

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2217-4753



1(63)  
2015

# ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАВНИК

ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАВНИК  
НАУЧНИ ЧАСОПИС МИНИСТАРСТВА ОДБРАНЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

2015



ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2217-4753



1(63)  
2015

VOJNO  
TEHNIČKI  
KURIR

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

*Courier*



ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2217-4753



1(63)  
2015

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

2015

ВЕСТНИК

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2417-4753  
COBISS.SR-ID 4423939



вт.мо.упр.срб  
[www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs)

1(63)

UDC 623 + 355/359

ГОДИНА LXIII ЈАНУАР-МАРТ 2015.  
GODINA LXIII JANUAR-MART 2015.

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2417-4753  
COBISS.SR-ID 4423939



ВТГ.МО.УПР.СРБ  
[www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs)

1 (63)

UDC 623 + 355/359

ГОД LXIII ЯНВАРЬ-МАРТ 2015.  
VOLUME LXIII JANUARY-MARCH 2015.



МИНИСТАРСТВО ОДБРАНЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

МЕДИЈА ЦЕНТАР „ОДБРАНА“

Директор

Стевица С. Карапанџин, пуковник

УНИВЕРЗИТЕТ ОДБРАНЕ У БЕОГРАДУ

Ректор

Проф. др Младен Вуруна, генерал-мајор

Начелник одсека за издавачку делатност

Драгана Марковић

УРЕДНИК ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА

мр Небојша Гаћеша, потпуковник

e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs, tel.: 011/3349-497, 064/80-80-118

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

– генерал-мајор проф. др Бојан Зрнић, начелник Управе за одбрамбене технологије Сектора за материјалне ресурсе Министарства одбране Републике Србије, председник Уређивачког одбора,

– доц. др Данко Јовановић, генерал-мајор у пензији, заменик председника уређивачког одбора,

– др Стеван М. Бербер, The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand,

– научни сарадник др Обрад Чабаркапа, пуковник у пензији,

– проф. др Владимир Чернов, Владимирский государственный университет, Владимир, Российская федерация (Vladimir State University, Vladimir, Russian federation),

– пуковник ванр. проф. др Горан Дикић, проректор Универзитета одбране, Београд,

– проф. др Александр Дорохов, Харьковский национальный экономический университет, Харьков, Украина (Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine),

– проф. др Жељко Ђуровић, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,

– проф. др Леонид И. Гречихин, 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),

– др Јован Исаковић, Војнотехнички институт, Београд,

– проф. др Слободан Јарамаз, шеф Катедре за системе наоружања Машинског факултета Универзитета у Београду,

– проф. др Миодраг Јевтић, генерал-потпуковник у пензији,

– доц. др Вукица М. Јовановић, Trine University, Allen School of Engineering and Technology, Department of Engineering Technology, Angola, Indiana, USA,

– проф. др Мирко Коматина, шеф Катедре за термомеханику Машинског факултета Универзитета у Београду,

– научни саветник др Ана Костов, Институт за рударство и металургију, Бор,

– проф. др Митар Ковач, генерал-мајор у пензији,

– проф. др Бранко Ковачевић, декан Електротехничког факултета Универзитета у Београду,

– др Василије М. Мановић, Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK,

– проф. др Момчило Милиновић, Катедра за системе наоружања Машинског факултета Универзитета у Београду,

– проф. др Градимир В. Миловановић, редовни члан Српске академије наука и уметности, Математички институт САНУ, Београд,

– проф. др Митар Новаковић, ректор Универзитета у Источном Сарајеву, Република Српска, Босна и Херцеговина,

– научни саветник др Предраг Петровић, Извршни директор за научно-истраживачки рад и радијокомуникације Института за телекомуникације и електронику ИРИТЕЛ АД, Београд,

– проф. др Славо Пожорни, Висока школа за информационе технологије, рачунарска дизајн и савремено пословање, Београд,

– пуковник доц. др Стеван Радојчић, начелник Војногеографског института, Београд,

– пуковник доц. др Зоран Рајић, директор Војнотехничког института, Београд,

– научни саветник др Александар Родић, руководилац Центра за роботiku Института „Михајло Пупин“, Београд,

– проф. др Станко Станић, ректор Универзитета у Бањој Луци, Република Српска, Босна и Херцеговина,

– проф. др Јонел Старету, Transilvania University of Brasov, Romania,

– научни саветник др Срећко С. Стопић, RWTH Aachen University, Faculty for Georesourcen and Materials Engineering,

IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Deutschland,

– проф. др Мирослав Трајановић, шеф Катедре за производно-информационе технологије и менаџмент Машинског факултета Универзитета у Нишу,

– генерал-мајор проф. др Младен Вуруна, ректор Универзитета одбране у Београду,

– проф. др Алекса Зејак, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду,

– потпуковник мр Небојша Гаћеша, уредник Војнотехничког гласника, секретар Уређивачког одбора.

