informacija, dok je RQ-180 predviđen za misije prodora.

Ukoliko se RQ-180 operativno dokaže, Američko ratno vazduhoplovstvo podmiriće svoje potrebe za prodiračem na velikim visinama. Sledeći veliki izazov prilikom rebalansa flote za prikupljanje informacija biće definisanje budućnosti letelica *Predator* i *Reaper* i njihovih naslednika.

Dragan Vučković

Satelitski snimci pokazuju „supertop“ u kineskoj pustinji⁴



Satelitski snimci otkrivaju dva neobično velika artiljerijska oruđa, jedno dužine 24,38 metara, a drugo 33,52 metara na opitnom poligonu namenjenom za testiranje oklopa i artiljerije, severozapadno od grada Baotou, u Kini.

Ova dva oruđa koja su horizontalno montirana na betonskom postolju, prvi put su se pojavila između septembra 2010. i decembra 2011. godine, kada su snimljeni satelitom. Dalje satelitske slike su potvrdile postojanje istih oruđa i u julu 2013. godine.

Slike iz 2011. godine jasno pokazuju da se ispred oruđa od 33,52 m nalazi serija ciljeva, što govori da je u pitanju testiranje u vezi s projektilom velikih brzina.

⁴ IHS Jane's Defence Weekly November 20, 2013.

Kina je tokom svog postojanja pokazala interes za artiljeriju velikog kalibra i dugog dometa. Tokom sedamdesetih godina eksperimentisala sa „supertopom“ *Xianfeng* što je predstavljalo deo projekta 640 odnosno antibalističkog programa. S obzirom na to da je *Xianfeng* bio dužine otprilike 2 metara moguće da je na slici upravo to oruđe. Verovatno da je zadržano za eksperimentisanje s obzirom na to da je projekat ugašen 1980. godine.

Tokom devedesetih godina otkriveno je da je Kina napravila tehnološki demonstrator „supertopa“ velikog dometa sličnog iračkom projektu supertopa *Babylon* koji je projektovao *Gerald Bull*. On je inače bio uključen u projektovanje artiljerijskih sistema velikog dometa za kompaniju *Norinco* tokom osamdesetih godina.

Velika artiljerijska oruđa u mestu Baotou podsećaju na projekat supertopa *Babylon* koji je u teoriji bio sposoban za ispaljivanje artiljerijskih baraža na velikim daljinama ili za gađanje satelita u orbiti. Tehnološki demonstrator *Baby Babylon* bio je dug 45,72 metara u poređenju sa oruđem na slikama koji je 33,52 metara dužine.

Iako oruđa sa slika deluju slično projektu „supertopa“ inženjera Bull-a, nije verovatno da su namenjeni za artiljerijske baraže na velikim daljinama ili za operacije protiv satelita s obzirom na kineski dugoročni razvoj balističkih raketa za misije ove vrste.

Ova oruđa bi, s druge strane, mogla predstavljati i prototipove elektromagnetnog topa, mada i to nije mnogo verovatno s obzirom da ne postoji direktno napajanje električnom energijom do mesta testiranja. Postoji i druga mogućnost, a to je da Kina samo koristi svoja oruđa proizvedena sedamdesetih godina kao deo testiranja projektila. Dokaz tome mogao bi predstavljati prizor „utrošenih“ meta na severozapadnom delu poligona.

Dragan Vučković

Iran je porinuo novu klasu podmornica⁵

Satelitski snimci otkrivaju da je Iran porinuo novu klasu podmornica koje do sada nisu viđene.

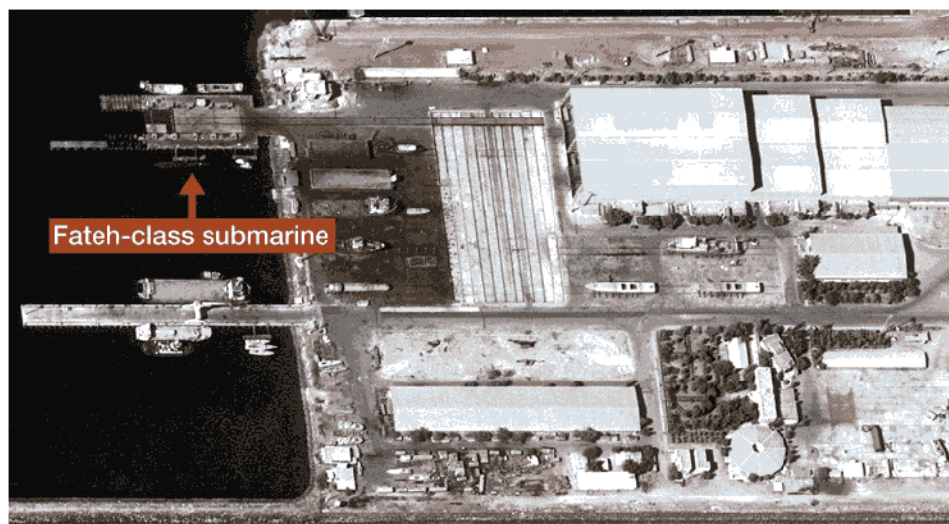
Jedno od plovila može se videti u brodogradilištu Bostanu, na Hormuskom tesnacu. Plovilo je dugo 40 metara, a široko 4 metra.

Druge podmornice je još uvek u izgradnji u pomorskoj bazi Bandar Anzali, na Kaspijskom moru. Ta podmornica duga je oko 48 metara, a široka 6 metara.

Visoki iranski oficiri nedavno su izjavili da Iran gradi novu klasu podmornica od 500 tona pod nazivom *Fateh*. Porinuće klase *Fateh* je veliki korak napred za iransku pomorsku industriju. Najveća podmornica koju je Iran prethodno sagradio bila je klasa *Ghadir* od 29 metara dužine. Dok se pretpostavlja da je klasa *Ghadir* sagrađena na osnovu projekta Severne Koreje, nova *Fateh* klasa je znatno veća nego ijedna podmornica koju je izradila Severna Koreja i to u odnosu na klasu *Sang-O II*, odnosno *K-300*.

Kada postanu operativne, nove iranske podmornice povećaće operativne mogućnosti mornarice Islamske Republike Irana (IRI) s obzirom na mnogo veći radijus dejstva klase *Fateh* i mnogo veću nosivost torpeda i mina.

⁵ IHS Jane's Defence Weekly December 04, 2013



Izgradnja jedne od podmornica u luci Bandar Anzali naročito je značajna s obzirom na to da je to prva podmornica koja će biti porinuta na Kaspijskom moru. Iran još nije regulisao granične linije sa drugim državama na Kaspijskom moru, a povećava svoje prisustvo u tom moru tokom poslednjih godina, naročito time što gradi novu fregatu klase *Mowj* (*Jamaran*) u luci Bandar Anzali.

Rad na toj fregati ide sporo. IRI je u martu 2013. godine objavila porinuće fregate, ali satelitski snimci i dalje pokazuju da se ona nalazi u plivajućem doku tokom septembra.

Slično tome, IRI je tvrdila da je porinula trup još jedne fregate klase *Mowj* i to fregate *Sahand* u luci Bandar Abbas tokom septembra 2012. godine, a u stvari je i dalje bila u suvom doku tokom decembra te godine.

Uprkos tome, trup četvrte fregate klase *Mowj* viđen je u mestu Bostanu i to preko slika GoogleEarth koje su snimljene 17. avgusta 2013. godine. Fregata se nije više nalazila na tom mestu 27. oktobra 2013. godine.

Dragan Vučković

Pakistan uvodi prvu „domaću“ bespilotnu letelicu⁶

Pakistan je 25. novembra objavio zvanično uvođenje u naoružanje prve fote domaće proizvedenih bespilotnih letelica u Pakistansku armiju i Pakistansko ratno vazduhoplovstvo, što je predstavljalo prvo javno priznanje programa koji je prethodno bio pod velom tajne.

Radi se o dve vrste bespilotnih letelica – *Burraq* i *Shahpar*, ali nije poznat broj letelica.

⁶ IHS Jane's Defence Weekly December 04, 2013.



Letelicu *Shahpar* od 470 kg proizvela je pakistanska kompanija *Global Industrial & Defence Solutions (GIDS)* ali je vrlo slična letelici CH-3 koju je proizvela kineska kompanija *China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC)*. Godine 2010. pojavila se informacija da je Kina bila spremna da isporuči 20 sistema uz CASC FT-5 „bombe malog dijametra“ od 65 kg.

Shahpar ima za pogon klipni motor od 100 KS, razvija maksimalnu brzinu od 150 km na sat i može ostati u vazduhu do 7 sati, a može vršiti nadzor tokom dana i noći.

Još ne postoje detalji u vezi s letelicom *Burraq*, iako neki izveštaji govore da je možda zasnovana na projektu letelice CH-3. Koji god da je izvor u pitanju, ove dve letelice pridružile se pakistanskoj floti koju trenutno čine letelice *Selex ES Falco* namenjene taktičkom izviđanju na srednjim visinama.

Pakistanci već neko vreme pokušavaju da dođu do bespilotnih letelica koje bi imale ofanzivne mogućnosti i koje bi bile korišćene protiv poznatih utočišta militantnih grupa u regionu FATA, jer američki napadi naoružanim bespilotnim letelicama postaju previše kontroverzni u Pakistanu. Inače, novost o uvođenju u naoružanje ovih letelica usledila je u trenutku kada je pakistanska opoziciona partija *Tehreek-e-Insaf* zapretila blokiranjem glavnog snabdevačkog puta koji vodi u Avganistan, dok SAD ne prekinu sa upotrebom bespilotnih letelica na teritoriji Pakistana.

Dragan Vučković

Indija konačno uvodi u naoružanje bivši ruski nosač aviona⁷

Indijska momarica uvela je, 16. novembra 2013. godine, u svoje naoružanje *INS Vikramaditya*, polovni nosač aviona klase Kijev, nosivosti 44,750 tona. To je usledilo nakon petogodišnjeg odlaganja i nakon najmanje tri podizanja cene remonta.

⁷ IHS Jane's Defence Weekly November 27, 2013.

Nosač je remontovan i opremljen po ceni od 2,33 milijarde dolara u brodogradilištu *Sevmash*, u gradu Severodvinsk, u severnoj Rusiji. Prvobitna isporuka remontovanog i opremljenog nosača bila je predviđena za 2008. godinu, a troškovi opremanja narasli su od predviđenih 974 miliona dolara dogovorenih u januaru 2004. godine do pomenute sume.

Uvođenje ovog nosača u naoružanje Indijske mornarice sa svojom flotom aviona MiG 29 KUB i helikoptera Ka-31 znači mogućnost konfrontacije sa bilo kojom vazdušnom flotom susednih zemalja i to u radijusu od 400 do 450 nautičkih milja. Radijus dejstva aviona MiG-29 K od 1.300 km produžava se na 3.500 km sa vazdušnom dopunom goriva drastično će promeniti strateško okruženje IM.



IM je nabavila 45 aviona MiG 29K koji će biti bazirani na nosačima aviona *Vikramaditya* i *Vikrant*. *Vikrant* je u izgradnji u brodogradilištu *Cochin*, u južnoj Indiji i trebalo da bude uveden u naoružanje tokom 2018. godine.

Vikramaditya dužine 294 metara sa konfiguracijom STOBAR (short take-off but arrested recovery – kratko uzletanje sa sajlom za zaustavljanje prilikom sletanja) treba da napusti Rusiju sa svojom posadom od 1.600 indijskih momara početkom decembra 2013. godine. Očekuje se da će brod stići u svoju matičnu luku *Kadamba*, blizu mesta *Karwar*, u jugozapadnom delu Indije, početkom 2014. godine.

Nosač neće biti opremljen sa protivraktnim odbrambenim sistemima do 2017. godine. Ruska strana ponudila je mogućnost opreme sa sistemima *Kashtan* (poznatih kao *Kortik/Pantsir-S1* – SA-N-11 „*Grison*“ i topovima 30 mm AK-630M), ali Indijska mornarica o tome još nije donela odluku.

Dragan Vučković

Kina uvodi novo jurišno vozilo sa topom 105 mm⁸

Narodna oslobodilačka armija (NOA) počela je da uvodi novo jurišno vozilo sa kupolom naoružanom topom od 105 mm. Novo vozilo ima oznaku ZBL-09. Prva jedinica koja će dobiti ovo vozilo je laka mehanizovana divizija koja čini deo 54. grupe armija bazirane u vojnom regionu Jinan.

ZBL-09 je baziran na novoj varenoj čeličnoj šasiji koja verovatno deli neke komponente sa borbenim vozilom pešadije ZBD-09 u točkaškoj 8X8 konfiguraciji. Postoji i izvozna verzija vozila, pod oznakom VN1, koju izvozi kompanija *No-rinco*. Porodica vozila YBD-09 naziva se i *Type 109*. Izgled vozila ZBD-09 koje još nazivaju i „laki tenk točkaš“ razlikuje se od ZBD-09 po tome što se vozač nalazi na prednjoj strani vozila, kupola i borbeni deo u sredini, a dizel motor na zadnjem delu vozila. Trup i kupola opremljeni su pasivnim oklopom *appliqué*.

Kupola je naoružana olučenim topom od 105 mm, opremljenim termalnim prekrivačem, ekstraktorom dima i kompenzatorom trzaja.

Dragan Vučković

Kina otkriva nove detalje u vezi s protivbrodskom raketom CM-400AKG⁹

Na sajmu naoružanja „Dubai 2013“ otkriveni su novi detalji u vezi s protivbrodskom raketom CM-400AKG kineske kompanije *China Aerospace Corporation (CASIC)*.

⁸ IHS Jane's Defence Weekly November 27, 2013

⁹ IHS Jane's Defence Weekly November 27, 2013

Prikazana je maketa rakete u prirodnoj veličini i to pored kinesko-pakistanskog lovca FC1/JF-17.



Vojni izvori potvrđuju da je raketa CM-400AKG testirana i da je u „operativnoj“ upotrebi u kineskoj vojsci, što je donekle kontradiktorno prethodnim izveštajima da je raketu projektovala Kina za potrebe Pakistanskog ratnog vazduhoplovstva (PAF).

Raketa CM-400AKg prethodno je bila opisivana kao odgovor rusko-indijskoj nadzvuknoj protivbrodskoj raketi *BrahMos*.

Još nije određena zvanična kineska platforma koja će nositi CM-400AKG, ali je vrlo verovatno da će to biti udarni lovac *Xian JH-7A* kineskog ratnog vazduhoplovstva i kineske ratne momarice.

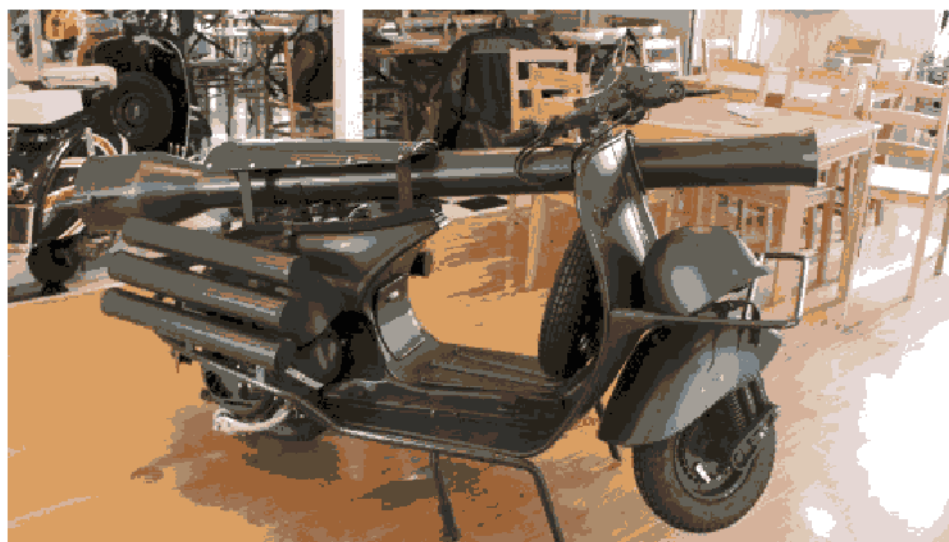
Postoje indicije da je u toku razvoj „naprednije“ verzije rakete koja će sadržati novi sistem radarskog vođenja.

Kompanija *Aviation Industries Corporation of China (AVIC)* razotkrila je detalje u vezi sa sistemom i dimenzijama rakete, uključujući informacije u vezi s tri moguća sistema vođenja.

Jedan sistem vođenja opisan je kao „INS+GNSS+pasivni radar“ (talasna dužina L, S i X) i daje raketi cirkularnu grešku od 5 do 10 metara. Druga verzija opisana je kao „INS+GNSS+IR/TV tragač“ sa cirkularnom greškom od 5 metara, dok treća verzija upotrebljava sistem vođenja „INS+GNSS sa kombinovanim vođenjem“ radi dobijanja cirkularne greške prilikom pogađanja mete od 50 metara.

Kompanija AVIC takođe je potvrdila ranije izveštaje da je CM-4100AKG raketa koja leti na velikim visinama od 8 do 12 km i brzine lansiranja od 0,7 do 0,9 Ma. Dimenzije rakete su: dužina 5,165 metara, dijametar 40 cm i dolet od 100 do 240 km. Naoružana je probojnom eksplozivnom bojevom glavom od 200 kg.

Dragan Vučković

Naoružani motocikli kao relikv istorije ili...

Početak 2014. godine obeležilo je i otvaranje Muzeja „Vespe“, u melburnskom Albert parku, u Australiji. „Vespa“ je poznati dvotočkaš iz pedesetih godina prošlog veka. Među ostalim modelima predstavljena je francuska „Vespa“ 150 TAP (pojednostavljeni aeromodel), sa bestrajnim topom (French Vespa license ACMA – Ateliers de Construction de Motocycles et Automobiles).¹⁰ Ovo vozilo je specijalno modifikovano, tako da se koristi kao protivoklopno oružje, a može da se izbaciti iz aviona i spusti na zemlju pomoću padobrana.