Адреса редакције: ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК, Браће Југовића 19, Београд

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

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

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

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=53280](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=53280)

<http://doaj.org/toc/0310c0550a134f2ba6a53e54ab177224>

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

INDEXED IN  
DOAJ

Претплата на штампано издање: е-маил: претплата@одбрана.mod.gov.rs; тел.-фах: 011/3241-009; текући рачун: 840-312849-56

Рукописи се не враћају

Часопис излази тромесечно

Први штампани број Војнотехничког гласника објављен је 1. 1. 1953. године

Прво електронско издање Војнотехничког гласника на Интернету објављено је 1. 1. 2011. године

Војнотехнички гласник је лиценциран код EBSCO Publishing-а, највећег светског агрегатора часописа, периодике и осталих извора у пуном тексту. Комплетан текст Војнотехничког гласника доступан је у базама података EBSCO Publishing-а.

Штампа: Војна штампарија – Београд, Песавска 40б, e-mail: vojna.stamparija@mod.gov.rs

MINISTRY OF DEFENCE OF THE REPUBLIC OF SERBIA

ODBRANA MEDIA CENTRE

Director

Col *Stevica* S. Karapandžin

UNIVERSITY OF DEFENCE IN BELGRADE

Rector

Major General Mladen Vuruna, PhD, Professor

Head of publishing department

*Dragana* Marković

EDITOR OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Lt Col *Nebojša* Gačeša MSc

e-mail: [nebojsa.gacesa@mod.gov.rs](mailto: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
- Scientific Advisor Obrad Čabarkapa, PhD, retired Colonel
- Professor Vladimir Chernov, DSc, Department of Management and Informatics in Technical and Economic Systems, Vladimir State University, Vladimir, Russia
- Colonel Goran Dikić, PhD, Associate Professor, Prorector of the University of Defence, Belgrade
- Professor Aleksandr V. Dorohov, PhD, Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine
- Professor Željko Đurović, PhD, Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade
- Professor Leonid I. Gretchihin, PhD, Minsk State Higher Aviation College, Minsk, Republic of Belarus; academician 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
- Professor Miodrag Jevtić, PhD, retired Lt General
- Vukica M. Jovanović, PhD, Trine University, Allen School of Eggineering 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
- Professor Mitar Kovač, PhD, retired Major General
- Professor Branko Kovačević, PhD, Dean of the Faculty of Electrical Engineering University of Belgrade
- Vasilije M. Manović, PhD, Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK
- 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, Professor, Rector of the University of Defence in Belgrade
- Professor Aleksa Zejak, PhD, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad
- Lt Colonel Nebojša Gačeša, 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/index-e.html>

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

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

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=53280](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=53280)

<http://doaj.org/toc/0310c0550a134f2ba6a53e54ab177224>

e-mail: [vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs](mailto:vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs)

Subscription to print edition: e-mail: [pretplata@odbrana.mod.gov.rs](mailto:pretplata@odbrana.mod.gov.rs); Tel.-fax: +381 11 32 41 009; account: 840-312849-56

*Manuscripts are not returned*

The journal is published quarterly

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

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

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

Printed by Vojna štamparija – Beograd, Resavska 40b, e-mail: [vojna.stamparija@mod.gov.rs](mailto:vojna.stamparija@mod.gov.rs)

INDEXED IN  
DOAJ

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ

МЕДИА ЦЕНТР „ОДБРАНА“

ДИРЕКТОР

Стевица С. Карапанджин, полковник

УНИВЕРСИТЕТ ОБОРОНЫ В Г. БЕЛГРАДЕ

РЕКТОР

профессор д-р Младен Вуруна, генерал-майор

Начальник Управления по делам издательства:

Драгана Маркович

РЕДАКТОР ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА

Кандидат технических наук Небойша Гачеша, подполковник

e-mail: [nebojsa.gacesa@mod.gov.rs](mailto:nebojsa.gacesa@mod.gov.rs)

тел.: +381 11 3349 497, +381 64 80 80 118

СОВЕТ РЕДАКТОРОВ

- Генерал майор профессор д-р Боян Зрнич, начальник Управления оборонительных технологий при Департаменте материальных ресурсов Министерства обороны Республики Сербия, председатель Совета редакторов,
- доцент д-р Данко Иванович, отставной генерал майор, заместитель председателя Совета редакторов,
- Д-р Стеван М. Бербер, The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand,
- Генерал майор профессор д-р Младен Вуруна, ректор Университета обороны в г. Белграде,
- Профессор д-р Леонид Гречихин, Минский государственный высший авиационный колледж, Минск, Республика Беларусь,
- Профессор д-р Александр Дорохов, Харьковский национальный экономический университет, Харьков, Украина,
- Полковник доцент д-р Горан Дикич, проректор Университета обороны, г. Белград,
- Профессор д-р Желько Джурович, Электротехнический факультет Белградского университета,
- Профессор д-р Миодраг Евтич, отставной генерал-майор,
- Профессор д-р Алекса Зейак, Факультет технических наук Университета в г. Нови Сад,
- Профессор д-р Йован Исакович, Военно-технический институт, Белград,
- Профессор д-р Слободан Йарамаз, начальник Кафедры по военному машиностроению Машиностроительного факультета при Белградском университете,
- Д-р Вукица М. Йованович, Trine University, Allen School of Egineering and Technology, Department of Engineering Technology, Angola, Indiana, USA,
- Профессор д-р Митар Ковач, отставной генерал-майор,
- Профессор д-р Бранко Ковачевич, декан Электротехнического факультета Белградского университета,
- Профессор д-р Мирко Коматина, начальник Кафедры термомеханики Машиностроительного факультета Белградского университета,
- Научный советник д-р Анна Костов, Институт горного дела и металлургии, г. Бор,
- Д-р Василий М. Манович, Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK,
- Профессор д-р Момчило Милинович, Машиностроительный факультет Белградского университета,
- Профессор д-р Градимир В. Милованович, член Сербской академии наук, Белград,
- Профессор д-р Митар Новакович, Университет в г. Восточного Сараево, Республика Сербская, Босния и Герцеговина,
- Научный советник д-р Предраг Петрович, Управляющий директор по вопросам исследовательских работ Института телекоммуникаций и электроники «IRITEL AD» г. Белград,
- Профессор д-р Славко Покорни, Колледж информационных технологий, компьютерного дизайна и современного бизнеса, Белград,
- Полковник доцент д-р Стеван Радойичич, начальник Военно-географического института, г. Белград, факультета при Белградском университете,
- Полковник доцент д-р Зоран Райич, директор Военно-технического института в г. Белграде,
- Научный советник д-р Александр Родич, руководитель Центра робототехники Института имени «Михаило Пупин» в г. Белграде,
- Профессор д-р Станко Станич, Университет в г. Баня-Лука, Республика Сербская, Босния и Герцеговина,
- Профессор д-р Ионел Старету, Трансильванийский университет в г. Брашов, Румыния,
- Научный советник д-р Сречко С. Столич, RWTH Aachen University, Faculty for Georesourcen and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Deutschland,
- Профессор д-р Мирослав Траянович, начальник Кафедры ИТ и менеджмента Машиностроительного факультета в г. Нише,
- Научный советник д-р Обрад Чабаркапа, отставной полковник,
- Профессор д-р Владимир Чернов, Владимирский государственный университет, Владимир, Российская федерация,
- Подполковник кандидат технических наук Небойша Гачеша, редактор Военно-технического вестника, секретарь Совета редакторов.

Адрес редакции: ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК, Браће Југовића 19, Београд

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

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

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

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=53280](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=53280)

<http://doaj.org/toc/0310c0550a134f2ba6a53e54ab177224>

e-mail: [vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs](mailto:vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs)

Подписка на печатную версию журнала: e-mail: [pretplata@odbrana.mod.gov.rs](mailto:pretplata@odbrana.mod.gov.rs);

тел.-факс: +381 11 3241 009; № расчетного счета: 840-312849-56

*Статьи, присланные редакции журнала не возвращаются*

Журнала выпускается ежеквартально

Первый номер Военно-технического вестника выпущен 1.1.1953 года.

Первая электронная версия журнала размещена на интернет странице 1.1.2011 года.

Военно-технический вестник включен в систему EBSCO – всемирная академическая база данных и сервисов.

Печатает: Војна штампарија – Београд, Ресавска 40б, e-mail: [vojna.stamparija@mod.gov.rs](mailto:vojna.stamparija@mod.gov.rs)

INDEXED IN  
DOAJ



## САДРЖАЈ

### ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ ЧЛАНЦИ

<i>Данијела Д. Протић</i> Утицај глоталног сигнала на предикцију говора .....	9–31
<i>Михаило Р. Мрдак</i> Истраживање утицаја плазма спреј заптивних превлака на ефекат заптивања компресора турбомлазног мотора TV2 – 117A .....	32–55
<i>Надица С. Милковић, Горан С. Бијелић, Оливера Ц. Ђорђевић, Љубица М. Константиновић, Хариц Р. Забалета, Томислав Б. Шекара</i> Мера флексије трупа за оцену бола у леђима .....	56–66
<i>Паун Ј. Береш, Кристиан П. Береш, Сретен С. Цветковић, Радован М. Јазић</i> Историјска анализа и хеуристика у функцији едукације штабова за ванредне ситуације .....	67–83

### ПРЕГЛЕДНИ ЧЛАНЦИ

<i>Дејан М. Тепшић, Младен Ђ. Веиновић</i> Класификација MANET протокола рутирања .....	84–101
<i>Милан Р. Радосављевић, Вања М. Шуштершич</i> Коришћење дрвене биомасе у процесу когенерације .....	102–113