Reč je o profesionalnom serijski proizvedenom naoružanom dvotočkašu, a prema dostupnim podacima, od 1956. do 1959. godine načinjeno je 500 do 700 primeraka te vrste vozila. Na „Vespu“ 150 TAP postavljen je bestrajni top M20 75 mm. To oružje korišćeno je poslednjih meseci Drugog svetskog rata i intenzivno tokom Korejskog rata. Dejstvovalo je sa tronošca ili je bilo ugrađeno na tadašnji džip. Bojeva glava imala je snagu da probije oklop debljine 100 mm. Međutim, u Korejskom ratu oružje nije bilo efikasno protiv tenka T-34. Zbog toga se upotrebljavalo za blisku podršku pešadije. Njime se dejstvovalo po svim vrstama ciljeva, uključujući pešadiju u bunkerima i drugim skrovištima i na laka oklopljena vozila. Top je razvijen i proizveden u „Kraljevskom pogonu za naoružanje“ u Fort Nelsonu, SAD, 1944. godine. Koristio je „perforirane“ artiljerijske granate (sa rupicama na čauri), pa je tako mlaz barutnih gasova izlazio kroz otvore na zatvaraču topa, što nije izazivalo trzaj oružja. Takođe, nije bio potreban povratni sistem, što je smanjivalo težinu oružja. Bestrajni

¹⁰ Vespa's lethal 150 TAP: A scooter with serious attitude, By Mike Hanlon January 28, 2014, - http://www.gizmag.com/vespa-150-tap-cannon-scooter/30620/?utm_source=Gizmag+Subscribers&utm_campaign=a327c659e0-UA-2235360-4&utm_medium=email&utm_term=0_65b67362bd-a327c659e0-76697163

topovi, kao što su M20, uspešno su koristile američke snage u borbenim dejstvima tokom Prvog rata u Indokini (1946. do 1954), kao i Korejskog rata od 1950. do 1953. godine. Francuska vojska koristila je navedeni model u Alžiru. „Vespe“ su izbacivane padobranima, dva poslužioca bi je koristili da dođu do vatrenog položaja, skidali top s motora i postavljali na tronožac.

Oružje poseduje nišansku spravu kojom se može precizno nišani. Na vozilu su postojale „bisage“ za šest projektila, a sedmi se mogao nalaziti i u topu, naravno zakočenom da se ne aktivira tokom vožnje.

„Vespa“ je proizvedena u italijanskoj fabrici pod nazivom „Vespa Force Armate“, i nije slučajno izabrana za naoružavanje. Prototip je načinjen i testiran u periodu između 1949. i 1951. godine, i pokazao je mnoge prednosti nad vojnim motociklima tog vremena. Načinjeno je više modela prototipa, sa različitim opcijama. To je jedan od lakših motora. Zbog niskog klirensa veoma lako se njome manevriše u vožnji, potrošnja goriva nije velika, može da nosi rezervni točak, koji se veoma brzo menja, što je prednost u borbi u odnosu na druge motore. Zahvaljujući pouzdanom pogonu „vespe“ postojala je mala verovatnoća da će se morati ostaviti u neprijateljskom okruženju. U nekim varijantama top je bio oslonjen na volan, sedišta se nalazilo iznad oruđa, a za noge je postojao metalni štiti. Najbolje se pokazala verzija u kojoj je top pomeren ulevo od osovine volana, što ne ometa vozača u vožnji, kao ni položaj svetla. Za NATO stručnjake brzina vozila nije bila dovoljna za borbene uslove, pošto je bila mnogo manja od brzine tadašnjih vojnih motora.

Rukovodstvo francuske vojske odlučilo je da tim naoružanjem snabde specijalne vazduhoplovne snage TAP (Troupes Aéro Portées) i angažovalo je francuske proizvođače da izrade svoj prototip. Između tri verzije, „Valmobile 100“, „Bernardet 250“ i „Vespa 150 TAP“, italijanski model ACMA izabran je za dalju proizvodnju. Francuska „Vespa“ razlikovala se od italijanskog skutera jer je ko-

Specifikacije bestrzajnog topa M20		
Dužina:	6 ft	2,08 m
Težina:	114.5 lb	52 kg
Žlebovi	desni zaokret, 1 red u 25	
Domet	6,4 km	
Početna brzina:	300 m/s	
Metak:	75 × 408 mm	
Kalibar:	75 mm	
Masa:		
– tronošca	9,92 kg	
– cevi	9,32 kg	
Barut:	T40, VP	
Probojnost:	4 inča	100 mm

ristila dvotaktni motor 150 ccm. Italijanska verzija imala je motor od 125 kubika. Ujedno je ojačan ram, načinjen nosač tronošca i bisage za municiju. Ovaj motor mogao je da postigne maksimalnu brzinu od 64 km/h, dok je u borbi van puteva korišćena brzina od 10 km/h. Izduvne cevi motora maskirane su ispod rama.

Bestrzajni top M20 prvobitno je namenjen za protivtenkovsko oružje sa kumulativnom bojevom glavom, koja probija oklop 100 mm na 6,4 km. Razvijen je i rasprskavajući, kao i dimni projektil, što je povećalo njegovu iskoristivost u neposrednim borbenim dejstvima kao oruđa za podršku pešadijskih jedinica. U borbama na alžirskom ratištu ovaj naoružani skuter pokazao se kao veoma mobilno oružje protiv gerilaca. To vozilo imalo je i kuku za prikolice, u kojoj su vučene dodatne zalihe i lagano postolje za bestrzajni top M20.

Ideja sa početka prethodnog veka

Ideja da se „Vespa“ naoruža nije nova. Naime, još početkom 20. veka, pre Prvog svetskog rata, američka policija je koristila naoružani motocikl „Harli-Dejvidson“ (Harley-Davidson) – dvotočkaš sa dve duge otvorene izduvne cevi. U mnogim armijama sveta na taj motocikl pričvršćena je prikolica, na koju se mogao montirati puškomitraljez ili mitraljez. Mnogi od tih modela takođe se nalaze po muzejima, a još i danas se prodaju replike tog, odavno popularnog vozila na dva točka. Postoji podatak da je 1916. godine general Džon Peršing (Crni Džek) koristio jedinice opremljene motociklima „Harli-Dejvidson“, naoružanih mitraljezom na prikolicama tokom sukoba za revolucionarima Panča Vilje duž granice sa Meksikom.



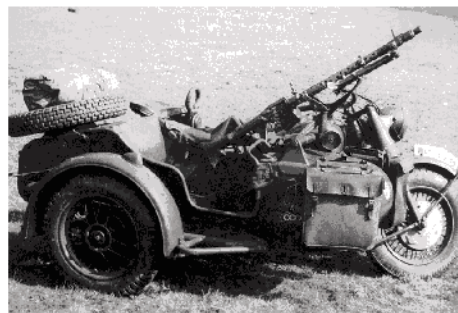
„Harli-Dejvidson“ iz 1916. godine

Oba dvotočka-a bila su veoma popularna, prodavana širom sveta, pa su i danas predstavnici jedne generacije old-tajmera. Međutim, popularni „Harli“ održao se i do danas, pa je verzija tog motocikla za 2014. godinu ne samo tehnički napredna, već u svojoj kategoriji drži prmat nad japanskim i drugim dvotočkašima. Ujedno, to je najčešće korišćeno vozilo u mnogim vojskama i policijama sveta, kako u Prvom tako i u Drugom svetskom ratu. Ovaj motocikl nosi i oznaku WLA('s), što je skraćenica za oznaku modela, pri čemu „W“ označava porodicu motocikala „Harli-Dejvidson“, uz oznaku „Z“ za motore od 45 kubnih inča (740 ccm). Slovo „L“ označavalo je motor visoke kompresije, a „V“ se koristilo za motor niske kompresije. „A“ (Army's) označavalo je pripadnost američkoj kopnenoj vojsci. Kanadska vojska koristila je model WLC, koji se razlikovao po robusnijim delovima u nosećem delu motocikla, kao i po zamračenom osvetljenju za noćne uslove vožnje. Slovo „C“, na kraju skraćenice, označavalo je pripadnost Kanadi (Canada).

Nemačka, a i druge vojske sila osovine, pre i tokom Drugog svetskog rata, koristile su više modela motocikla, od predratnog „cindapa“ (Zündapp) KS750, do više tipova BMV-a. Pored uobičajenog dvotočkaša načinjena je i verzija sa prikolicom.

Nemačka nova taktika munjevitog rata zahtevala je poboljšanje pokretljivosti jedinica, pogotovo pešadije, koja je pratila oklopne jedinice kao nosioce tzv. blickriga. Zato je u novu formaciju vojske uvršten i veliki broj motocikala. Motocikl za nemačke generale tog perioda postaje i neka vrsta simbola blickriga. Neki vojni dvotočkaši dobili su prikolice na trećem točku, sa puškomitraljezom ili lakim mitraljezom.

Oba dvotočka-a bila su veoma popularna, prodavana širom sveta, pa su i danas predstavnici jedne generacije old-tajmera. Međutim, popularni „Harli“ održao se i do danas, pa je verzija tog motocikla za 2014. godinu ne samo tehnički napredna, već u svojoj kategoriji drži prmat nad japanskim i drugim dvotočkašima. Ujedno, to je najčešće korišćeno vozilo u mnogim vojskama i policijama sveta, kako u Prvom tako i u Drugom svetskom ratu. Ovaj motocikl nosi i oznaku WLA('s), što je skraćenica za oznaku modela, pri čemu „W“ označava porodicu motocikala „Harli-Dejvidson“, uz oznaku „Z“ za motore od 45 kubnih inča (740 ccm). Slovo „L“ označavalo je motor visoke kompresije, a „V“ se koristilo za motor niske kompresije. „A“ (Army's) označavalo je pripadnost američkoj kopnenoj vojsci. Kanadska vojska koristila je model WLC, koji se razlikovao po robusnijim delovima u nosećem delu motocikla, kao i po zamračenom osvetljenju za noćne uslove vožnje. Slovo „C“, na kraju skraćenice, označavalo je pripadnost Kanadi (Canada).



BMW R75 – nemački vojni motocikl sa puškomitraljezom

Motocikl BMW R75 konstruisan je tako da može da se koristi u veoma nepovoljnim terenskim uslovima. Kao njegova osnova poslužio je KS600. U ojačani K-ram od ovalnih čeličnih profila ugrađen je dvocilindrični OHV boxer motor od 751 ccm (zapravo V motor pod uglom 170°), koji je razvijao maksimalno 26 KS pri 4000 o/min. Maksimalna brzina tog motocikla bila je 95 km/h, potrošnja 6.5 l/100 km na putu i 8,5 l van puta, autonomija kretanja 330 km na putu i 260 km van puta. Težina praznog motocikla sa prikolicom bila je 420 kg, a sam motor bio je težak 205 kg. Deklarisan je za teret od 270 kg, ali se često dešavalo da je nosio znatno više. Menjač sa lancima imao je četiri brzine za hod unapred i unazad (rikverc), dok se pogonska sila na točak prikolice prenosila preko kardanske osovine. Ugrađen reduktor u odnosu 1:2.33 omogućavao je odličnu prohodnost. Fabrički podaci govore da je potpuno opterećen motocikl mogao da savlada uspon od 45 stepeni. Stoga je osovina prednjeg točka bila produžena za po 15 cm sa svake strane, kako bi na te produžetke, u slučaju potrebe, stao čovek i tako smanjila opasnost od izvrtanja unazad. I kočnice ovog motocikla bile su veoma snažne. Za kočenje su korišćeni doboši Ø250 mm sa hidrauličnim sistemom kočenja zadnjeg točka i točka prikolice.

„Cindap“ KS750 bio je prvi motocikl na svetu sa takvim tipom kočnica. Osobenost ovog modela bio je tzv. „šper-diferencijal“, koji je pokretao i točak prikolice, sinhronizovano sa zadnjim točkom, omogućavajući pogon na dva točka. Dokumenta o korišćenju tog motora govore da je KS750, sa uključenim reduktorom i šper-diferencijalom, izvlačio kamion iz blata do osovine.

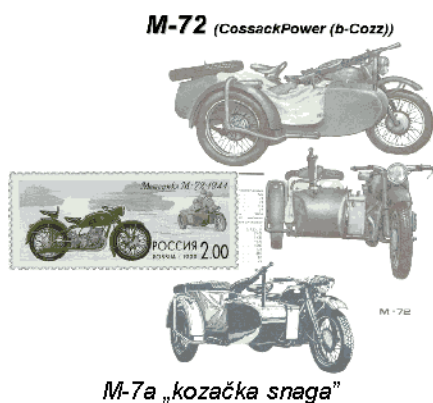
Ruske vojne motociklističke jedinice

Naravno, i u Rusiji, kao i u nekadašnjem SSSR-u motocikli su masovno korišćeni u vojnim jedinicama, kako za izviđanje, snabdevanje i kurirsku službu, tako i za podršku pešadijskim jedinicama. I pre Prvog svetskog rata korišćeni su motocikli tipa (točak) M-80, sa mitraljezom „maksim“. U prodajnom katalogu „Pribori za ruske vojne motocikle“¹¹ najkorišćeniji su bili dvotočkaši firme „Ural motocikli“ model M-7a „kozačka snaga“ (Cossack Powers – b-Cozz) i Dnepr K-750M istoimenog proizvođača.

KARAKTERISTIKE IMZ URAL-8, 1030 ATGM ¹	
Motor:	649 cm ³ ; 32l. s
Beskontaktni elektronski sistem paljenja:	CPB
Električni sistem:	12 V, 500 V alterator
Menjač:	Četiri koraka i vožnja unazad
Pogonska grupa-Glavni kanal:	Konusni par
Zadnji kočioni disk:	4.62
Točkovi:	izmenljive gume: 4,00–19"
Rezervoar za gorivo:	19 l
Transmisija:	105
Težina (suv):	315 kg
Dužina:	2560 mm
Sirina:	1700 mm

¹¹ Military Accessories for Russian Motorcycles, http://letsgetdewings.org/Military_Accessories_for_Russian_Motorcycles.pdf (Pristupljeno 31.01.2014. g.)

Naravno, bilo je i drugih modela, ali u manjim količinama. Svaki od tih motocikala imao je prikolicu, sa postoljem za puškomitraljez. Najčešće je korišćen puškomitraljez DP-28 7.62x54 mmR (Ручной пулемёт Дегтярёв а Пехотный) ili nemački MG-34 kalibra 7.92x57 mm, odnosno 8 mm „mauser“. Naravno, 1941. godine i tokom rata korišćeni su i nemački puškomitraljezi MG-34 i MG-42. Od 1965. godine ovi motocikli naoružavani su i puškomitraljezima PK (PK Machine Gun) kalibra 7.62 mm.



M-7a „kozačka snaga“

Na prikolicama iz 1944. godine nalazila su se dva nosača oružja, jedan napred, a drugi pozadi koji je virio između šipki rezervnog točka. Osovina za puškomitraljez bila je pričvršćena za rub prikolice, na modelu MB-750 iz 1960. godine i imala je nastavak sa preklopnikom koji je omogućavao nišanje i po horizontali u polukrugu (180°) i vertikalno do 60° . Da ne bi dolazilo do iskrivljavanja i lomljenja stranice prikolice, na boku je postojala duža čvrsta poluga. Na nekim modelima postojalo je i podnožje za nožice puškomitraljeza. Tipovi vojnih motocikla „Dnepr“ MW-750 (MB-750) i

MW-650 (MB-650) imali su uspravnu osovinu na prednjem delu prikolice za postavljanje oružja, sa posebnim ležištem za oružje (Machine Gun Cradle). Današnja kompanija „Ural“ i dalje proizvodi motocikle sa motorima od 749 ccm, 5500 obrtaja, snažnim prednjim i zadnjim kočnicama i modularnim prikolicama (Ural 2014 – Rethink). Brzina tih vozila je do 112 km/čas.

Međutim, početkom devedestih godina prethodnog veka rusko Ministarstvo odbrane odbilo je da nabavi nove motocikle za pešadiju, padobranace i izviđače. Iako su, po prethodnim ugovorima, specijalno proizvedeni vojni motocikli sa prikolicom, na kojoj su postavljeni protivtenkovski projektili i mitraljezi, vojska nije prihvatila da ide dalje od eksperimentalne serije. Sredinom 90-ih godina u ruskoj vojsci je odlučeno da se u potpunosti odustane od korišćenja te tehnologije. Tada je armija počela da se oslobađa viška opreme, a najčešći kupci ruskih motocikala bili su seljaci (kolhoznici), kojima je na selu to bilo jeftinije i bolje prevozno sredstvo od automobila, posebno u kišnom i periodu blatnjavih puteva. I prikolice su se počele koristiti dodavanjem rude kao konjske zaprege. U tom periodu, za rusku vojsku postao je interesantan motocikl američke vojske sa prikolicom tipa HDT M1030-M2 LE 670. To je dvotočkaš sa motorom 670 ccm, sposoban da koristi 7 vrsta goriva – 3 vrste benzina, 2 vrste avionskog goriva, dizela i biodizela. Sa 33 konjske snage motora mogao je da dostigne brzinu 150 km/čas. Vozilo je potpuno voodootporno, sa motorom zaštićenim od prašine i prljavštine, a može se kretati po vodi dubine 610 mm.

Ipak, prvih godina 21. veka, za mehanizovane pešadijske jedinice ruske vojske, kao i za graničare, nabavljeni su motocikli IMZ-8.1030 Gear-Up, naoružani mitraljezom PKMB 7,62 mm u standardnoj prikolici, i IMZ-8.1030 Gear-Up-Atgm, opremljene protivtenkovskim raketnim sistemom „Konkurencija-M“. Vojna

verzija potpuno se razlikuje od civilne, nedostaju hromirani delovi koji su premazani maskimom bojom. Snaga motora prenosi se na treći točak prikolice preko diferencijala. Na motoru su dodate i razne elektrooptičke sprave, posebni kaništeri za vodu i gorivo, kao i lopate.