### СТРУЧНИ ЧЛАНЦИ

<i>Славиша И. Влацић, Александар З. Кнежевић, Никола Ђ. Пекић</i> Техничко-тактички аспекти конфигурисања кабинског простора флоте вишенаменских борбених авиона .....	114–136
<i>Драган З. Дамјановић</i> Неубојито оружје и његове карактеристике .....	137–143

### ПРИКАЗИ

<i>Ненад В. Ковачевић, Горан М. Лазић</i> Амфибијска средства оружаних снага земаља НАТО-а, Руске Федерације и Народне Републике Кине .....	144–168
<i>Славко Ј. Покорни</i> 17. међународна конференција ICDQM-2014 (приказ зборника радова) .....	169–189

### САВРЕМЕНО НАОРУЖАЊЕ И ВОЈНА ОПРЕМА

<i>Младен Р. Тишма, Драган М. Вучковић, Никола М. Остојић, Бранислав С. Булатовић, Небојша Н. Гаћеша</i> .....	190–247
ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА .....	248–262
ОБАВЕШТЕЊЕ САРАДНИЦИМА И ЧИТАОЦИМА .....	263–264
СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА .....	265–281
ИЗЈАВА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА О ЕТИЧНОМ ПОСТУПАЊУ .....	282–287

# CONTENTS

## ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS

<i>Danijela D. Protić</i> Impact of the glottal signal on the prediction of speech .....	9–31
<i>Mihailo R. Mrdak</i> Investigation of the influence of plasma spray sealing coatings on the effect of sealing the TV2 - 117A turbojet engine compressor .....	32–55
<i>Nadica S. Miljković, Goran S. Bijelić, Olivera C. Đorđević, Ljubica M. Konstantinović, Haric R. Zabaleta, Tomislav B. Šekara</i> Trunk flexion measurement for the assessment of low back pain .....	56–66
<i>Paun J. Bereš, Kristian P. Bereš, Sreten S. Cvetković, Radovan M. Jazić</i> Historical analysis and heuristics as a function of emergency team education - experience of the CMod Zrenjanin .....	67–83

## REVIEW PAPERS

<i>Dejan M. Tepšić, Mladen Đ. Veinović</i> Classification of manet routing protocols .....	84–101
<i>Milan R. Radosavljević, Vanja M. Šušteršič</i> Usage of wood biomass in cogeneration .....	102–113

## PROFESSIONAL PAPERS

<i>Slaviša I. Vlačić, Aleksandar Z. Knežević, Nikola Đ. Pekić</i> Technical and tactical aspects of the cockpit configuration of the multirole combat aircraft .....	114–136
<i>Dragan Z. Damjanović</i> Non-lethal weapons and their characteristics .....	137–143

## REVIEWS

<i>Nenad V. Kovačević, Goran M. Lazić</i> Amphibious assets of the armed forces of the NATO countries, the Russian Federation and the Republic of China .....	144–168
<i>Slavko J. Pokorni</i> 17 <sup>th</sup> international conference on dependability and quality management icdq-2014 (proceedings review) .....	169–189

## MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

<i>Mladen R. Tišma, Dragan M. Vučković, Nikola M. Ostojić, Branislav S. Bulatović, Nebojša N. Gaćeša</i> .....	190–247
CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS .....	248–262
INFORMATIONS FOR CONTRIBUTORS AND READERS .....	263–264
LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER .....	265–281
PUBLICATION ETHICS STATEMENT .....	282–287

# СОДЕРЖАНИЕ

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<i>Даниела Д. Протич</i> Влияние глоттального сигнала на предикцию речи .....	9–31
<i>Михаило Р. Мрдак</i> Анализ эффекта уплотнения компрессора турбореактивного двигателя TV2-117A под воздействием плазменного напыления износостойких покрытий ..	32–55
<i>Надица С. Милькович, Горан С. Биелич, Оливера Ц. Джорджевич, Љубица М. Константинович, Хариц Р. Забалета, Томислав Б. Шекара</i> Измерение подвижности туловища при оценке боли в спине .....	56–66
<i>Паун Й. Береш, Кристиан П. Береш, Сретен С. Цветкович, Радован М. Язич</i> Исторический и эвристический методы при обучении сотрудников штаба по чрезвычайным ситуациям .....	67–83

## ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

<i>Деян М. Тепшич, Младен Дж. Веинович</i> Классификация протоколов маршрутизации «MANET» .....	84–101
<i>Милан Р. Радосавлевич, Ваня М. Шуштершич</i> Использование древесной биомассы в процессе когенерации .....	102–113

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

<i>Славиша И. Влачич, Александар З. Кнежевич, Никола Дж. Пекич</i> Тактико-технические требования конфигурирования кабины многоцелевого боевого самолета .....	114–136
<i>Драган З. Дамьянович</i> Нелетальное оружие и его характеристики .....	137–143

## ОБЗОРЫ

<i>Ненад В. Ковачевич, Горан М. Лазич</i> Амфибийная техника вооруженных сил стран-членов НАТО, РФ и КНР .....	144–168
<i>Славко Й. Покорни</i> 17-ая международная конференция ICDQM-2014 (обзор сборника статей) .....	169–189

## СОВРЕМЕННОЕ ОРУЖИЕ И ВОЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

<i>Младен Р. Тишма, Драган М. Вучкович, Никола М. Остоич, Бранислав С. Булатович, Небойша Н. Гачеша</i> .....	190–247
---	---------

ПРИГЛАШЕНИЕ И ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ АВТОРОВ РАБОТ .....	248–262
СООБЩЕНИЯ ДЛЯ ПАРТНЕРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ .....	263–264
СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА .....	265–281
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКУ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА .....	282–287



## IMPACT OF THE GLOTTAL SIGNAL ON THE PREDICTION OF SPEECH

*Danijela D. Protić*

General Staff of the Serbian Army, Department  
of Telecommunications and Information Technology (J-6),  
Centre for Applied Mathematics and Electronics, Belgrade,  
e-mail: adanijela@ptt.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-6357

FIELD: Telecommunications  
ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper  
ARTICLE LANGUAGE: English

### *Summary:*

*In this paper, several linear and nonlinear techniques for speech processing based on AR, ARX, ARMAX, WLS and FNN models are proposed. The impact of the glottal wave to modelling is also shown in details. GD, BPA and LM approximations are used for model training and optimization. A comparative experimental analysis of five considered models is done based on the prediction of a speech signal. The results on training and testing are presented through learning and training errors for all models given.*

*Key words: Linear models, Prediction, Glottal signal, Feed-forward neural network, Speech.*

### Introduction

When speech occurs, the air from the lungs propagates along the trachea and the vocal tract to the lips, where it is radiated into the environment. Vibrations of the vocal cords change the airflow that passes through the glottal and vocal tract, where the shapes of the nasal cavity, the tongue, teeth and the lips determine the output wave, i.e. speech. Speech is classified to unvoiced and voiced, depending on the nature of the excitation (Burrrows, 1996). For unvoiced speech, the vocal cords are wide apart and the air passes freely through the glottal tract where a noise-like, low-power signal arises. The excitation is due to turbulence generated by the airflow pass-

ing through a narrow constriction and tends to be random in nature. For voiced speech, the excitation of the vocal tract originates at the glottis. When the vocal cords are close together, the air pressure causes them to vibrate and thus forms a strong signal, i.e. vowel. This vibration is periodical, and its frequency (or pitch), is controlled by the tension in the vocal cords.

The most popular technique for speech processing is Linear Prediction (LP). LP uses a source-filter arrangement to model the system which assumes that the source is located at the glottis and that the linear filter can be used to model the frequency properties of the vocal tract. The main disadvantage of LP is that the source and the vocal tract filter are not decoupled in the analysis and the LP filter thus combines the effects of the source and vocal tract. Other approaches interpret the voiced speech signal following Auto Regressive (AR) model, Auto Regressive with eXogenous input (ARX) model, and Auto Regressive Moving Average with eXogenous input models. AR model parameters are estimated for time series using the variants of Linear-Squares (LS) method that minimizes the summed squares of errors which are assumed to be normally distributed. For multivariate data, ARX is used. A current output depends on previous outputs, previous and delayed inputs as well as a white noise disturbance value. A generalization of the ARX model, ARMAX, also includes the output error.

It is usually assumed that the response data is of equal quality and, therefore, has the constant variance. If this assumption is violated, the Weighted Least Squares (WLS) algorithm can be used to improve the fitting process by including the additional scale factors (weights). The weights determine how much each response value influences the final parameter estimate.

When the input/output dynamics of a system contains a nonlinear component, a common linear modelling procedure has to resort to changing to the nonlinear dynamic modelling. The most used nonlinear models for the prediction of speech are multilayered networks generally called the Multi Layer Perceptrons (MLPs). They allow non-linear mappings by a learning procedure that consists of adjusting synaptic weights which are fully connected and arranged in layers (Sainath et al, 2011), (Pamučar, Đorović, 2012), (Milićević, Župac, 2012). MLPs have become very popular in solving various problems such as regression, classification, time series processing, identification and control of dynamical systems (Haykin, 1994), (Narendra, Parthasarathy, 1990). An MLP is a feed-forward neural network (FNN) with one or more hidden layers between the input layer and the output layer. Feed-forward means that data flows in one direction from the input layer to the output one. For the FNNs having differentiable activation functions, there exists a computationally efficient method, called the Back-Propagation Algorithm (BPA), used for finding the derivatives of an error function with respect of the

network weights. Typically, the BPA uses the gradient descent (GD) training algorithm. The network weights are moved along the negative of the gradient to find a minimum of the error function (Silva et al., 2008), (Wu et al., 2011). However, the GD is relatively slow and the network solution may become trapped in one of the local minima instead of the global minimum. For these reasons, there are some other procedures such as the Levenberg-Marquardt (LM) algorithm, available to use in order to improve the standard BPA. It gives efficient solutions of convergence and better optimization than the GD (Riecke et al., 2009), (Shahin, Pitt, 2012). The LM combines advantages of the GD method (that is, minimization along the direction of the gradient) with the Newton method (that is, using a quadratic model to speed up the process of finding the minimum of a function) (Levenberg, 1944), (Marquardt, 1963).