Inače, ruski vojni čelnici planirali su da formiraju specijalne jedinice na motociklima „motospechnaz“ (мотоспецназ), ali se od toga odustalo, s obzirom na opštu politiku korišćenja dvotočkaša u vojsci.

Prema podacima ruske štampe, 6 motocikala IMZ-8.1030 koristio je ruski mirovni kontingent stacioniran na Kosovu i Metohiji. Interesantno je i to da je švajcarska vojska 2011. godine od Rusije kupila određeni broj motocikala najnovijeg tipa „Ural“. Samo 3 odsto proizvodnje motocikala iz kompanije „Ural“ kupi se u Zajednici nezavisnih država, a glavna tržišta su SAD, Evropska unija, Kanada i Australija. Do 2002. godine veliki kupac „Uralovih“ motocikala bila je iračka Republička garda, kao i Ministarstvo poljoprivrede te zemlje.

Kineska tradicija i motocikli

Kinesko tradicionalno prevozno sredstvo su bicikli. Međutim, danas stanovništvo sve češće koristi električne verzije tog vozila. U prvoj deceniji 21. veka u Kini se koristi 140 miliona EV2 bicikala i fijakera. Približno 250 miliona primeraka tog vozila proizvedeno je u Kini, od kojih su najviše izvezeni u zemlje Azije, posebno RAV2 fijaker (motorna rikša), koji koristi električni motor. Privredni analitičari ukazuju da će do 2017. godine Kina povećati izvoz te vrste vozila za 96 odsto. U porastu je i prodaja električnih skutera.

Među prvim motociklima u kineskim oružanim snagama, početkom 20. veka, najpre je nabavljeno nekoliko američkih „Harli-Dejvidsona“ i japanskih modela „Java“. Policija je u to vreme kupila američke motocikle, ali su Kinezi u svojoj kompaniji proizveli dvotočkaš „Jangcejang CJ-750 M1“, razvijen iz ruskog modela „IZM Ural“, koji je mogao da se kreće brzinom do 159 km/čas. Godine 1939. uvezen je „Cindapov“ model KS600 iz Nemačke, a kasnije model „Ural M-72“. Ova vozila korišćena su sve do 1957. godine. Tada je „Industrijska grupa 125 Hongdu avijacije Co, Ltd“ proizvela motocikl „Čangjiang 750“, poznat kao „kineska kolvka“. Prototip motocikla najpre je koristila kineska policija. Kad je počeo da se koristi kao komercijalna verzija uveden je i u vojsku. Usavršavanje proizvodnje motocikala za civilnu i vojnu policiju nastavljeno je, pa je nakon „Jangcejang 750“ izrađen model sa prikolicom „Istok SH750“. Oktobra 1970. godine „Šangajska fabrika motocikla“ proizvela je model „kinesko more SM750“ koji je imao preko 5000 delova.



Kineski model vojnog motocikla CJ750m1m2
(Wikimedia Commons)



Kineske motociklističke jedinice na paradi

Nakon reforme i otvaranja Kine u svet, motocikli tipa „Jangce“ postali su kineski brend, a razvijeno je veoma mnogo modela. Najčešće je korišćen originalni motor snage 16kW, 18kW i 22kW, dok su motori za izvoz imali veću snagu (29kW vodom hlađen motor).

Tako je Kina nakon 40 godina iskustva u proizvodnji motocikala dostigla svetsku industriju. Od tada je sledila savremene trendove.

Međutim, policija i vojska počeli su da koriste motocikle proizvedene u pogonima „Honda“ i „BMW“ u Hong Kongu, odakle je Ministarstvo saobraćaja kupovalo za policijske i vojne snage motocikle „Honda“ CBKS750, a iz Japana su nabavljali „Jamaha“ i „Suzuki 250“. Najkorišćeniji bio je model „Honda 650 ambasador“, kao i nemački BMW R1150RT. Naravno, isprobani su i Folksvagenovi modeli, zatim italijanski jednocilindrični motor „Dukati“, „Mercedes-Benc“ i druga vozila na dva točka. Međutim, u vojsci Kine, bez obzira na sve, najduže se zadržao motor s prikolicom, direktan potomak sovjetskog IMZ M-72.

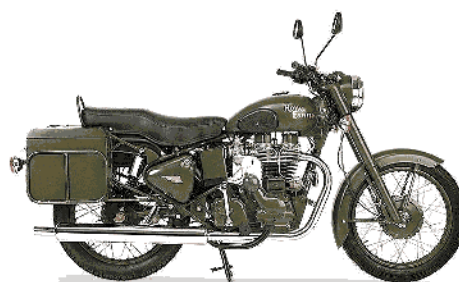
Ne treba zaboraviti da je kineska vojna i civilna policija, za vreme Olimpijade 2008. godine, koristila vozila na dva točka „Segvej PT“ (Segway), samobalansirajuće vozilo zasnovano na tehnologiji dinamičke stabilizacije u održavanju ravnoteže i kretanja napred ili unazad (nazvana i tehnologija obrnutog klatna). Kompjuter, koji upravlja točkovima, balansira vozilo ako je to potrebno.

Indijski vojni motocikli

Indijski motocikli, uopšteno rečeno, nemaju neke određene specifičnosti, čak ni od početka vlastite proizvodnje, ali su bili znatno zastupljeni u vojsci. Poznato je da je Indija dugo vremena bila britanska kolonija i da su u njoj brojne kompanije otvarale svoje pogone za proizvodnju, u zemlji koja je bila veliko potencijalno tržište. Zbog toga indijsku industriju dvotočkaša treba posmatrati u okviru britanske, sve do njenog oslobođenja od kolonijalnog ropstva 1947. godine. Indijci su,

Sa industrijskim razvojem Kine razvijani su motori sa dva cilindra, ali su se previše zagrejavali, a vibracije su ometale vozača, pa je program obustavljen. Tokom 1980. godine vojska i policija koristili su modele „Šandong 750“, „Titan Liujiang 750“ i „Ksiangjiang 750“.

„Jangcekjang 750“ bio je vojni dvotočkaš za kurire, korišćen u graničnim i jedinicama na terenu, za vreme manevara i vežbi, za patroliranje, izviđanje i druge potrebe.



*Vojni model motocikla „Royal Enfield Bullet“
(Classic 500 Military)*

kao vojnici, uvek bili u sastavu britanskih vojnih snaga u oba svetska rata (poznate „gurke“). Za potrebe „britanske indijske vojske“, kako su se zvale okupacione snage, brinuli su se sami Englezi koji su, tokom okupacije Indije, uvozili motocikle iz Engleske, uglavnom „Triumph“ i BSA.

Pošto je okupacionu vojsku trebalo snabdevati municijom, naoružanjem i rezervnim delovima, 1893. godine osnovana je kompanija „Enfieldovi kraljevski pogoni“, koja je otvorila pogon u mestu Čenaji (Royal Enfield in Chennai, India). U toj kompaniji proizvodilo se i naoružanje, od topa do pištolja. Tokom 1913. godine ta fabrika proizvodi motocikl „Enfield“ 425 ccm, 1924. četvorotaktni 350 ccm u saradnji sa „Presvičovom industrijom motora“ (Prestwich Industries engine). Sve do Drugog svetskog rata modifikuju se i usavršavaju motori prateći tadašnju tehnologiju. Tokom Drugog svetskog rata, „Enfield kompanija“ dobija zahtev od britanskih vlasti da razvije proizvodnju tipičnih vojnih motocikala. Modeli proizvedeni za vojsku bili su VD/C 350 ccm sa „bočnom klapnom“ (sidevalve), VD/CO 350 ccm OHV, i više motora od 250 ccm, 350 ccm do 570 ccm. Jedan od najpoznatijih je bio motocikl „Enfield“ VD/RE, poznat kao „leteća buva“ (Flying Flea), sa laganim 125 ccm motorom, posebno razvijen da se izbacuje iz aviona za potrebe padobranskih jedinica. Kompanija je 1956. godine preimenovana u „Enfield Indija“. U njenim pogonima nastavljen je proizvodnja (montiranje) motocikla zvanog „metak“, za indijsku vojsku pod licencom originalne kompanije. Tek 1962. godine počinje kompletna proizvodnja motocikala, od kojih su mnogi korišćeni u vojsci.

Od 1947. godine nova indijska vojska zahtevala je motocikle za brže kretanje, iznenadna dejstva, izviđanje i patroliranje, s obzirom na to da se suočila sa brojnim vojnim izazovima, koji su počeli podelom te države, a završavali ratom sa Kinom i otplenjenjem Pakistana, do 1999. godine. Bilo je to i vreme borbe protiv pobunjenika sika i brojnih terorističkih grupa. Koliko su se pripadnici indijske vojske oslanjali na motocikle ukazuje činjenica da su vođene borbe na velikim visovima i u planinama, gde su mogli samo da se kreću peške, a tovar i snabdevanja prenose slonovima, mulama i dvotočkašima. Zato su našli interes da pedesetih godina koriste pogone „Enfield kompanije“, gde su proizvođeni jaki i upotrebljivi motocikli modela „Rojal Enfield metak“ 350 ccm (Royal Enfield Bullet). Nakon testiranja, jedinice koje su patrolirale granicom Indija – Pakistan, u provinciji Pendžab, opremljene su sa 350 motocikala tog tipa. Posle godinu dana motocikli su povučeni i zamenjeni džipovima.

Međutim, pogranične jedinice koristile su motocikl „metak“ sve do 2012. godine. To je glavni i ekonomičan model za indijsku vojsku i osnovno vozilo policijskih i vojnih dispečera za kontrolu saobraćaja. Još uvek se koristi za patroliranje duž granice; voze ga pripadnici vojne policije, a koristi se i za i ceremonijalne dužnosti.



Parada povodom proslave Dana Republike u Nju Delhiju. Vojnici na motociklima obučeni su u boje indijske zastave

(AP Photo/Kevin Frayer)

Svoju pouzdanost za vojsku pokazao je u gudurama planine Ladaka i brdovitom kraju na istočnom frontu. Tako sastavni deo istorije indijske vojske i „Rojal Enfield motocikl“. Danas je to model 18BHP i koristi ga samo indijska vojska.

Tokom posete indijskog načelnika Generalštaba Mongoliji, 2013. godine, po prvi put je indijska vojska pokazala svoje veštine sa motociklima van svoje zemlje.

Danas i sutra

U oružanim snagama sveta danas ne postoje jedinice sa naoružanim motociklima. Uglavnom motocikle koristi saobraćajna i vojna policija, kao i neke administrativne i logističke službe. To više nije vozilo koje bi bilo prepoznatljiv znak neke armije. Koriste se, uglavnom, za eskortnu pratnju vozila visokih državnika u poseti drugim zemljama. Dok se u toku Prvog i Drugog svetskog rata motocikl upotrebljavao kao veoma brzo i efikasno izviđačko, pa i borbeno vozilo, danas 60.000 „Harli-Dejvidson“ i motocikla „Kawasaki“ još uvek koriste američko vazduhoplovstvo i korpus mornaričke pešadije, za izviđanje na terenu, kontrolu vojnog saobraćaja i obezbeđivanje vojnih transporta. Prema statističkim podacima najviše motocikala koristi se u armiji SAD i Kine. Amerikanci su veći deo svojih motocikala, kojima uskoro ističe rok upotrebe, ali još uvek poseduju dobre tehničke karakteristike i upotrebljivost, dali na korišćenje avganistanskoj vojsci. Posebno ih koriste snage bezbednosti, pa čak i za razminiranje minskih polja. U Iraku su američki vojnici patrolirali na motociklima.

Da ideja o korišćenju vozila na dva točka u vojci još uvek ima svoje pristalice pokazuje nekoliko aktuelnih činjenica. Najpre je C četi (1. bataljona, 6. pešadijskog puka, 2. brigade borbenog tima, 1. oklopne divizije), angažovanoj u Avganistanu, 2012. godine, dodeljeno više motocikala i terenskih vozila za korišćenje tokom izviđanja. Njihov zadatak bio je da se krišom i brzo kreću preko ratišta, postavljaju osmatračnice ili se ubacuju u protivničku pozadinu, prikupljaju podatke o jačini, rasporedu i moralu pobunjeničkih snaga, naoružanju, namerama i planovima, kao i o obezbeđenosti materijalnim i drugim borbenim sredstvima, koristeći motocikl. Pored toga, vojnici na motociklima su integrisani u sistem odbrane baza i privremenih boravišta američkih snaga i patroliraju brže i prikrivenije nego sa džipovima.



Vojni motocikl „2013 zero MMX EV“

Druga činjenica, koja ukazuje na perspektivnost korišćenja dvotočkaša u vojsci, jeste projekat „2013 zero MMX EV“ motocikla za specijalne snage¹². Reč je o „stelt“ (nečujnom) motoru koji koristi električni motor EV (Electric Vehicle), a ima ugrađene i neke veoma funkcionalne komponente. Tako „zero MMX EV“ pogoni snažan i vodootporan Z-Force motor od 54 konjske snage. Snagu za pokretanje daje modularni zamenjivi

¹² Zero Motorcycles MMX An EV For The Special Forces, Gas 2, Tehnorati 10 Car Blog, <http://gas2.org/2013/06/17/zero-motorcycles-mmx-an-ev-for-the-special-forces/> (Pristupljeno 31.01.2014. g.)

(punjivi) akumulator. Motor poseduje veliko početno ubrzanje zahvaljujući visokom obrtnom momentu. Vozač ispred sebe ima specijalnu tablu sa pokazivačima i komandama. Više ovih električnih motocikala trenutno se testira.

Kompanija „Zero motocikli“ iz Santa Kruza u Kalifornija najavila je prošle godine dvotočkaš „2013 Nula MMKS“ isključivo za Snage za specijalne operacije SOF (US Special Operations Forces). U promotivnom materijalu naglašavaju da taj motocikl poseduje značajne taktičke prednosti u odnosu na tradicionalne motocikle sa benzinskim sagorevanjem. Naime, tihi električni pogon omogućava brzo kretanje preko neprijateljevog terena, a minimalna temperatura motora odaje nizak infracrveni potpis, što je važna komponenta maskiranja u borbi. Ispunjeni su najstroži standardi američke vojske, posebno u poboljšanju pogona. Pored toga, taj motocikl može da savlađuje i vođenu prepreku dubine do jednog metra, ima promenjive farove za noćnu vožnju, prednje i zadnje infracrvene senzore za praćenje terena i noćnu vožnju. Motocikl je veoma lagan, sistem za vešanje potpuno podesiv i omogućava amortizaciju potresa kakve izaziva agresivna vožnja po neravnom terenu. Kontrola gasa omogućava automatsko podešavanje snage motora kad motocikl savlađuje veće prepreke i kreće se većim nagibom. Vozilo poseduje i interfejs koji omogućava vozaču da podešava karakteristike i performanse preko blutut uređaja ili kompatibilnih smart mobilnih telefona. Tako mobilni uređaj služi i kao kontrolni računar.

Motocikl „2013 nula MMX“ dostupan je u dve konfiguracije. Prva konfiguracija pod nazivom ZF2.8 poseduje jedan energetski modul, a ZF5.7 dva modula. Energetski moduli mogu se pojedinačno zameniti za manje od minute. Vreme punjenja može da se smanji za oko sat vremena pomoću posebnog dodatka. Standardno punjenje obavlja se u stanici sa CHAdeMO priborom, što je usvojena tehnologija koja danas ima preko 2000 instaliranih stanica širom sveta.

Treći pokazatelj potrebe za korišćenjem motocikla u borbenim jedinicama predstavlja analiza britanskog Ministarstva odbrane o broju oštećenih teških i lakih izviđačkih motornih vozila od mina, u Avganistanu i Iraku. U zaključku je naglašeno da bi se umesto njih, korišćenjem motocikala, mogle izbeći nezgode i žrtve. U Pentagonu razmatraju i ponude proizvođača motocikla „Kristini“ (Christini), koji inače isporučuje svoje inovativne pogonske motore 82. vazduhoplovnoj diviziji, za njihova vozila na dva točka. I „Jamaha“ je nedavno takođe razvila svoj sistem 2TRAC, koji se nudi vojsci na proveru i testiranje. Kompanija „Rokon rendžer“ (Rokon Ranger) pokrenula je program snažnog i pouzdanog motora za motocikl van puteva, koji obezbeđuje vučnu silu za savlađivanje veoma strmog i „teškog“ terena.

Ovo je deo odgovora na pitanje: kakva će biti budućnost vojnog motocikla? U SAD je registrovano ukupno četiri miliona motocikla, a u američkim vojnim snagama, uključujući ratišta Avganistana i Iraka, koristi se nešto više od 20 odsto. U administrativnim, a posebno u logističkim službama vojske SAD koriste se „Hondini“ motocikli TMX155. Brojka od 790.000 vozila na dva točka u američkoj vojsci ukazuje da je motocikl ostao brzo i sigurno prevozno sredstvo. Štaviše, u 2013. godini registrovano je samo 131 nesrećni slučaj u vojsci, s obzirom na to da je obuka i korišćenje regulisano brojnim pravilima, uputstvima i naređenjima¹³. Najčešći uzrok je pucanje lanaca.

¹³ U.S. ARMY MOTORCYCLE SAFETY GUIDE, <http://www.wsmr.army.mil/PDF/motorcycleSafetyGuide.PDF> (Pristupljeno 31.01.2014. g.)

Uvođenje električnog, nečujnog motocikla, izuzetnih voznih performansi, ukazuje na perspektivnost dvotočkaša. Ukoliko se tome doda i unapređena informatičko-komunikativna oprema, koja bi motornog konja pretvorila u pametno vozilo na dva točka, perspektiva je obezbeđena.

Vojni motocikl koristi se u oružanim snagama sveta više od sto godina. Iako je promenio mnoštvo oblika, koncept je ostao isti. Međutim, kako kaže autor knjige „Ilustrovana enciklopedija vojnih motocikala“ Pat Ware,¹⁴ to je i danas „multitasking“ (višenamensko) vozilo, i kao takvo još dugo će biti korišćeno u vojsci.

Nikola Ostojić

*Laserski nišan sa talasnom dužinom 850 nanometara*¹⁵



Kompletna konfiguracija laserskog sistema Uni-IR spregnuta sa sistemom za noćna dejstva

Kompanija „LaserMaks“, početkom 2014. godine tržištu je predstavila Uni-IR (Uni-infracrveni) laserski nišan kao veliku novost. Značajnu prednost uređaja čini lasersko zračenje od 850 nanometara. To, prema tvrdnjama kompanije, eliminiše potrebu korišćenja pojačivača svetlosti u noćnim uslovima. Klasični noćni nišani poseduju ambijentalno osvetljenje za noćne uslove, odnosno elektro-optički sklop koji pojačava svetlost od 2.000 do 5.000 puta, pre prikazivanja na fosfornom displeju. Laser Uni-IR emituje elektromagnetno zračenje izlazne snage 0,7 milivata, van vidljivog spektra čovekovog oka. To omogućava brzu identifikaciju meta, preciznije nišanje, smanjuje mogućnost kolateralne štete ili tzv. prijateljske vatre,¹⁶ a otežava protivniku da otkrije položaj strelca bez sprava za noćno osmatranje.

Laser Uni-IR ima masu 25,51 g (0,9 unci) i zahteva (pikantini ili viver) šinu za montažu na oružju, dugačku samo 4,44 cm (1,75 inča). Po tome je taj laser danas jedan od najmanjih i najlakših modela dostupnih na tržištu.

S obzirom na to da ljudi vide svetlost samo u opsegu od 400 do 700 nm talasne dužine, snop laserskog zračenja od 850 nm, nevidljiv je za protivnika ako

¹⁴ An Illustrated History of Military Motorcycles: 100 Years of Wartime Motorcycles, from the First Machines of World War I to the Diesel-powered Types and Quad Bikes of Today, with 230 Photographs (Paperback) By (author) Pat Ware <http://www.bookdepository.com/illustrated-history-military-motorcycles-pat-ware/9781780192024>

¹⁵ LaserMax's Uni-IR helps night-vision-equipped operators rapidly, accurately and covertly engage threats! presented by By Tactical-Life (Pristupljeno 10. 02.2014. g.)

¹⁶ Prijateljska vatra: pojam koji se koristi u vojno-ratnoj terminologiji i koji precizira način pogibije jednog ili grupe vojnika od dejstva satoraca. Veoma utešan termin koji objašnjava da vojnik nije stradao od „podle zločinačke ruke agresora“ nego slučajno.

bojište posmatra golim okom. On može da se detektuje samo pomoću uređaja za noćno osmatranje NVD's (night-vision device). Na daljini 321 metar veličina tačke osvetljavanja (nišanje) jeste 15 cm. Pri tome valja imati u vidu da mnogi savremeni komercijalni laserski nišanski sistemi ozračavaju cilj sa tačkom promera oko 25,4 mm na udaljenosti od 91 m.

Ovakva konfiguracija predstavlja veoma pogodan dodatak vojničkom ili policijskom oružju, koje se koristi kako danju tako i u noćnim dejstvima. Upotreba ovog lasera pogodna je kad sunce zalazi ili izlazi.

Proizvođač tog lasera, čije je sedište u Njujorku, upario ga je sa monokularnim nišanskim uređajem AN/PVS-14 NVD. Naziva se i monokular noćnog nišanskog uređaja MNVD (Monocular Night Vision Device) ili prenosni uređaj za noćno osmatranje PVS (Portable Visual Search), a koriste ga američke oružane snage kao i NATO saveznici širom sveta. U uređaj je ugrađena treća generacija pojačavača slike, a proizvodi ga kompanija „L-3 ratnički sistemi“ (L-3 War-



rrior Systems), u saradnji sa korporacijom „ITT Ekselis“ (ITT Exelis). Postoji više varijanti ovog nišanskog sistema, koje omogućuju da se postavi na šlem PASGT (Personnel Armor System for Ground Troops), na laki šlem za vojnike mornaričkog korpusa, kao i na napredni napadni šlem (Advanced Combat Helmet), oslobađajući ruke za korišćenje oružja ili vožnju (hands-free). Njegova osnovna namena je korišćenje za osmatranje i nišanje u noćnim uslovima. Uređaj PVS-14, pored vojske, koriste i jedinice policije (snage za sprovođenje državnih zakona - Law Enforcement community) pod nazivom „noćni pomoćnik“ NEPVS-14 (Night Enforcer).

Objedinjavanje NVD's sa infracrvenim laserom pokazalo se kao praktično rešenje, s obzirom na to da omogućava brzu identifikaciju cilja i dejstvo bez otkrivanja vlastitog položaja u noćnim uslovima. Korisnici mogu podesiti snop da stalno svetli ili da ga uključuju prema potrebi. Uređaj se napaja sa dve 357 srebrno-oksidge baterije koje mogu da obezbede neprekidno emitovanje snopa do šest ili 12 sati na pulsirajućem režimu upotrebe. Prekidač može da se postavi za desnoruku ili levoruku vojnike. „LaserMaks“ nudi i „Manta Rail“ prekidač za trenutnu aktivaciju koji omogućava da laser odmah postigne punu izlaznu snagu. Postoji više montažnih opcija, koje su skoro neograničene, pošto se Uni-IR laser može, pored „pikantini“ šine, postaviti i na „viver“ ležište. To omogućava da se može koristiti ne samo na puškama raznih modela, već i na pištoljima, automatima, sačmaricama i mitraljezima.

Nikola Ostojić

Majkrosoft „kinect“ stražari na korejskoj granici¹⁷

Majkrosoftov „kinect“ (Kinect) senzor pokreta i dubine u trodimenzionalnom prostoru, inače osnova igrčke konzole „iksboks 360“ (Microsoft Kinect Xbox 360), pružio je ideju za unapređenje sistema kontrole demilitarizovane zone (DMZ) koja razdvaja Severnu Koreju od Južne Koreje. Novi sistem za zaštitu i praćenje aktivnosti u toj zoni, Komanda za granicu Južne Koreje postavila je avgusta 2013. godine, na nekoliko kontrolnih i graničnih prelaza i ključnih tačaka gde prebezi najčešće pokušavaju da pređu granicu. Sistem je razvio južnokoreanski programer Jae Kvan Koe, koristeći osobine 3D senzora, odnosno načelnu šemu konstrukcije majkrosoftovog sistema „kinect“. Reč je sinhronizovanoj tehnologiji standardne RGB kolor-kamere i specijalne infracrvene kamere, koji može da detektuje dubinu slike prostora. Kada je u upotrebi, „kinect“ uređaj emituje infracrvene impulse i detektuje objekte ili ljude u zoni zahvata zračenja. Pomoću odgovarajućeg čipa formira 3D mapu ozračenog prostora. Složeni algoritmi za detekciju ljudskih pokreta, na grafičkom prikazu, uspešno izdvajaju ljude iz pozadine objekata.

IC zračenje omogućava da kamera radi u mraku kao i po danu. Kamera detektuje čak i najsitnije pokrete lica, prstiju i prevodi ih u upotrebljive podatke za



„Kinect“ na granici dve Koreje

(Photo: Shutterstock)

„iksboks 360“ konzolu. Konzola je, u stvari, interfejs, koji je revolucionarno promenio način igranja kompjuterskih igrica, postavivši samog igrača u centar igre. Igrač učestvuje u igri tako što pomoću pokreta celokupnog tela, ili samo ruku, a čak i mimikom lica upravlja radnjom u zadatoj kompjuterskoj igri. U stvari, kamera detektuje pokrete i pomoću odgovarajućeg čipa sinhronizuje ih sa igricom. U Majkrosoftu su govorili da ova kamera sa senzorom pokreta (Motion-sensing camera¹⁸) simbolizuje objedinjene pojmove za pokret i povezanost (kinetic i connect).

U kameri se nalazi infracrveni laserski projektor sinhronizovan sa monohromatskim CMOS senzorom. Opseg senzora dubine je podesiv. „Kinect“ softver automatski kalibrira senzore na osnovu igre i fizičke sredine u kojoj se igrač nalazi, kao i drugih objekata u prostoru. Signali sa kamere, odnosno video-izlaza u igrčkoj konzoli, veličine su od 9 do 30 Hz, što zavisi od rezolucije. Dubina monohromatskog očitavanja video-strima u VGA rezoluciji (640X480 piksela), sa 11-bitnom paletom boja, pruža 2,048 nivoa osetljivosti. Udaljenost na kojoj de-

¹⁷ Xbox Kinect sensor guards North-South Korean border, February 7, 2014, Digital Life: <http://www.theage.com.au/digital-life/games/xbox-kinect-sensor-guards-northsouth-korean-border-20140207-325rs.html> (Pristupljeno 07. 02. 104. g.)

¹⁸ Motion Sensing Technology, Management of Technology-E 103 Team Bazinga Clare Chen, Grace Li, Peter Ngo, Connie Sun: June 2, 2011 - <http://www.pickar.caltech.edu/e103/Final%20Exams/Motion%20Sensing%20Technology.pdf> (Pristupljeno 07. 02. 104. g.)

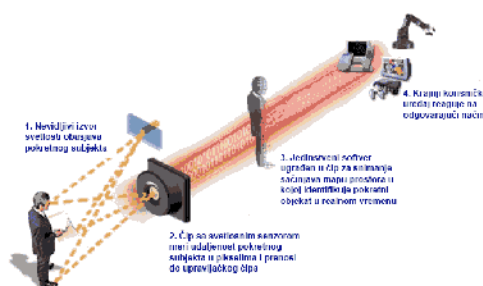
tektuje pokrete na igračkoj konzoli ograničena je na 1,2 do 3,5 m, kada se koristi sa „iksboks“ softverom. Međutim, standardna kamera detektuje područje od 6 m², tako da senzor može da prati pokrete u proširenom rasponu od približno 0,7 do 6 m. Senzor ima ugaone vidno polje od 57° horizontalno i 43° vertikalno, dok je motor na postolju sposoban da pokreće senzor do 27° nagore ili nadole. Horizontalno polje „kinect“ senzora na minimalnoj udaljenosti 0,8 m iznosi 87 cm, a vertikalno polje je 63 cm, pri čemu je rezolucija slike 1,3 mm po pikselu. Konzola ima četiri mikrofona, koji generišu 16-bitni zvuk u rasponu od 16 kHz.

Među podacima koji su objavljeni o primeni inovacije na granici nije navedeno da li je korejski programer iskoristio mogućnost da promenom laserskog osvetljivača veće jačine promeni i daljinu do koje šalje lasersko ozračivanje. Međutim, ilustracija koja pokazuje da je „kinect“ senzor postavljen na graničnom prelazu, iza mosta, ukazuje na to da je ovaj programer verovatno primenio neki od senzora koji mogu da detektuju pokrete na većoj daljini. Naime, da bi bila funkcionalna na način kako je to prikazano na slici, neophodna je veća daljina zračenja za detekciju pokreta. S ovim uređajem, samo primenom laserskog osvetljivača sa većom snagom i povećanjem senzorske osetljivosti konzole, moguća je detekcija pokreta u 3D okruženju na većoj daljini. Činjenica, navedena u objašnjenju, da sistem razlikuje ljude od životinja, vozila i druge objekte kao što su rastinje, zgrade i tlo, koji se nalaze u prostoru granične linije, ukazuje na primenu nekog od usavršenijih čipova za pretvaranje senzorskih signala u grafički prikaz.

Dodatna komponenta granične bezbednosti

Duž granice duge 248 kilometara, demilitarizovani pojas širine do 5 km obezbeđuju vojnici-graničari, patrolna robotska vozila, brojni zemaljski senzori, kao i detektori ugrađeni u graničnu ogradu. Koriste se i dnevno-noćne kamere, robotizovane osmatračke i naoružane „kupole“, a sistem „kinect“ je dodatna komponenta koja unapređuje graničnu bezbednost. Konzola sa senzorima postavljena je na stub, iza mosta koji se nalazi na graničnom prelazu. Ona može da registruje pokrete iz raznih pravaca, s obzirom na to da ima motor koji može da je okreće do 270 stepeni, prema planiranom programu. Ovakva primena nije u potpunosti novost (iako je prva primena u obezbeđivanju granice), s obzirom na to da postoji više projekata koji podrazumevaju primenu „kinect“ tehnologije za vojne potrebe.

Šta je „kinect“ danas i za koje namene se koristi, posebno u vojsci? U „kinect“ konzolu ugrađeni su laserski iluminator određene snage (načelno za igračke konzole koristi se laser 830 nm), kamera sa CMOS senzorom i PS1080 SoC čip, mikrofoni i drugi hardver, uz odgovarajući softver. Čip PS1080 SoC procesira digitalne podatke sa senzora pomoću paralelne računarske logike. Naime, kada CMOS



Načelni princip rada „kinect“ senzora

senzor registruje infracrveno svetlo, prosleđuje ga po određenom obrascu do ulaza u čip. Obično je to snimak kakav procesiraju video-grafički adapteri VGA, određujući veličinu scene i dubine sliku. Pošto je PS1080 SoC višesenzorski čip, on sinhronizuje dubinu slike, njenu boju i audio-zvuke u okruženju. PS1080 poseduje USB 2.0 interfejs koji se koristi za priključak na računar. U računaru se nalazi softver koji može predstaviti sliku u virtuelnom prostoru. Ujedno, taj softver predstavlja interaktivan program, koji određene funkcije sinhronizuje sa pokretima objekta ispred kamere.

Generacija „iksboks“ konzola, najavljena za 2014. godinu, uključuje podršku za blu-ray čitač, 3D naočare, mogućnost korišćenja više istovremenih aplikacija, dodatnih senzora i perifernu podršku. Povećava se memorija na 4 GB (DDR4), procesor će imati tri ili četiri jezgra na 3.2G Hz, a imaće izlaz za 3D ekrane od 1080 p. Naravno, biće i još nekoliko novina o kojima u Majrosoftu kažu da obezbeđuju funkcionalnost pozadine za snimanje TV sadržaja. Konzola će sa većom preciznošću pratiti pokrete, što omogućava novi model RGB kamere, novi hardver i softver, koji uz sve omogućavaju još i prepoznavanje glasa. Tu su i nove „kinect“ naočare, za koje je najavljeno da će se pojaviti na tržištu takođe 2014. godine. Ove naočare imaće i mogućnost priključivanja na novu 4G mrežu. Time je posebno omogućeno i korišćenje „tehnologije proširene stvarnosti“ (Augmented reality technology) na način koji je sličan projektu guleovih naočara.

Ideja „kinect“ senzorske tehnologije odmah je prihvaćena u akademskim krugovima i našla je novu primenu u robotici. Tako njome može da se upravlja



U savremena metal- detektorska vrata ugrađuje se i „kinect“ 3D senzor

malim, inteligentnim i jeftinim letelicama (kvadrokopterima), robotskim vozilima i mnogim drugim uređajima, što je tehnološki jednostavnije i jeftinije od složenijih sistema za upravljanje u virtuelnoj realnosti. Klasična robotika sve više nalazi dodirne tačke sa ovom vrstom tehnologije, tako da je i američka Agencija za odbrambena istraživanja i projekte DARPA pokrenula više projekata za primenu „kinect“ tehnologije u vojne svrhe.

Jedna od prvih primena tehnologije „kinect“ su aplikacije za skenere na aerodromima i drugim mestima gde se praktikuje korišćenje tih uređaja¹⁹. Majkrosoft je patentirao „kinect 3D skener tela“ koji koristi tri senzora. Uparen sa drugim senzorima i detektorima 3D „kinect“ namenjen je ne samo za proveru da li kontrolisana lica nose oružje ili nedozvoljene materije, uključujući i eksploziv u različitim oblicima, već i komponente koje pri mešanju oblikuju eksplozivnu masu. Pored toga, može da se koristi i za rekognitaciju lica, radi prepoznavanja osoba za kojima je izdata poternica.

¹⁹ Researchers turn Kinect game into a 3D scanner, Aug 01, 2011 <http://phys.org/news/2011-08-kinect-game-3d-scanner.html> (Pristupljeno 08.02.2014. g.)

Za „kinect“ je olakšana izrada aplikacija na operativnom sistemu Vindovs 8. Obećana je i podrška u narednih deset godina.

„Kinect“, kao relativno jeftina tehnologija, ima izuzetne karakteristike koje omogućuju dobro manipulisanje tehničkim uređajima. Praksa je otišla dalje, pa se kvadrokopteri, kontrolisani pomoću „kinect“ uređaja, koriste za kontrolu određene površine tla, vazdušne geodetske poslove i inspekciju dalekovoda. Taj senzorski sistem za praćenje pokreta primenjen je u kontrolisanju drugih vrsta robota, gde je uočeno da je to novo područje primene.

Primena senzora pokreta ima izuzetan značaj za vojsku. Svako složeno vojno borbeno sredstvo, pa i sam pešadinac, zavise od brojnih senzora – ne samo od senzora pokreta, infracrvenih senzora, senzora elektromagnetskog isijavanja, već i od brojnih drugih vrsta detektora. „Kinect“ tehnologije omogućuje kontrolu u centrima gde se slivaju podaci od osmatračkih i izviđačkih senzorskih uređaja, letelica za otkrivanje protivničkih ciljeva, navođenje projektila i retranslaciju veza u najnižim borbenim jedinicama. Vojska je našla velik interes u toj tehnologiji, s obzirom na to da se može iskoristiti i za obuku, upravljanje robotizovanim sistemima i za kontrolisanje borbenog prostora.