This paper presents the impact of the glottal signal to the prediction of speech that is based on five different models. The AR model parameters are estimated by a training procedure based on the LS method. The goal is to prove that a high order model can improve modelling even though the glottal signal is not used for the prediction. Additionally, the WLS is used to demonstrate the influence of weights to the LS. Furthermore, in order to obtain the vocal tract transfer function and the glottal source parameters, the ARX model is estimated. In this way, the influence of the glottal signal on the evaluation of the model should decrease the error. For the ARMAX model, a sample of the output error is used to improve prediction. However, it does not influence modelling when a vowel is used for model estimation. Finally, the FNN with one hidden layer and the tangent hyperbolic activation functions for all neurons are used for non-linear modelling. The LM algorithm is applied for model evaluation. The results show that the mapping function gives better results for the FNN model than for all other models. The minimum training error is the estimation criterion for the model training. Finally, the models are tested and the test errors are used to compare the quality of prediction.

The article is organized as follows. Second section presents the optimal linear and nonlinear models. Linear prediction, the WLS, the influence of the glottal wave and the FNN learning are shown in details. The LS and the weighted LS are presented. The GD and the BPA are shown in more detail. The principles of the LM method are shown. The results are given in Section three. Finally, the paper ends with some concluding remarks.

## Linear and nonlinear parametric models

Although they are two mutually separated and independent processes, the speech analysis and the speech synthesis are often implemented simultaneously. The analytical process determines the characteristics of excitation, the glottis and the vocal tract. The synthesis gener-



ates signals that can be used for speech or speaker recognition, to simulate or reject the side effects, etc. The analysis involves the phonetic features of the spoken content but the level of the estimated error is high, and the assessment methodology encompasses a wide range of models with a high degree of freedom. In the synthesis, the excitation signal can be a pulse or noise, or may be generated by the Linear Prediction Coder (LPC), which is applied in order to ensure a high quality of speech, assuming that the speech sample is a linear combination of the previous samples. The LPC is carried out as follows: 1) the new model parameters are estimated, 2) the Mean Squares Error (MSE) is calculated to re-perform the synthesis, and 3) acceptable results are obtained by all-pole models, as it will be explained in details later in the paper. Thereafter, the spectrum of the excitation, and the transfer function of the vocal tract are simulated. The main advantages of this technique are the automatic analysis of the original signal and the accuracy of the estimate. Still, there are discontinuities in all-pole modelling because models do not take into account the characteristics of nasals, plosives and fricatives, which enter zeroes to transfer functions.

For that reason, linear and nonlinear modelling is presented here. The influence of the model order, the glottal signal and the disturbance factors to the speech prediction are shown.

### *Linear prediction*

Linear prediction (LP) determines the value of the  $n^{\text{th}}$  sample of the signal  $y(n)$  that is based on the all-pole model. It is well known that the assumption of linearity does not exactly match the characteristics of speech. Nevertheless, a high-quality LP model has advantages over complex non-linear models, such as a simple structure and a minimal prediction error. The AR model that is the most commonly applied in the LP is given with the formula (1)

$$y(n) + a_1 y(n-1) + \dots + a_{n_a} y(n-n_a) = e(n) \quad (1)$$

whereas  $y(n)$  is an input,  $a_i$  ( $i=1 \dots n_a$ ) are the model parameters, and  $e(n)$  is an error. If the extra input, in this case of the glottal signal, is also processed, the AR model expands to the ARX model. See (2).

$$\begin{aligned} y(n) + a_1 y(n-1) + \dots + a_{n_a} y(n-n_a) &= \dots \\ \dots &= b_1 u(n-1) + \dots + b_{n_b} u(n-n_b) + e(n) \end{aligned} \quad (2)$$

$b_i$  ( $i=1\dots n_b$ ) are the eXogenous parameters. The generalization of the model, known as the ARMAX, includes the error propagation. See (3).

$$\begin{aligned}
 & y(n) + a_1 y(n-1) + \dots + a_{n_a} y(n-n_a) = \dots \\
 & \dots = b_1 u(n-1) + \dots + b_{n_b} u(n-n_b) + \dots \\
 & \dots + e(n) + c_1 e(n-1) + \dots + c_{n_c} e(n-n_c)
 \end{aligned} \tag{3}$$

$c_i$  ( $i=1\dots n_c$ ) are the MA parameters, which are neglected if vowels are processed, because the disturbances, if at all present in vowels, are insignificant compared to the signal.