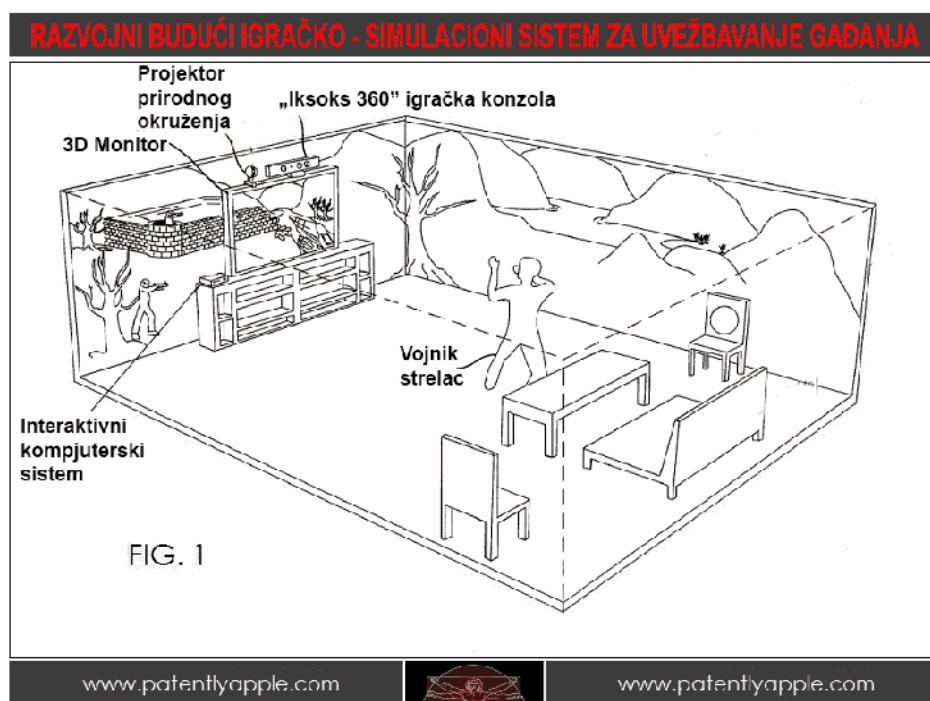
Majkrosoftov patent prva je primenila izraelska kompanija „PrimeSense“ koristeći senzor (infracrveni laser) i CMOS senzor za snimanje video-podataka, odnosno za stvaranje mape vizuelnih objekata i njihovog položaja u prostoru. Potvrdili su da rezolucija dubine zavisi od sposobnosti projektor i senzorskog sistema. U junu 2011. godine među senzore „kinect“, za bežično praćenje pokreta i detekciju orijentacije, dodat je i kontroler koji koristi magnetno polje. On može da detektuje objekat, njegov apsolutni položaj u prostoru i orijentaciju. Obezbeđuje šest stepeni slobode i preciznost od 1 mm i pokrete od jednog stepena. Upotreba magnetnog polja eliminiše potrebu neposredno usmerene kamere na korisnika, koja se prethodno koristila u sistemu „kinect“.

„Kinectovi“ senzori su početkom 2012. godine podešeni na rezoluciju 320x240 piksela, sa prikazom od 30 slika u sekundi, ali je nadogradnja firmvera za rezoluciju podigla razlučivanje slike na 640x480 p. Tako poboljšana verzija „kinecta“ može pratiti čak i pokrete prstiju, te rotiranje šaka i ruku. Uporedo je rešavan i problem detekcije dubine. Uočeno je i to da jedna kamera ne snima pojedine delove tela koji su zaklonjeni i nalaze se u drugom planu. Reč je o normalnom ograničenju kamere, koja se ponaša po zakonitostima perspektive i snima ono što je u žiži (fokusu), dok preostali deo slike, prekriven objektom u prvom planu, ne može da prati. To ograničenje se prevazilazi sa dve ili tri kamere, drugim senzorima, odnosno 3D postupkom snimanja.

Pažnju stručnjaka zaokupljaju tri oblasti za potencijalnu primenu „kinect“ senzora pokreta van oblasti kompjuterskih igara. To su pomenute bezbednosne aplikacije. Druga oblast je tehnologija razvoja simulatora za obuku u nišanjenju, odnosno gađanju pokretnih i nepokretnih ciljeva. Naravno, Majkrosoft razvija takve sisteme za obuku lovaca i strelaca za održavanje kondicije. U vojsci ovakve streljane sa „kinect“ tehnologijom, integrisane sa projektorom prirodnog okruženja, mogu biti ne samo stacionarnog tipa za uvežbavanje vojnika u centrima za obuku, već i mobilne, na kamionima. Koristile bi se na logorovanjima.

Od 2012. godine razvijaju se dva aktivna projekata koje uključuju „kinect“ tehnologiju u vojne primene. Prvi projekat sponzorirale su „Kancelarija za pomorska istraživanja“ (Office of Naval Research) i „Laboratorija za istraživanja kopnene vojske“ (Army research Lab). Program podrazumeva vojnu upotrebu „kinect“

konzole za upravljanje sistemima koji detektuju pokrete protivnika u izviđačkim i obavštajnim akcijama. Razvijen u laboratorijama „Masačusetskog instituta za tehnologiju“ MIT (Massachusetts Institute of Technology), projekat se zasniva na bespilotnoj letelici tipa kvadrokopter opremljenoj dubinskom „kinect“ kamerom koja detektuje i predstavlja mapu prostora u realnom vremenu. Senzor dubine, vjerovatno veće rezolucije nego što je u „kinectovoj“ igračkoj konzoli, omogućava brzo i precizno merenje putanje vozila. Takođe, ploča uređaja sa matematičkim čipom proračunava putanju i poravnava kameru, tako da usklađuje letelicu sa kretanjem vozila na tlu. Naime, složeni algoritmi koriste kadrove slike i druge detaljne informacije iz „kinect“ uređaja da odredi kretanje kamere, kako bi slika uvek bila sinhronizovana sa kretanjem kvadrokoptera.



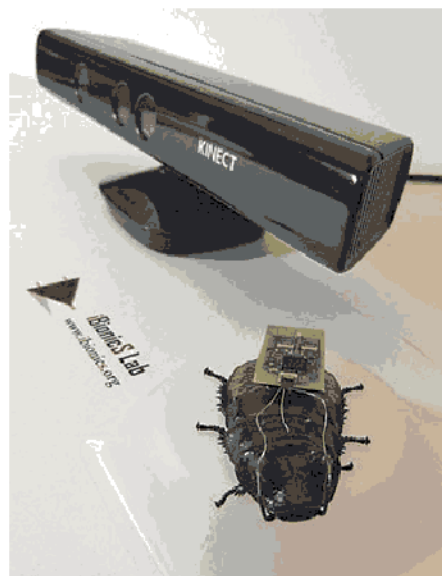
Iz majkrosoftovog unapređenog igračkog sistema moguće je razviti stacionarni i pokretni sistem sa „kinect“ senzorskim sistemom za uvežbavanje gađanja

Drugi program, podržan od agencije DAPRA, jeste sistem za vojnu obuku, koji se, ujedno, koristi i za tumačenje „bioloških signala vojnika“ u korelaciji sa ljudskim postupcima u borbenoj situaciji. Naime, ugradnja senzora za „biološku navigaciju“ omogućila bi da specijalni senzor pokreta na kvadrokopteru tumači biološke signale, pre svega ljudske. Takav biološki detektor bi iz signala omogućio sagledavanje korisničkih namera osmatranog živog objekta (vojnika), odnosno prevodio te signale u komande za ponašanje u stvarnom svetu. Projekat podrazumeva interakcije u virtuelnom i fizičkom okruženju, odnosno mogućnost upra-

vijanja iz virtuelnog u fizički realnom prostoru. Ta tehnologija mogla bi da nauči robota da se ponaša kao čovek na bojištu.²⁰ Tu je i projekat agencije DARPA i kompanije iRobot, uz podršku Harvarda i Jejla „autonomna robotska ruka“ ARM²¹, koja koristi „kinect“ senzor da bi sa tri prsta otključala bravu na vratima. Takođe, još 2011. godine „LabVju“ (LabVIEW) razvio je koncept „kinect 6D vizualizacije“,²² a NASA (američka agencija za kosmička istraživanja) upotrebljava „kinect“ tehnologiju da bi kontrolisala svoje robote²³. DARPA eksperimentiše i sa „kinect“ tehnologijom za izradu pametnih nišanskih sprava za pešadijsko oružje, sa ugradnjom uređaja i senzora na tom principu, u šlemove vojnika.

„Kinect“ konzola, dakle, nije samo kontroler, detektor ili interfejs za određivanje položaja u prostoru, već i uređaj koji sledi pokrete čoveka i prenosi ih do različitih (funkcionalnih) sistema. Zbog toga je ta tehnologija izuzetno povoljna za kontrolu i upravljanje uređajima u zatvorenom prostoru. Domet trodimenzionalnog senzora u novijim modelima konzole je povećan. Zbog usavršenih osobina ova konzola će omogućavati i grupnu aktivnost i složene interaktivne delatnosti brojnih sudionika u raznim vrstama delatnosti – od saobraćaja do borbe protiv kriminala ili čak ratovanja na bojnim poljima širom planete.

Da se primena „kinect“ tehnologije kreće u tom pravcu ukazuju i neki drugi projekti. Grupa akademika sa Tehnološkog univerziteta Ilmenau u Nemačkoj (Ilmenau University of Technology), pokušava da razvije sistem sa „kinect“ konzolom, kojom će upravljati kvadkopterima za implementaciju ad-hok bežičnih mreža. Ideja je da se na prostoru gde je, na primer, prirodnim ili nekim drugim katastrofama onemogućeno funkcionisanje svih vidova komunikacije, ili u slučaju nesre-



Istraživači Univerziteta u severnoj Karolini robote bubašvabe kontrolišu „kinect“ konzolom

²⁰ Robot Recognition of Military Gestures CS 4758 Term Project, Garrett Bernstein (gsb29) - CS M.Eng '11, Nyk Lotocky (njl36) - CS M.Eng '11, Dan Gallagher (drg86) - CS '12

http://pr.cs.cornell.edu/humanactivities/handgesture/handgesture_report.pdf (Pristupljeno 09.02.2014. g.)

²¹ The hand, developed by iRobot with support from Harvard and Yale, is part of DARPA's Autonomous Robotic Manipulation (ARM) program, DARPA's Robotic Hand Can Unlock and Open Your Door, Written By: Jason Domier, <http://singularityhub.com/2013/05/17/darpas-robotic-hand-can-unlock-and-open-your-door/> (Pristupljeno 09.02.2014. g.)

²² Kinect 6D Visualization in LabVIEW, Posted by RoboticsME on Apr 19, 2011 <https://decibel.ni.com/content/blogs/MechRobotics/2011/04/19/kinect-6d-visualization-in-labview> (Pristupljeno 09.02.2014. g.)

²³ NASA Uses Kinect and Oculus Rift to Control Robot, By Kevin Ohannessian December 31, 2013 <http://www.tomsguide.com/us/nasa-kinect-oculus-rift-robot,news-18050.html> (Pristupljeno 09.02.2014. g.)

ća, kada je standardna komunikaciona infrastruktura uništena, na leteće robote (kojima se upravlja pomoću „kinect“ tehnologije) postave releji za vezu. Roboti se mogu raširiti u prostoru, spustiti na nedostupna uzvišenja i uspostaviti radio-mrežu mnogo brže od bilo koga na terenu. Preko njih može brzo da se uspostavi radio-mreža koja pruža mogućnost upotrebe mobilnih telefona, interneta, kao i standardne bežične komunikacije. Sve to postiže se korišćenjem uobičajnih komponenti.

Iz ovih, kao i drugih primera, naslućuje se višenamenska vojna primena – od uspostavljanja ad hoc komunikacione, osmatračke i izviđačke mreže, za navođenje precizne artiljerijske ili raketne vatre na ciljeve, do kontrole primene nano-oružja. Samo mašta vojnih stratega i taktičara može da bude ograničavajući činilac primene ove tehnologije. „Kinect“ kontroleri (konzole) mogu da se postave u operativnim i komandnim centrima i odatle kontrolišu dronovi, preko satelitskih ili nekih drugih veza.

Međutim, primena ove konzole na otvorenom prostoru ima više ograničenja. Domet laserskog osvetljivača na „kinectovoj“ konzoli može efikasno da se poveća do deset metara. Toliko i sadašnje kamere, sa postojećim CMOS čipovima, mogu da detektuju pokrete. Pitanje je može li se načiniti dovoljno velika i snažna konzola koja bi registrovala pokrete na velikoj daljini. Verovatno će, u budućnosti, optička senzorska tehnologija pokreta višestruko povećati svoju rezoluciju.

Nesumljivo usavršena „kinect“ tehnologija donela bi revolucionarnu promenu.

Uzimajući u obzir ograničenja „kinect“ konzole na otvorenom prostoru, bilo bi zanimljivo videti kako je to korejski programer prevazišao u praksi. Iako postoje činjenice koje ukazuju na to da je primenom snažnijeg laserskog uređaja moguće povećati daljinu ozračivanja, te da je nekim drugim unapređenim čipom moguće usavršiti 3D kameru da prati kretanje na većoj udaljenosti, ipak sama konstatacija da je na granici dve Koreje primenjena „iksboks 360“ konzola, ne daje dovoljno podataka o tome da li je opremljena nekom od usavršenih „kinect“ kamera u koje su ugrađene najnovije „mouš“ tehnologije, razvijene u vojnim laboratorijama.

Nikola Ostojić

„Pametna“ puška²⁴

Tehnologija preciznog nišanja nije toliko nova koliko inovacije sa uparivanjem informatičke i opto-elektronske tehnologije. Još od vremena dobrog durbina, dnevno-noćnih nišanskih sprava i laserskog označivača cilja strelac je dobio mogućnost da precizno pogodi metu i pokaže svoju veštinu gađanja. Već odavno, čak i unazad desetak godina, mnoga oruđa i oružja imaju savremene nišanske opto-elektronske sprave i laserske nišane. Korišćeni su i smartfoni upareni sa puškom koji su izračunavali uticaj vetra, pritiska, vlažnosti vazduha i drugih parametara na preciznost balističke putanje metka.

²⁴ \$17,000 Linux-powered rifle brings „auto-aim“ to the real world Austin-based startup makes „Precision Guided Firearms“ sporting a lot of tech, by Lee Hutchinson - Jan 9 2013, CEST; ARS Technica <http://arstechnica.com/gadgets/2013/01/17000-linux-powered-rifle-brings-auto-aim-to-the-real-world/> (pristupljeno 24.01.2014. g.)



Kompanija „Treking point“ iz Teksasa, krajem 2013. godine, predstavila je „pametnu“ pušku²⁵, a šest komada kupila je američka vojska kako bi opitovala i testirala njihove osobine. Naziv puške je „Treking point XS1 taktički snajper“, kalibra lapua magnum.338, sa cevi dugačkom 68.6 cm. Ovo oružje prvi put je predstavljeno decembra 2012. godine. Zasnovano je na patentu kompanije nazvanom „inteligentno digitalno praćenje cilja u polju gađanja“ (Intelligent Digital Tracking Scopes). Puška ima kompjuter, sa operativnim sistemom „Linuks“, povezan sa više senzora koji evidentiraju balističke, atmosferske i druge podatke. Računar izračunava uticaj balističkih činilaca od kojih zavisi precizno nišanje. On je, takođe, sposoban da prati kretanje meta i poseduje elektronski kompas. Podatke prikazuje na malom nišanskom ekranu, izrađenom po tehnologiji naglavnih (heads-up) displeja. Kompjuter se nalazi u nišanskom durbinu, gde je i laserski daljinomer, kao i senzori koji prikupljaju balističke podatke, poput atmosferskih uslova, nagiba, pa čak i blagog pomeranja Zemlje. Laserski senzor koristi se za pronalaženje mete, njeno fiksiranje u nišanskoj spravi i za određivanje daljine do nje. Strelac identifikuje cilj pritiskom na dugme pored okidača, čime će vezati crvenu tačku na displeju za njega. Naime, dugme aktivira niz uređaja među kojima je laser koji meri daljinu do cilja i prati njegovo pomeranje. Takođe, ono aktivira i podatke primljene od drugih senzora i kompjuter koji ih proračunava. I, naravno, aktivira sliku cilja na displeju, sa svim parametrima koji su izmereni.

Nakon identifikacije cilja kompjuter će, na osnovu dobijenih parametara, proračunati i primeniti podatke, poput vlažnosti vazduha, jačine i smera vetra na balističke proračune koji se nalaze u memoriji računara u obliku digitalnih tabela. To obezbeđuje preciznost i kada se metak ispaljuje sa veće udaljenosti. Kada su svi proračuni završeni vojnici će, na ekranu, videti crvenu tačku, koja predstavlja odabranu metu i krstić koji mora da se podudara sa tačkom. Tu crvenu tačku generiše računar kao mesto pogotka na površini mete. Kada se odabere cilj, crvena tačka ostaje fiksna na meti, dok se krstić pomera po horizontali i visini, u odnosu na po-

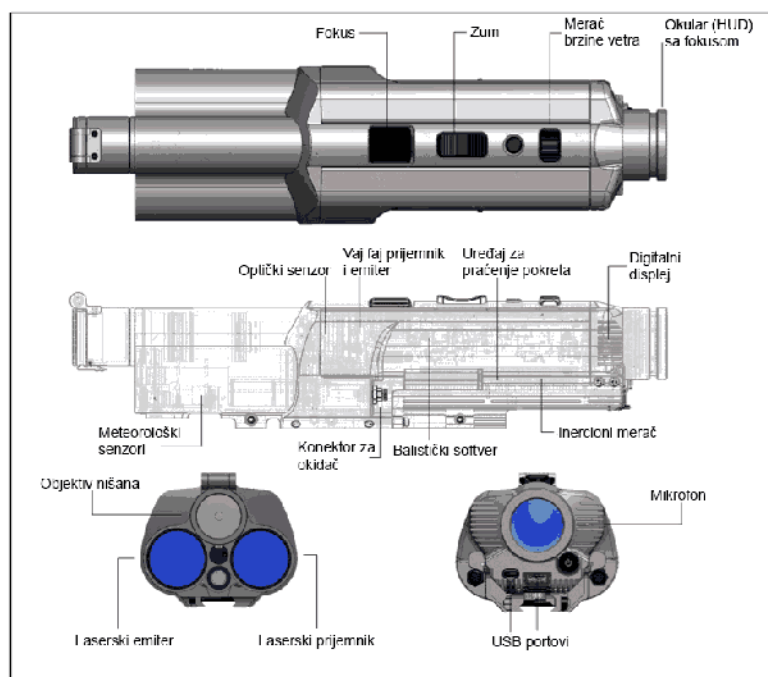
²⁵ TrackingPoint XS1, chambered in a .338 Lapua Magnum, with a 27-inch Krieger barrel and 300 grain match rounds.

meranje oružja, odnosno objektiva nišana. Nišandžija će, takođe, videti da li mu oružje nije iskošeno po horizontali i vertikali, što ima znatan uticaj na preciznost nišanjenja. Dok se tačka i krstić ne podudare, okidač ne može da bude povučen. Najpreciznije dejstvo je na daljini od 450 metara. Na 1000 metara većina pogodaka koncentrisana je oko centra cilja u širini šake ruke. Podaci o nišanjenju mogu se pratiti na tabletu povezanom sa računarom, kablom ili vaj-faj vezom.

Svaka puška vredí 27.000 dolara, a pripada kategoriji naprednih taktičkih oružja, sa nekoliko novina u primeni pešadijskog oružja, posebno kada je reč o obuci u nišanjenju. Testiranja treba da dokažu efikasnost ovog koncepta i njegovu primenljivost kod drugih vrsta pešadijskog oružja, posebno kad je reč o snajperskim puškama. Ipak, u vojsci SAD smatraju da to oružje nije dovoljno efikasno, posebno na bojištu, gde vreme preciznog nišanjenja i otvaranja vatre ima najveću ulogu.

Januara 2014. godine „TrekingPoint“ predstavio je još dva nova modela snajpera. To su XS2 i XS3, nešto kraći od XS1, u kalibru metka .300 vinčester magnum.

S obzirom na to da „TrekingPoint“ svoje puške svrstava u kategoriju precizno vođenih oružja PGFs (Precision guided firearms), treba imati u vidu da je reč o poboljšanom nišanskom sistemu, čija je svrha da obezbedi tačnost pogodaka na daljinama iznad 1000 m.



Sastavni delovi nišanskog uređaja sa računarom puške TS XS1

Ovi sistemi omogućuju praćenje cilja preko displeja i naprednu kontrolu otvaranja vatre. Razvijeni su iz tehnologije preciznog dejstva raketnih sistema. Primena PGF tehnologije za malo (pešadijsko) oružje eliminiše više uzroka gre-

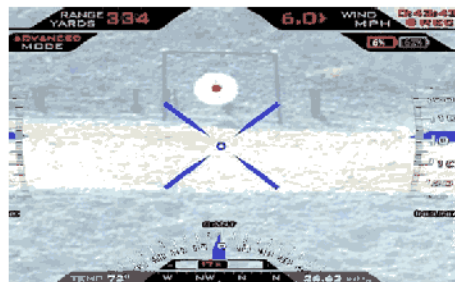
šaka strelca, uključujući pogrešno nanišanje cilja, prevremeno okidanje i podešavanje grešaka u balističkom proračunu, koje nastaju zbog nepravilno ocenjene daljine do cilja, uticaja vetra, nadmorske visine i drugih činilaca. Ova tehnologija znatno povećava verovatnoću uspeha prvim pogokom u ekstremnom opsegu 1.200 metara ili više. Svaki takav uređaj poseduje interfejs za povezivanje sa android sistemima, tabletima i softverskim aplikacijama za precizno nišanje.

Predviđa se da će u kompjuter biti unete i predefinisane dinamičke siluete meta. To će strelcu omogućiti da na velikoj udaljenosti razlikuje protivničkog vojnika od svog saborca ili sličnih silueta na terenu. Ujedno će moći da prepozna civila koji ne nosi vojničku uniformu i naoružanje. Rutine za prepoznavanje slika biće povezane sa sistemom za odbravljivanje okidača, što treba da onemogući tzv. prijateljsku vatru i kolateralnu štetu. Takođe, razmišlja se i o uvezivanju ovakvih preciznih oružja u taktičku mrežu komandovanja, što bi omogućavalo utvrđivanje prioriteta za dejstvo, na osnovu procene starešine. To sve omogućava da strelac kontroliše dejstvo i može prekinuti otvaranje vatre ukoliko proceni da hitac neće postići predviđeni efekat. Time se eliminiše neizvesnost koja nastaje pri dejstvu po udaljenim ciljevima, usled psihofizičkih reakcija tela strelca na složene borbene okolnosti (eksplozija u neposrednoj blizini i sl.), kao i zbog efekta pucnja i trzaja kundaka nakon opaljivanja. Čak i najiskusniji strelci mogu poremetiti nišanje pre povlačenja okidača. Tu je kompjuter koji omogućava prevazilaženje refleksa trzaja ili prevremenog pritiska na okidač. Tačnost, dakle, znatno poboljšava računar koji na osnovu utvrđenih rutina izabere tačan trenutak za dejstvo.

Ovakav kompjuterizovani nišanski sistem poseduje još jednu osobinu. Naime, sve što se dešava pri nišanjenju i dejstvu on snima na memorijsku karticu ili preko vaj faj veze na drugi računar, tablet ili android mobilni uređaj. To omogućava kasniju analizu ili rekonstrukciju procesa vatrene dejstva takvim oružjem. Čak se snaga i sposobnost ugrađenog računara mogu povećati priključkom drugog digitalnog uređaja preko USB porta, što pruža neograničene mogućnosti primene sistema preciznog dejstva. Slika sa pametne nišanske sprave može se prikazati na eksternom displeju, što je veoma značajno tokom obuke. Tada, na osnovu direktnog snimka, iskusni starešina može da savetuje strelca kako da prevaziđe određene ograničenosti koje ga ometaju pri dejstvu.

Ono što čini ovakav „pametni“ sistem korisnim jeste i primena virtuelne realnosti u obuci, pri čemu se u simuliranoj stvarnosti može trenirati korišćenje oružja bez opaljivanja metka, a rezultati su kao kod realnog dejstva. Naravno, to omogućuje ponavljanje svih radnji i postupaka sve dok strelac u potpunosti ne ovlada oružjem. Marketinška služba kompanije „TrekingPoint“ razmatra prodaju samostalnih aplikacija za lovce, pa čak i za kompjuterske igre snajperista. Međutim, ono što je za vojsku najznačajnije jeste „uspeh prvim metkom“, što, tvrde stručnjaci koji su razvili ovo oružje, omogućava dovoljno časova ili dana treniranja.

Nikola Ostojić



Dok se tačka i krstić ne podudare, okidač ne može da bude povučen

Izraelske oružane snage kupuju letelicu „Osprej“²⁶

Među deset tehnološki usavršenih borbenih sredstava i vojne opreme, koje SAD nastavljaju da razvijaju s namerom da im to obezbedi dominaciju u vrhu svetske vojne sile, kao i eventualnu pobjedu u budućem ratu do 2025. godine, nalazi se i letelica CV-22 „Osprej“ (CV-22 Osprey, u prevodu: orao ribar). To je avion sa dva tilt-rotor motora, koji omogućuju da letelica uzleti vertikalno (VTOL), a zatim se tokom kretanja kroz vazduh izravnavaju u horizontalni položaj i omogućavaju da leti većom brzinom. Tom letelicom su od oktobra 2011. godine američke vazduhoplovne snage zamenile helikoptere za specijalne operacije MH-53 „Pave Lou“ (MH-53 Pave Low), a u mornaričkom korpusu CH-46 „morskog viteza“ (CH-46 Sea Knight helicopter). Letelica CH-46 se 2013. godine srušila prilikom trenažnog leta, što, takođe, ukazuje da novo vreme i nova taktika borbene upotrebe zahteva savremenije, izdržljivije, pouzdanije i kvalitetnije višenamenske letelice, te da je došlo vreme da se i ona zameni. Helikopter MH-53 proizveden je još 1967. godine, da bi kasnije bio usavršavan oružanim i nišanskim sistemima, navigacijskom i komunikacionom opremom, radarskim i drugim uređajima. Nalazio se u sastavu Korpusa za specijalne operacije Američkih vazduhoplovnih snaga (AFSOC). S obzirom na to da je taj helikopter bio veoma pouzdan, on se četrdesetak godina koristio u brojnim borbenim dejstvima američkih specijalnih i drugih snaga. Međutim, to je dovoljno vremena da i mašina ode „u penziju“. Kao najpogodnija zamena pokazala se letelica „Osprej“, sa više prednosti od MH-53, a i drugih helikoptera, koji su bili korišćeni za specijalne zadatke u prvoj deceniji 21. veka.

²⁶ Pentagon Details Israel's MV-22 Osprey Package, by Tamir Eshel, January 15, 2014, Defense-Update, http://defense-update.com/20140115_osprey_to_israel.html (Pristupljeno 15. januara 2014. g.)

„Morski vitez“ razvijen je pedesetih i šezdesetih godina u tadašnjim pogonima kompanije „Boing Verol“, a prva letelica stigla je u Korpus mornaričke pešadije 1961. godine. Bio je to model sa dva elisna motora, jednim napred, a drugim pozadi. U avgustu 1962. godine letelica je dobila oznaku CH-46a. Kasnije je mornarički korpus opremljen modelom CH-46As novembra 1964. godine. Helikopter je mogao da prevozi 17 putnika ili 1.815 kg tereta.



Helikopter sa dve pogonska motora CH-46 „morski vitez“

Početkom 1966. marinci su dobili usavršen model CH-46D sa snažnijim motorima, što je omogućilo da može prevesti 25 naoružanih vojnika ili 3,180 kg tereta. To je bila letelica najčešće korišćena u Vijetnamu krajem 1967. godine. U tom vazduhoplovu je za vreme Vijetnamskog rata postavljen „teški“ mitraljez, korišćen inače na brodovima mornaričkog korpusa.

Od 1968. do 1971. godine marinci su koristili model CH-46Fs, na kojem su, pored avionike, ugrađene i druge modifikacije. Konačni model proizvodnje bio je CH-46F, nakon čega je prestalo ulaganje u usavršavanje tog modela letelice.

„Osprej“, inovativno-tehnološki perspektivna letelica

Za letelicu „Osprej“ moglo bi se reći da sadrži izuzetno mnogo inovativnih tehnologija. Naime, još početkom devedesetih godina prošlog milenijuma „Boing“ je, u saradnji sa kompanijom „Bell“, razvio letelicu koja kombinuje prednosti helikoptera u pogledu vertikalnog poletanja i sletanja sa brzinom klasičnog aviona sa turbo-propelerskim pogonom. Model je nazvan V-22 „Osprej“. Kod te letelice udeo kompozitnih materijala u njegovoj konstrukciji iznosi 50%. Letelica je 2007. godine ušla u upotrebu u vojsci SAD. Do 2010. proizvedeno je 107 primeraka. Ta letelica skoro je univerzalna leteća platforma za višenamenske zadatke. Koristi se za prevoz intervencionističkih snaga do linije fronta ili u dubinu protivničke teritorije, za izviđačke i osmatračke zadatke, transport tehničkih sredstava, opreme, municije i naoružanja, kao i za snabdevanje borbenih letelica gorivom u vazдушnom prostoru.

Te i mnogi druge osobenosti i mogućnosti primene ove letelice bili su dovoljan razlog da se izraelsko vazduhoplovstvo (IAF) zainteresuje za njenu kupovinu, i predloži Ministarstvu odbrane da preko Pentagona (US Department of Defense) nabavi šest letelica tipa V-22B (Block C Osprey Tilt-rotor), inače jedan od novijih modela za specijalne operacije.

Američko Ministarstvo odbrane saopštilo je, početkom januara 2014. godine, da je odobrilo isporuku tog tipa letelice, nakon zelenog svetla iz američkog Kongresa, odnosno Agencije za odbrambenu bezbednosnu saradnju. Tako će Izrael opremiti svoje oružane snage sa šest aviona, pratećom opremom, rezervnim delovima, a ugovor obezbeđuje obuku i logističku podršku. Sve to će izraelsku državu koštati 1,13 milijardi dolara. Očekuje se da šest aviona bude predato izraelskom vazduhoplovstvu do 2016. godine. Inače, IAF planira da pored letelice Bell/Boeing MV-22 Blok C unapredi svoju vazduhoplovnu flotu i novim modelima letelice Sikorski CH-53 Yasur 2025.

Varijante

V-22 – osnovna projektovana varijanta koja uzleće vertikalno,
 V-22A – potpuno razvijen prototip aviona 1993. godine, korišten za testiranje leta,
 CV-22B – verzija za američke vazduhoplovne snage pod komandom USSOCOM (United States Special Operations Command), namenjena za specijalne operacije. Posедуje sposobnost dugog doleta, za šta su mu nameštena krila, dodatni rezervari goriva, radar AN/APK-186 i druga specijalna oprema,
 MV-22B – model za mornarički korpus, za prevoz vojnika, opreme i potrošnog materijala, osposobljen za poletanje sa brodova ili iz ekspedicionih aerodroma na obali,
 EV-22 – letelica za osmatračko, izviđačke aktivnosti i kontrolu situacije u vazduhu, za rano upozoravanje i nadzor borbenog prostora. Kraljevska mornarica Velike Britanije pokušala je da modifikuje ovu letelicu za korišćenje na nosačima aviona. Letelica je nazvala AEV-22, a njome je je zamenjen helikopter SaC-7,
 HV-22 – Verzija američke mornarice za potrage i spasavanja pilota iz oborenih aviona, isporuku i preuzimanje posebnih timova za urbano i ratovanje u pozadini protivnika, uz logističku podršku. Tim modelom zamenjena je letelica MH-60S, 2001. godine. Uz to koristi se i kao letelica za navođenje jurišnih aviona na ciljeve u borbenom poretku protivnika,
 SV-22 – predloženi model za borbu protiv podmornica, kojim se zamenjuju S-3 i SH-2 avioni,
 MV-22B Blok C je poboljšana varijanta za mornarički korpus, sa više izmena i dopuna, koje uključuje poboljšanje pouzdanosti vazduhoplova i kontrole klime u kabini.

CV-22B „Osprej“ može da nosi 24 vojnika sa punom borbenom opremom ili do devet tona tereta u radijusu od oko 700 km, sa krstarećom brzinom od oko 440 km/h. CH-53, za razliku od „Ospreja“, može da nosi više vojnika, odnosno njih 38 ili do pet tona tereta, ali je radijus kretanja 160 km. Međutim, obe letelice mogu proširiti domet sa dopunom goriva u vazдушnom prostoru. IAF poseduje 23 CH-53 helikoptera, od kojih je 18 model Yasour 2000 i pet modernizovanih Yasour 2025 varijante. Vazduhoplovstvo namerava da zadrži ove helikoptere u službi najmanje do 2025. godine.

Izraelci su najviše zainteresovani za model MV-22B Blok C, poboljšanu varijantu koja se koristi u američkom mornaričkom korpusu. Ova varijanta ima radarski sistem za obezbeđivanje „situacione svesti“ (prikazivanje taktičke situacije i pr-



Helikopter Sikorsky CH-53 Yasur 2025

ocenu protivničkih i sopstvenih snaga), kao i za praćenje meteorološke situacije. To omogućava upotrebu bez obzira na padavine i intenzitet oluje, pri čemu smanjuje efekte turbulencije. Pored displeja za meteorološku situaciju, u kokpitu je i displej radara za mapiranje tla, koji može precizno predstaviti karakteristike terena dužine 20 nautičkih milja. Taj radar ima mogućnost da se prebaci na režim za pretragu mora, gde može da otkrije brodove na istoj udaljenosti.

Piloti koriste šlemove sa dnevno-noćnim HUD monoklom (Heads-Up Display – naglavni displej), koji im omogućava da vide osnovne letne podatke. Pored toga, dnevni režim rada HUD displeja poboljšava „situacionu svest“ pilota pri upotrebi jedinice u taktičkim dejstvima i uslovima smanjene vidljivosti. Noćni HUD je montiran na „aviatorove“ noćne naočare AVS-9 (Audio Visual Stimulation) i obezbeđuje fuziju senzora i automatskog praćenje cilja. To je proizvod za pilote lovačke avijacije pete generacije. Ovaj displej može, preko komunikacionih uređaja, da primi i podatke sa aviona „avaks“ (AWACS), ili iz sistema JSTARS (Joint Surveillance Target Attack Radar System) na ratištu, što unapređuje njegovu borbeni sposobnost, posebno kada se nalazi u reonu borbenih sukoba.

Verzije koje će biti ispostavljene Izraelcima imaće i tzv. „savetodavni sistem za saobraćaj u vazдушnom prostoru“ TAS (Traffic Advisory System for aviation). To je sistem koji upozorava pilota MV-22 o drugim vazduhoplovima u neposrednoj blizini, a posebno ukoliko postoji procena da će nastavak leta planiranom rutom izazvati sudar sa drugom letelicom.

Ostale promene u novom modelu obuhvataju poboljšanje klimatizacije kabine i sistem za pregled nad situacijom u borbenom prostoru nazvan „kabinski uređaj za predstavljanje aktuelne situacije“ (Cabin Situational Awareness Device). On omogućava komandantu trupa da iz kabine komunicira sa starešinama jedinica, upoznaje ih sa planom dejstva, orijentacionim i navigacionim GPS podacima i da im dostavlja ispravke za ručne navigacione gadžete o rejonu gde će se jedinica iskrcati.

U kontekstu opredeljenja da je tehnologija letelice „Osprej“ perspektivna za obezbeđivanje borbenih, manevarskih i drugih sposobnosti američke vojske da se uhvati u koštac sa vojnim problemima u narednih desetak godina, može se posmatrati i unapređivanje sistema za upravljanje letelicama u američkom vazduhoplovstvu. Pritom težište je na najnovijem „Rajteonovom“ kompletu opreme za pilote aviona F-16 i A-10, koji se može posmatrati kao referentni sistem usavršavanja tehnološkog segmenta upravljačke opreme pilota i za druge vrste letelica. Verovatno će se ta oprema naći u izraelskom kompletu za pilote letelice „Osprej“. Kao referentni sistem „Rajteonova“ oprema poseduje sve osnovne komponente koje služe za upravljanje letelicama, kao i posebne sisteme koji služe za kontrolu oružja i upravljanje vatrom i lako se prilagođava tipu i modelu vazduhoplova.