In this experiment, training was carried out by the BPA parameter changing. The optimal step size was reached by the GD method (Haykin, 1994), (Svarer 1995), given with the formula

$$E \approx E_0 + \left( \frac{\partial E}{\partial \mathbf{u}} \right)^T \delta \mathbf{u} + \frac{1}{2} \delta \mathbf{u}^T \mathbf{H} \delta \mathbf{u} \tag{4}$$

where  $E$  is the error,  $E_0$  is its approximation,  $\mathbf{u}$  is a parameter vector,  $\delta \mathbf{u}$  is the parameter deviation, and  $\mathbf{H}$  is the Hessian symmetric matrix of the second derivatives of  $E$ .

$$\begin{aligned}
 \mathbf{u} &= [u_1, u_2, \dots, u_n]^T \\
 \frac{\partial E}{\partial \mathbf{u}} &= \left[ \frac{\partial E}{\partial u_1}, \frac{\partial E}{\partial u_2}, \dots, \frac{\partial E}{\partial u_n} \right]^T \\
 \mathbf{H} = \frac{\partial^2 E}{\partial \mathbf{u}^2} &= \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 E}{\partial u_1^2} & \frac{\partial^2 E}{\partial u_1 \partial u_2} & \dots & \frac{\partial^2 E}{\partial u_1 \partial u_n} \\ \frac{\partial^2 E}{\partial u_2 \partial u_1} & \frac{\partial^2 E}{\partial u_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 E}{\partial u_2 \partial u_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 E}{\partial u_n \partial u_1} & \frac{\partial^2 E}{\partial u_n \partial u_2} & \dots & \frac{\partial^2 E}{\partial u_n^2} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

The parameter estimates are obtained in the following way

$$\delta \mathbf{u} = \mathbf{u}^* - \mathbf{u} = -\mathbf{H}^{-1} \frac{\partial E}{\partial \mathbf{u}} = 0 \tag{5}$$

$$\mathbf{u}^* = \mathbf{u} - \mathbf{H}^{-1} \frac{\partial E}{\partial \mathbf{u}} \quad (6)$$

where  $\mathbf{u}^*$  is the estimated parameter vector. A problem that raises is finding  $\mathbf{H}^{-1}$ . The number of calculations of the  $n$  dimensional Hessian matrix inverse is  $n^3$  that is computer demanding, so  $\mathbf{H}^{-1}$  has to be approximated. One of robust but very simple methods for matrix approximation is known as the Levenberg-Marquart algorithm (Le Cun et al., 1989), (Svarer, 1995), which is presented later in the paper.

### Weighted Least-Squares

The WLS is an recursive algorithm with slowly decreasing weights, which is found to have a self-convergence property, i.e., it almost certainly converges to a certain random vector, irrespective of the control law design (Childers et al., 1995). This universal convergence result combined with a method of random regularization can easily be applied to construct a self-convergent and uniformly controllable estimated model and thus enable making a general framework for adaptive control (Guo, 1996). The WLS is an efficient method that makes good use of small data sets, having the ability to provide different types of easily interpretable statistical intervals for estimation, prediction, calibration and optimization. Given a sequence of the stochastic observation vector  $\theta \in R^n$ , let us consider the scalar process  $y_t$  generated according to the following time-varying equation

$$y_{t+1} = \theta^T \varphi_t + \omega_{t+1}$$

The scalar  $\omega_t$  is a disturbance term, and  $\varphi_t \in R^n$  is a stochastic sequence of unknown parameter vectors (regressors). The LS fitting technique is the most commonly applied way to estimate the parameter  $\varphi_t$  by minimizing the sum of the squares of the residuals. The estimate is the minimizer of the following criterion

$$J_t(\theta) = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^t (y_{i+1} - \theta^T \varphi_i)^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^t e(i)^2$$

When the squares of the residuals are used, outlying points can have a disproportionate effect on the fit. The WLS reflects the behavior of the random errors in the model by incorporating extra nonnegative constants, or weights, associated with each data point, into the fitting criterion. Optimizing the criterion to find the parameter estimates allows the weights to determine the contribution of each observation to the final parameter estimates. The WLS error function  $e(i)$  given with the formula (7)

$$J_t = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^t \alpha_i e(i)^2 \quad (7)$$

whereas  $0 < \alpha_i \leq 1$  is the weighting sequence, a so-called forgetting factor, which allows different measurements of interest. The forgetting factor is introduced to discount old data in favour of fresh information. The selection of the value for  $\alpha_i$  is a user's choice as have been discussed by Ljung and Soderstrom (1983), Goodwin and Sin (1984), and (Campi, 1994). The size of the weight indicates the precision of the information contained in the associated observation. The forgetting factor  $\alpha_i$  usually takes the exponential form  $\alpha_i = \lambda^{t-i}$ ,  $0 < \lambda < 1$ . Writing the criterion with an exponential forgetting factor

$$J_t = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^t \lambda^{t-i} e(i)^2$$

Assuming that the non-stationary signal consists of stationary segments ( $\lambda < 1$ ,  $\lambda \approx 1$ ), the forgetting factor is:

$$\begin{aligned} \lambda^t &= e^{t \ln(\lambda)} = e^{t \ln(1+\lambda-1)} \approx e^{-t(1-\lambda)}, \\ \lambda^t &= e^{-t/\tau}, \quad \tau = 1/(1-\lambda) \end{aligned} \quad (8)$$

where  $\tau$  is the effective memory of the algorithm, i.e. the memory length.