Osnovne komponente su vojnički prenosni računar koji svoje podatke može da prikazuje na naglavnom displeju ili monitoru u pilotskoj kabini. Preko tog računara pilot dobija prikaz terena preko kojeg leti, šemu taktičke situacije sa upozorenjima na protivničke sisteme koji mogu ugroziti letelicu u vazдушnom prostoru, podatke o meteorološkoj situaciji i situaciji u vazдушnom pro-



Kokpit u letelici MV-22 „osprej“

storu. Računar može da obrađuje slike, audio i video-sadržaje, ima ekran osetljiv na dodir, pa se aplikacijama može upravljati preko ikonice na monitoru, ali i glasom. Ukoliko razvoj majkrosoftove „kinect“ tehnologije bude dovoljno precizan da kamera može pratiti i razumevati sve pokrete pilota, postoji verovatnoća da



AN/AVS-9 noćni vizir

se u upravljanju pilotskim sistemima koristi i ta tehnologija, posebno pošto se „Rajtheon“ opredelio za operativni sistem „android“ iz vindowsove najnovije generacije (trenutno je to OS Vindovs 7²⁷).

Drugi deo opreme je Genteks Visionik „šorpion“, sistem koji se montira na šlem. On omogućava objedinjavanje (sinhronizaciju) vizuelnih, strukturnih i semantičkih funkcija i prikazuje situaciju u okruženju u kojem se kreće letelica. To umanjuje mogućnost da pilot pogrešno protumači predstavljenu situaciju i oznake

na ekranu, koje objašnjavaju i prikazuju objekte, protivničke položaje i protivvazdušne sisteme koji mogu ugroziti izvršavanje zadatka. Sistem, takođe, uključuje 3D određivanje pravca zvučnih efekata u prostoru u kojem vazduhoplov leti.

Nesumljivo je da perspektiva letelice „Osprej“, kao i sistema koji se koriste za upravljanje, omogućavaju kombinovanje i prilagođavanje najperspektivnije tehnologije, kako bi ona i u narednih desetak godina zadržala svoju funkcionalnost i odgovarala procenjenim okolnostima u kojima bi se mogao voditi eventualni budući rat. U svakom slučaju, to je letelica za taktičke zadatke, u neposrednom borbenom okruženju, pri čemu je neophodno obezbediti da pilot i starešina jedinice koji je koristi ima potpunu preglednost zbivanja u borbenom prostoru i u širem rejonu mesta angažovanja. To, u svakom slučaju, pomaže pre svega starešini jedinice da donese pravilne procene o angažovanju jedinice, a pilotu daje precizna uputstva i koordinira njegovu aktivnost pri upravljanju letelicom, sa zadatkom jedinice.

Izraelski paket

Prema ugovoru „izraelski paket“ paket uključuje šest aviona „Osprej“ MV-22 Blok C i 16 motora Rols Rojs AE1107C, od čega su 12 montirani na letelicama, a četiri su rezervni delovi. Svaka letelica biće opremljena računarima i komunikacionom opremom izraelske proizvodnje (po GFE ugovoru - Government Furnished Equipment), uključujući i komplet za elektronske protivmere ECM Kit (Electronic Countermeasures kit). U kompletu opreme biće i prijemnik za upozorenje sa radarom AN/APR-39, sistem za „doziranje“ zaštitnih mera AN/ALE-47 (Countermeasure Dispenser Systems) i sistem za upozorenje od dejstva protivničkih raketa AN/AAR-47 (Missile Warning Systems). Takođe, u letelicu će biti ugrađen sistem

²⁷ What's Android Windows7 ? <http://www.joymms.com/english/> (Pristupljeno 19. 01. 2014. g.)

IFF za „identifikaciju prijatelj ili pretnja“ AN/APKS-123 (Identification Friend or Foe), taktički vazduhoplovni navigacioni sistem AN/ARN-153 (Tactical Airborne Navigation Systems), kao i Rokvel-Kolins VHF prijemnik AN/ARN-147 koji je uparen sa višekanalnim VOR/ILS sistemom za instrumentalno sletanje (Rockwell Collins combines all VHF Omni Ranging/Instrument Landing System functions into one compact). Komplet obuhvata i Beakon navigacioni vojni sistem, radarski visinomer AN/APN-194, minijturni vazduhoplovni GPS prijemnik MAGR AN/ASN-163 (Miniature Airborne Global Positioning System GPS Receivers). Ugrađeni su i višekanalni radio-komunikacioni uređaji za vezu vazduh-vazduh i vazduh-zemlja (Multi-Band Radios supporting air-air and air-ground communications).

Letelica za dalekometne misije

Ispitivanja i uvežbavanja posada letelice „Osprej“ MV-22S, tokom 2013. godine, koja su pripadnici Korpusa momaričke pešadije iz baze Kvantiko u Virdžiniji izveli sa studentima oficirskog pešadijskog kursa, pokazala su da taj vazduhoplov može da izvede „dalekometne misije“ i da preleti 1.770 km. Cilj vojne operacije bio je ulazak marinaca u gradsko naselje, obezbeđivanje ambasade i spasavanje osoblja. Time je dokazano da se ta letelica može koristiti i za humanitarne aktivnosti, spasavanje pilota iz oborenih vazduhoplova, u borbenim dejstvima ili drugim specijalnim operacijama.

„Osprej“ može da održava visoke brzine krstarenja koje mogu biti sinhronizovane sa mlaznim avionima, i postigne stabilnost neophodnu za punjenje u vazдушnom prostoru. Zbog toga je komanda američke mornarice predložila da se sa modelom vazdušne „Osprej cisterne“ zameni dosadašnji mornarički C-2 avion.

Digitalni i analogni izlazi iz AN/ARN-147 osiguravaju kompatibilnost sa sistemima kontrole leta visokih performansi, kako sa digitalnim, tako i analognim instrumentima. Od Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva (ICAO) obezbeđene su frekvencije FM imuniteta po Aneksu 10 ugovora. „Paket“, takođe, obuhvata šest AN/AVS-9 noćnih vizira, i „sistem u zajedničko planiranje borbenih aktivnosti“ (Joint Mission Planning System), što je u stvari dekstop računar sa operativnim sistemom Windows XP ili Vista. Predstavlja zajedničko rešenje i paket zajedničkih aplikacija za vazduhoplovstvo. Koristi se za jedinstveno planiranje putanja leta aviona u borbenim zadacima. Predviđeno je da se u taj sistem ugradi aplikacija za sprečavanje uticaja elektronskih dejstava protivnika prilikom letnih zadataka.

Nabavka ovih vrsta letelica ukazuje na nameru da Izraelci unaprede borbeni sposobnost svojih specijalnih jedinica i osposobe ih za brzi odgovor na eventualne provokacije iz okruženja. Avion nije deo vojne pomoći koju SAD pruža Izraelu. Prema podacima američkog Ministarstva odbrane, cena jednog „Ospreja“ je oko 69 miliona dolara.

Pored te letelice, Izrael će dobiti napredne radare za izraelske borbene avione i sisteme za navođenje raketa na protivničke radare.

Nikola Ostojić

MiG-41 naslednik teškog presretača MiG-31²⁸

Ruska Federacija je, odlukom načelnika Generalštaba oružanih snaga, krenula u razvoj novog lovca-presretača koji bi u budućnosti zamenio flotu teških presretača tipa MiG-31, ali i preostale avione MiG-25. Novi avion, koji je već dobio oznaku MiG-41, treba od svog prethodnika da nasledi sve dobre karakteristike, ali i da ispuni niz novih zahteva ruskih Vojno-vazduhoplovnih snaga. Pored ostalog, očekuje se da novi presretač ima maksimalnu brzinu od neverovatnih 4 do 4,3 Maha. Neke procene govore da se novi avion može očekivati 2028. godine. U međuvremenu, radiće se i na sveobuhvatnoj modernizaciji postojeće flote teških presretača kako bi granice vazdušnog prostora Rusije ostale neprikosnove još dugi niz godina.

Mladen Tišma

Poljska produžava vek upotrebe svojim borbenim avionima Su-22²⁹

Poljsko ratno vazduhoplovstvo planira da produži vek upotrebe svojoj floti lovca-bombardera Suhoj Su-22 Fitter-K. Poljske vazduhoplovne snage trenutno u naoružanju imaju 32 aparata ovog tipa i to 26 jednosedih Su-22M4 i 6 nastav-

²⁸ http://ria.ru/defense_safety/20140228/997594625.html [posećeno: 3.3.2014]

²⁹ *IHS Jane's Defence Weekly*, 51(8), p. 13.

nih dvoseda Su-22UM3K, kojima su opremljene dve eskadrile 21. vazduhoplovne baze u Svidvinu (*Swidwin*). Konačna odluka o produženju kojom će biti definisan broj aviona kojima će biti produžen vek upotrebe očekuje se početkom aprila kada će biti definisano i koliko će to produženje biti, a za sada se govori o periodu od još tri do deset godina, odnosno za 3.000 do 4.000 časova naleta, što bi omogućilo da ostanu u naoružanju do 2024. ili 2026. godine.



Poljska je planirala da svoju flotu Su-22 povuče iz naoružanja 2014. ili 2015. godine i u periodu do 2018. zameni ih sa tri eskadrile borbenih bespilotnih letelica i jednom eskadrilom sastavljenom od 16 višenamenskih borbenih aviona. Avioni ovog tipa su jedini vazduhoplovi poljskog ratnog vazduhoplovstva osposobljeni i opremljeni za elektronsko ratovanje.

Iako poljski Su-22 neće proći modernizaciju tokom remonta i radova neophodnih za produženje veka upotrebe, avioni će biti opremljeni novom radio-komunikacijskom opremom, sistemom za instrumentalno sletanje (ILS) i taktičkim sistemom za vazduhoplovnu navigaciju (TACAN). Radove će sprovesti WZL-2 koji je izvršio i modernizaciju poljskih lovačkih aviona tipa MiG-29.³⁰

Mladen Tišma

³⁰ Tišma, M., 2013, Poljskom RV-u isporučeni prvi modernizovani lovci MiG-29, *Vojnotehnički glasnik* 61(4), p. 297.

Počela letna ispitivanja integracije krstarećih raketa Taurus KEPD 350 na Evrofajter³¹



Kompanija Erbas DS (*Airbus Defence & Space*, bivši EADS) saopštila je da su sredinom januara otpočela letna ispitivanja integracije krstarećih raketa Taurus KEPD na višenamenske borbene avione Evrofajter Tajfun (*Eurofighter Typhoon*).

Za opitovanje se koristi avion IPA 7 iz Centra za vojne vazduhoplovne sisteme u Manhingu pokraj Minhena u konfiguraciji sa dva projektila podvešana na potkrilne nosače. Program će teći istovremeno sa letnim ispitivanjima krstareće rakete Storm Šadou (MBDA *Storm Shadow*).³² Naglasak ispitivanja biće na aerodinamici i uticaju na avion-nosač s obzirom na to da kutijasti profil i veličina rakete izazivaju povećanu osetljivost aviona-nosača na bočni vetar i povećavaju otpor vazduha (*drag*).

Krstareća raketa Taurus KEPD je projektil za dejstvo sa distance, dometa preko 350 km namenjeno za dejstvo po utvrđenim i ukopanim ciljevima, opremljena probojnom bojevom glavom MEPHISTO (*Multi-Effect Penetrator Highly Sophisticated and Target Optimised*) i sistemom za „pametnu“ fuziju. Radi se o zajedničkom projektu nemačkog MBDA i švedskog Saab-a. Raketa ima dužinu od 5,1 m, širinu od 63 cm i visinu od 32 cm. Masa projektila je 1.400 kg, odnosno 100 kg više od rakete Storm Šadou, inače sličnih dimenzija.

Nemačko RV već je uvelo u naoružanje rakete ovog tipa koje su u trenutno u b/k lovaca-bombardera tipa Tornado IDS, dok je Španija poručila rakete

³¹ *IHS Jane's Defence Weekly*, 51(4), p. 5.

³² Tišma, M., 2013, Počela letna ispitivanja integracije krstareće rakete na Evrofajter, *Vojnotehnički glasnik* 62(1), p. 253.

radi opremanja flote svojih aviona EF-18, a očekuje se da će obe zemlje ovim VUBS-om opremiti i svoje Evrofajtere. Očekuje se i narudžbina Švedske koja je za opremanje svojih aviona JAS 39C/D Gripen prvobitno planirala projekte KEPD 150. Radovi na integraciji ovog VUBS trebalo bi da budu okončani 2015. godine.

Mladen Tišma

*Prvi let Boingovog demonstratora
mornaričkog osmatračkog aviona³³*



Kompanija Boing (*Boeing*) saopštila je, početkom marta, da je opitni demonstrator programa mornaričkog osmatračkog aviona (*Maritime Surveillance Aircraft – MSA*) 28. februara obavio prvi let u trajanju od četiri časa. Kao platforma za opitovanje sistema MSA, koji su većinom modifikovane komponente koje su već primenjene na mornaričkim patrolnim avionima tipa P-8A Posejdon (*Boeing P-8A Poseidon*), iskorišćen je poslovni mlazni avion tipa Bombardier Čelendžer 604 (*Bombardier Challenger 604*) na kojem je firma Fild Avijejšn (*Field Aviation*) izvršila potrebne modifikacije. Prema rečima posade, postignuti su svi zacrtani ciljevi, a letelica se tokom svog prvog leta ponašala normalno i pokazala je odličnu upravljivost.

³³ *IHS Jane's Defence Weekly*, 51(11), p. 11.

Tokom naredna dva meseca biće nastavljena letna ispitivanja, nakon čega će avion biti upućen u Sijetl radi ugradnje i ispitivanja opreme i sistema MBA. Konačna konfiguracija MSA zasnivaće se na Bombardierovom poslovnom mlaznjaku Čelendžer 605 (*Bombardier Challenger 605*).

Ciljna grupa za prodaju MSA su zemlje kojima je potreban mornarički patrolni i osmatrački vazduhoplov, ali bez sposobnosti za protivbrodsku i protivpodmorničku borbu.

Mladen Tišma

Tajvan prikazao modernizovani borbeni avion IDF



Vazduhoplovne snage takozvane Republike Kine (Tajvana) predstavile su, sredinom januara, prvu seriju modernizovanih borbenih aviona IDF (poznati i kao F-CK-1 *Ching-kuo*) domaće proizvodnje. Programom modernizacije pokrenutim 2009. godine predviđeno je da za sumu od 587,26 miliona američkih dolara bude modernizovan 71 aparat ovog tipa, što bi omogućilo da ostane u naoružanju tajvanskih vazduhoplovnih snaga narednih 20 godina.

Tokom modernizacije na avionima su unapređene letne kontrole, avionika i radar, uključujući i instaliranje domaćeg softvera koji omogućava istovremeno praćenje više ciljeva i obezbeđuje protivmere za elektronsko ometanje. Pored toga, svi modernizovani IDF-ovi opremljeni su kolor elektronskim nišanskim sistemom HUD, a integrisane su rakete vazduh-zemlja za dejstvo sa distance tipa Van Čien (*Wan Chien*).

Mladen Tišma

*Indija razmatra licencnu proizvodnju
školskih aviona PC-7 Mk II³⁴*



Indijsko ratno vazduhoplovstvo predložilo je Ministarstvu odbrane licencnu proizvodnju turboelisnih školskih aviona za osnovnu letačku obuku Pilatus PC-7 Mk II, sa namerom proširenja postojeće flote od 75 aviona ovog tipa koji su nabavljeni 2012. godine. Prema predloženom planu, Vazduhoplovnotehnički remontni zavod u Suluru proizveo bi po švajcarskoj licenci 106 aparata ovog tipa, počev od 2015. godine, što se uklapa u aktuelne analize prema kojima je ovom vidu oružanih snaga Indije potreban 181 avion za osnovnu obuku. Predlog vojske usledio je nakon što je indijsko RV odbacilo HAL-ov program razvoja i proizvodnje 106 aviona tipa HTT-40, zbog velikih kašnjenja. Takođe, komanda vazduhoplovstva smatra da bi istovremena eksploatacija dva školska aviona iste namene bila ekstravagantna i rasipnička, te da bi izazvala probleme u pogledu vazduhoplovnotehničkog obezbeđenja njihove operativne upotrebe. Pored toga, vojni vrh ukazuje na istorijat kašnjenja i probijanja budžeta u većini programa opremanja RV-a domaćom tehnikom od strane državne kompanije HAL.

Postojeći Pilatusi uvedeni su u naoružanje indijskog ratnog vazduhoplovstva nakon povlačenja iz upotrebe 200 letelica domaće proizvodnje tipa HPT-32 2009. godine posle serije katastrofalnih udesa. Prema planu, 10 primeraka bilo bi proizvedeno i sklopljeno u Švajcarskoj, 28 bi Pilatus isporučio u delovima, dok bi preostalih 68 aparata bilo proizvedeno u zavodu u Suluru.

Mladen Tišma

³⁴ *IHS Jane's Defence Weekly*, 51(11), p. 11.

Bespilotna letelica Air Strato izvela prvi let³⁵

Rumunska kompanija ARCA objavila je da je, nakon uspešno obavljenih opitovanja na zemlji, prvi prototip električne bespilotne letelice visokih performansi *Air Strato* krajem februara uspešno izveo i prvi let.

Air Strato ima razmah krila od 16 metara. Plafon leta iznosi 18.000 metara, a vreme ostajanja u vazduhu iznosi sedam časova na baterijama i tri dana uz primenu solarnih panela. S obzirom na malu brzinu poletanja od 50 km/h i potrebnu stazu dužine 65 metara, letelica se može koristiti sa svih vrsta poletno-sletnih staza, pa i neuređenih improvizovanih površina. Nosivost iznosi 30 kilograma.

U toku je izrada i drugog prototipa, a u planu su i nove verzije letelice sa manjim razmahom krila i nižim vrhuncem leta, ali sa većom maksimalnom brzinom i većom nosivošću.

Zavisno od potreba korisnika, ova letelica moći će se koristiti za osmatranje terena, aerofoto izviđanje, telemetrijska ispitivanja i naučne eksperimente. Ako ispitivanja prototipova budu uspešno završena, krenuće se u razvoj komercijalne verzije, s tim da konstruktori ističu da će letelica u Rumuniji biti dostupna za nabavku samo pojedincima i preduzećima.

Mladen Tišma

Prvi francuski avaks prošao kroz MLU modernizaciju³⁶

Prvi od četiri aviona za rano upozoravanje i kontrolu (AWACS – *Airborne Warning and Control System*) francuskog ratnog vazduhoplovstva (*Armee de l'Air*) tipa Boeing E-3F prošao je kroz tzv. MLU (*Mid-life upgrade*), modernizaciju koja se vrši na polovini veka upotrebe VTMS, dok će preostali proći kroz isti postupak do kraja 2016. godine.

³⁵ <http://www.arcaspace.com> [posećeno: 31.3.2014]

³⁶ *IHS Jane's Defence Weekly*, 51(9), p. 12.



Tokom radova koji su trajali osam meseci, tehničari američkog Boinga (*Boeing*) i francuske firme *Air France Industries KLM Engineering & Maintenance* osavremenili su misioni hardver aviona, električne i mehaničke sisteme i obavili potrebne radove na strukturi vazduhoplova. Paket modernizacije vredan je 354 miliona američkih dolara i podrazumeva opremanje letelica novim senzorima, višenamenskim prikazivačima, sistemima veza i letnim računarima, poput modernizacije avaksa istog tipa iz serija (*block*) 40 i 45 koje koriste Ratno vazduhoplovstvo SAD i Severoatlantska alijansa. Pored toga, biće ugrađeni unapređeni uređaji za identifikaciju svoj-tuđ (IFF), datalink tipa Link 16, a broj konzola za operatore biće povećan sa deset na četrnaest.

Prvi modernizovani avion trenutno prolazi kroz ispitivanja na zemlji i u vazduhu, a očekuje se da francuskom vazduhoplovstvu bude predat krajem godine.

Mladen Tišma

Objavljene fotografije kineskog helikoptera Z-19 opremljenog radarom³⁷

Na internet stranama kineskih oružanih snaga pojavile su se fotografije nove verzije lakog jurišnog helikoptera Harbin Z-19 sa novim radarom aktivnog milimetarskog opsega (*active millimeter wave radar* – MMW), postavljenim iznad glavnog rotora, relativno sličnom Lokidovom radaru za kontrolu vatre tipa AN/APG-78 Longbow (*Longbow*) koji je primenjen na američkim helikopterima AH-64 Apač.

³⁷ *IHS Jane's Defence Weekly*, 51(3), p. 6.



Prema dostupnim informacijama, radar je prvobitno razvijen za helikopter Čangce Z-10 (*Changhe Z-10*) i rezultat je istraživačko-razvojnog rada kineske namenske industrije i Kopnene vojske Kineske narodnooslobodilačke armije čiji koreni sežu u osamdesete godine prošlog veka. Čini se da su Kinezi doneli odluku da na budućim helikopterima primenjuju fiksiranu aktivnu MMW radarsku tehnologiju umesto radarskih uređaja sa mehaničkim rotiranjem.

S obzirom da su kineski inženjeri slične uređaje već primenili na helikopteru Z-9, koji inače predstavlja verziju francuskog helikoptera SA 365 Dauphin (*Dauphin*), ne čudi brzina kojom je izvršena integracija radara ovog tipa na Z-19 koji zapravo predstavlja evoluciju pomenutog helikoptera Z-9.

Sičuanska vazduhoplovna industrijska korporacija (*Sichuan Aerospace Industries Co*) još 2000. godine prikazala je radar osmomilematarskog talasnog opsega za primenu protivoklopnih projektila malih dimenzija C-701, koji se već koriste sa helikoptera Z-10 i Z-19. Istovremeno, neka saznanja govore da su Kinezi pokrenuli razvoj nove radarski vođene POVR zasnovane na raketi AKD-10, a razmatra se i ugradnja jačih motora kako bi kompenzovali povećanje mase zbog novog radara.

Do sada je avijaciji kineske KoV isporučeno najmanje stotinu jurišnih helikoptera Z-10 i oko 80 tipa Z-19.

Mladen Tišma

Presretački projektil Arrow 3 obavio i drugi test³⁸

Američka agencija za raketnu odbranu (*US Missile Defense Agency – MDA*) saopštila je da je na poligonu u Izraelu, 3. januara, obavljeno i drugo opitno lansiranje projektila za presretanje vanatmosferskih balističkih raketa *Arrow*

³⁸ *IHS Jane's Defence Weekly*, 51(3), p. 16.

3. U izjavi je istaknuto da je uspeh ovog testa prekretnica koja daje nadu u sposobnost Izraela da se odbrani od pretnji koje predstavlja razvoj balističkih projektila. Prethodni test obavljen je krajem februara 2013. godine.



Raketa Erou 3 (*Arrow 3*) koju zajednički razvijaju američki Boing i izraelski IAI namenjena je za presretanje i uništavanje balističkih raketa srednjeg i dugog dometa razmeštanjem tzv. *Kill vehicle* u svemir sposobnim da manevrišu kako bi se sudarili sa nadolazećom pretnjom. Vanatmosferska presretanja umanjuju padavine stvorene uništenjem nuklearne bojeve glave. Pored toga, na taj način obezbeđuje se i vreme za dejstvo po preostalim balističkim projektilima pomoću sistema PRO kraćeg dometa, kakav je sistem Erou 2 (*Arrow 2*).

Mladen Tišma

Prvo vođeno lansiranje turske POVR Mizrak-U³⁹

Podsekretarijat za odbrambenu industriju Turske potvrdio je da je 4. marta izvršeno prvo vođeno lansiranje domaće protivoklopne rakete (POVR) označene kao *Mizrak-U*. Ovu raketu razvila je turska firma Raketstan (*Rocketstan*). Projektil je namenjen za uništavanje tenkova i drugih oklopnih vozila i ima domet od osam kilometara. Konstruisan je za potrebe opremanja jurišnih helikoptera T129. Radi se o IC samovođenoj raketi sa opcijom laserskog navođenja opremljenom radio frekvencijskim datalinkom i tandem bojevom glavom.

Za prvo lansiranje kao platforma je iskorišćen borbeni helikopter AH-1S Kobra (*Bell Cobra*), a raketa je pogodila cilj udaljen 3.500 metara.

Početak serijske proizvodnje očekuje se tokom 2015. godine. Pored verzije Mizrak-U u razvoju je i varijanta Mizrak-O upola manjeg dometa.

Mladen Tišma

Evrofajter sa AESA radarom poleće ove godine⁴⁰

Kompanija BAE Sistemi (*BAE Systems*) saopštila je da će prvi višenamenski borbeni avion Evrofajter Tajfun (*Eurofighter Typhoon*), opremljen radarom sa rešetkom za aktivno elektronsko skeniranje (AESA ili E-Scan), poleteti krajem ove godine, iako je prvobitno bilo planirano da avion poleti još prošle godine.

U toku su radovi na ugradnji prototipa AESA radara Kaptor-E (*Captor-E*) na opitni avion IPA 5. Pored njega, novi radar dobiće i nemački IPA 8, kao i jedan aparat iz sastava britanskog RAF-a.

Zvaničnici ipak ističu da se ne radi o prostoj zameni radara, već zahtevnoj intervenciji i da je, pored ostalog, potrebno modifikovanje nosnog prostora za smeštaj radara, obezbeđivanje efikasnog hlađenja i stabilnog napajanja električnom energijom. Pored toga, modifikacije su potrebne i u pogledu balansa aviona.

³⁹ *IHS Jane's Defence Weekly*, 51(11), p. 15.

⁴⁰ <http://www.janes.com/article/34016/aesa-equipped-typhoon-to-fly-this-year> [posećeno: 31.3.2014]

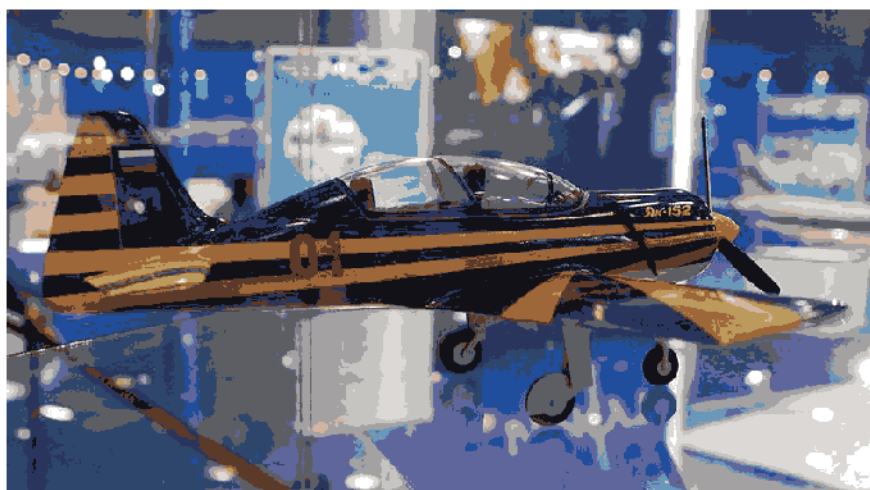


Letna ispitivanja novog radara na britanskom opitnom avionu biće izvršena iznad Irskog mora, tokom kojih će ispitivati performanse radara u uslovima elektronskog ometanja i bez njega, interoperabilnost sa drugim sistemima aviona, posebno senzorima i naoružanjem.

AESA radar Kaptor-E razvio je konzorcijum na čelu sa firmom Seleks Galileo (*Selex Galileo*).

Mladen Tišma

Rusija nastavlja razvoj školskog aviona Jak-152⁴¹



⁴¹ <http://www.janes.com/article/35728/russia-launches-yak-152-trainer-tender> [posećeno: 31.3.2014]

Rusija je kroz tender izdvojila 300 miliona rubalja, odnosno 8,32 miliona američkih dolara radi kompletiranja projektne dokumentacije za turboelisni školski avion i izgradnje četiri prototipa. Ipak, procene korporacije Irkut ukazuju da će za obavljanje ovih poslova biti potrebno oko 318,7 miliona rubalja.

Irkutov konstrukcioni biro Jakovljev započeo je, 2004. godine, razvoj novog turboelisnog školskog aviona za osnovnu letačku obuku kroz saradnju sa kineskom korporacijom Hongdu – HAIC. Kinezi su krajem 2010. godine predstavili svoju verziju pod oznakom L-7, uz najavu da će biti izgrađeno šest prototipova. Ipak, do danas nije zabeležen nijedan let derivata L-7.

Mladen Tišma

Prvi let italijanskog helikoptera HH-101⁴²



Prvi od dvanaest poručenih helikoptera za borbeno traganje i spasavanje HH-101 Cezar (*Caesar*) poleteo je 19. marta, a isporuka prva dva aparata italijanskom RV-u očekuje se u poslednjem kvartalu ove godine.

Cezar je verzija helikoptera AW101, proizvođača Avgusta-Vestland (*AugustaWestland*), namenjena za borbeno traganje i spasavanje, te podršku operacijama specijalnih snaga, a može se upotrebiti i za potrebe prevoza ranjenika, službe traganja i spasavanja, pa čak i za presretanje sporoletećih vazdušnih ciljeva!

Pored standardne opreme, helikopteri HH-101 opremljeni su sa tri gatling mitraljeza kalibra 7,62 mm tipa M134 (na bočnim vratima i zadnjoj rampi), oklopnim pilotskim sedištim, balističkom zaštitom za mitraljesce i vitalne uređaje, integrisanim sistemom za elektronska dejstva i sistemima za samozaštitu od radarskog otkrivanja, kao i laserski i IC vođenih projektila. Novi helikopter imaće, takođe, i sistem za punjenje gorivom u vazduhu.

⁴² <http://www.janes.com/article/35706/maiden-flight-for-italian-hh-101-caesar-csar-helo>
[posećeno: 31.3.2014]

Helikopteri HH-101 zameniće u naoružanju RV Italije helikoptere HH-3F Pelikan, dok su postojeću flotu helikoptera HH-212 postepeno počeli da zamenjuju HH-139A koji su u naoružanju od 2012. godine, mada se dugoročno planira i njihova zamena helikopterima tipa AW149, odnosno njegovom verzijom za borbeno traganje i spasavanje.

Mladen Tišma

Prikazana izraelska bespilotna letelica Super Heron HF⁴³



Tokom singapurske vazduhoplovne izložbe, održane u februaru, Izraelska avio avio-industrija – IAI predstavila je novu varijantu svoje bespilotne letelice Heron. Varijanta pod oznakom Super Heron HF predstavlja bespilotnu letelicu klase MALE (*medium-altitude long-endurance*) pogonjenu dizel motorom snage 200 konjskih snaga, proizvođača Dizel Džet (*Diesel Jet*, članica Fiat grupe). Upravo promena pogonske grupe i prelazak sa avionskog goriva na dizel predstavlja osnovnu razliku Super Herona u odnosu na prethodnike. Prema navodima predstavnika kompanije, to je učinjeno na zahtev korisnika koji su tražili povećanje bezbednosti kroz primenu manje zapaljivog goriva.

Promena pogonskog goriva povukla je i promene u letnim performansama, pa je tako povećana brzina penjanja, a maksimalna brzina povećana je sa 125 na 150 čvorova (odnosno 227,8 km/h). Sa druge strane, maksimalna masa u polletanju povećala se sa 1.250 kilograma na 1.450 kg.

Uz pogonsku grupu, izmene su izvršene i na krilu kojem su dodati tzv. vingleti (što je prvi slučaj kada su u pitanju IAI-eve letelice), čime je vreme ostajanja u vazduhu povećano preko 45 časova, koliko iznosi ekvivalentna sposobnost baznog modela. Kompanija za sada ne otkriva tačne podatke u tom pogledu.

Mladen Tišma

⁴³ IHS Jane's Defence Weekly, 51(8), p. 8.

Američki specijalci razmatraju vazdušnu topovnjaču na bazi V-22⁴⁴



Komanda za specijalne operacije Ratnog vazduhoplovstva SAD (USAF Special Operations Command – AFSOC) otkrila je da ispituje mogućnost razvoja vazdušne topovnjače na bazi tiltrotor-vazduhoplova V-22 Osprey (Bell-Boeing V-22 Osprey), a navodno je za koncept ove varijante zainteresovan i Marinski korpus. S obzirom da je ideja u povoju, nema konkretnih podataka o naoružanju, osim da će vazduhoplov biti naoružan raketama koje će se lansirati u pravcu leta, te da su sve opcije „na stolu“, uključujući i lasersko naoružanje.

S obzirom na poziciju rotora i prečnik od skoro 12 metara, može se pretpostaviti da rakete neće biti nošene na potkrilnim nosačima već u bombaluku ili na teretnoj rampi. Takođe, problem koji treba rešiti izmenama u konstrukciji je i postavljanje topovsko-mitraljeskog naoružanja na bočnim stranama trupa, s obzirom da V-22 nema vrata na levoj strani, a da su vrata na desnoj strani locirana ispred lopatica rotora.

Mladen Tišma

⁴⁴ IHS Jane's Defence Weekly, 51(8), p. 8.

POZIV I UPUTSTVO AUTORIMA CALL FOR PAPERS

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 sistemske 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, 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 2013. godinu:

za oblast tehnološki razvoj:

– na listi časopisa za materijale i hemijske tehnologije:

kategorija vodeći naučni časopis nacionalnog značaja (M51),

– na listi časopisa za elektroniku, telekomunikacije i informacione tehnologije:

kategorija naučni časopis nacionalnog značaja (M52),

– na listi časopisa za mašinstvo:

kategorija naučni časopis nacionalnog značaja (M52),

za oblast osnovna istraživanja:

– na listi časopisa za matematiku, računarske nauke i mehaniku:

kategorija naučni časopis nacionalnog značaja (M52).

Usvojene liste domaćih časopisa za 2013. 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 2 boda (kategorija M51) i 1,5 bod (kategorija M52).

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 ASEESTANT ili SCINDEKS, odnosno direktno na linku 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 preredom 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 (afilijacija)

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. Afilijacija 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 ekstrakovanje 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.

Tabelami 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 zagradama, 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.

Prpratno pismo

Pored članka dostavlja se prpratno pismo u kojem treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, koji su grafički prilozi (fotografije i crteži) originalni, a koji pozajmljeni.

U prpratnom 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 prpratnom 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,
Braće Jugovića 19, Dom Vojske Srbije,
11000 Beograd.
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, Science and Technological Development of the Republic of Serbia classified the Military Technical Courier for the year 2013

in the field technological development:

- on the list of periodicals for materials and chemical technology, category: leading scientific periodical of national interest (M51),
- on the list of periodicals for electronics, telecommunications and IT, category: scientific periodical of national interest (M52),
- on the list of periodicals for mechanical engineering, category: scientific periodical of national interest (M52),

in the field fundamental research:

- on the list of periodicals for mathematics, computer sciences and mechanics, category: scientific periodical of national interest (M52).

The approved lists of national periodicals for the year 2013 can be viewed on the website of the Military Technical Courier, 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 2 (two) points (category M51) and 1,5 (one and a half) point (category M52).

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 ASEESTANT or the page SCINDEKS or directly through the link (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/Military Technical Courier,
Braće Jugovića 19, Dom Vojske Srbije,
11000 Beograd,
Republic of Serbia.
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 ŠTAMPANO IZDANJE ZA 2014. GODINU

Pretplaćujemo se za štampano izdanje časopisa:

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. 2014. 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: 500 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 500 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 Technical Courier* is a
publication of special interest for science.

UDC: National Library of Serbia, Belgrade