The WLS parameter estimation can easily be constructed so that the corresponding estimated model is almost surely self-convergent and controllable. Using weights that are inversely proportional to the variance yields the most precise parameter estimates possible (Ljung, Soderstrom, 1983), (Guo, 1996). Consider the following ARMAX model

$$\begin{aligned} \mathbf{A}(z)y_t &= \mathbf{B}(z)u_t + \mathbf{C}(z)w_t, \quad t \geq 0 \\ \mathbf{A}(z) &= 1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_p z^{-p}, \quad p \geq 0 \\ \mathbf{B}(z) &= b_1 z^{-1} + \dots + b_q z^{-q}, \quad q \geq 1 \\ \mathbf{C}(z) &= 1 + c_1 z^{-1} + \dots + c_r z^{-r}, \quad r \geq 0 \end{aligned}$$

where  $y_t$ ,  $u_t$ , and  $w_t$  are the system output, input, and noise sequence, respectively, and  $\mathbf{A}(z)$ ,  $\mathbf{B}(z)$ , and  $\mathbf{C}(z)$  are polynomials in the backward-shift operator  $z$  with unknown coefficients and known upper bounds  $p$ ,  $q$ , and  $r$ , for orders. To describe the WLS algorithm for estimating an unknown parameter vector

$$\boldsymbol{\theta} = [-a_1 \dots -a_p \ b_1 \dots b_q \ c_1 \dots c_r]^T$$

the recursive algorithm is applied. It has the following form

$$\begin{aligned}\theta_{t+1} &= \theta_t + L_t (y_{t+1} - \theta_t^T) \\ L_t &= \frac{P_t \varphi_t}{\alpha_t^{-1} + \varphi_t^T P_t \varphi_t} \\ P_{t+1} &= P_t - \frac{P_t \varphi_t \varphi_t^T P_t}{\alpha_t^{-1} + \varphi_t^T P_t \varphi_t} \\ \varphi_t &= [y_t \cdots y_{t-p+1} u_t \cdots u_{t-p+1} \omega_t \cdots \omega_{t-r+1}] \\ \omega_t &= y_t - \theta_t^T \varphi_{t-1}, \quad t \geq 0\end{aligned}$$

where  $\alpha_t$  is the weighting sequence, and the initial values  $\theta_0$  and  $P_0 = \alpha I$ , ( $0 < \alpha < 1$ ) are chosen arbitrary. Various versions of this algorithm are studied by many authors (Lee et al., 1981), (Ljung and Soderstrom 1983), (Campi, 1994), (Guo, 1996), (Macchi, 1986), (Widrow et al., 1976), (Kovačević et al., 2000), (Jing 2012). Their work aims at studying the performances of algorithms in a stochastic framework. The following questions motivate almost all the papers pertaining to the performance analysis of adaptive identification algorithms: a) Is the algorithm able to keep estimation error bounded? b) What does the estimation error depend on and in what way?

### *The impact of the glottal signal on modeling*

The noninvasive methodology for recording the signal that flows through the glottis, before it modulates into speech, is known as the Electro-GlottoGraphy (EGG). The method examines the vibration of the vocal cords by measuring the impedance through the throat of the subject. Electrodes are placed outside, on the larynx. When the vocal cords are closed together, electricity passes through the person's neck, and the impedance is low, while the opened vocal cords make that extremely difficult, and the impedance is high. The change of impedance indicates a change of the glottal flow.

According to Fant (1960), the speech wave is the response of the vocal tract filter system to the sound sources. This rule is known as the source-filter theory of speech production. For vowels, the source of sound is the regular vibration of the vocal cords, and the filter is a vocal tract tube between the larynx and the lips. Regular vibrations of the vocal cords result in the periodic excitation source, which is always in the larynx, usually in the glottis. A period is the duration of one glottal cycle (opening and closing phase). The waveform of the sound is complex, i.e. its wave-shape depends on the relationship between various frequencies that it contains. In the source-filter theory, the frequencies (formants) are responses of the vocal tract filter. Literature suggests that at least a pair of poles is needed for each formant representation (10-16 poles), which is expected in the

frequency range, and another pair of poles for the impact of the glottal flow (Kovačević et al., 2000). The glottal-flow velocity can be thought of as a low-pass filter filtering of an impulse stream (Gutierrez-Osuma, 2011). Vowel 'a', and a corresponding glottal signal (*egg*), for a female subject during normal phonation, are presented in Fig. 1. The sampling frequency for the signals is  $f_s=10\text{kHz}$ . Each sample is 0.1ms apart. Therefore,  $n=300$  samples of signals is equivalent to the time period of 30ms.

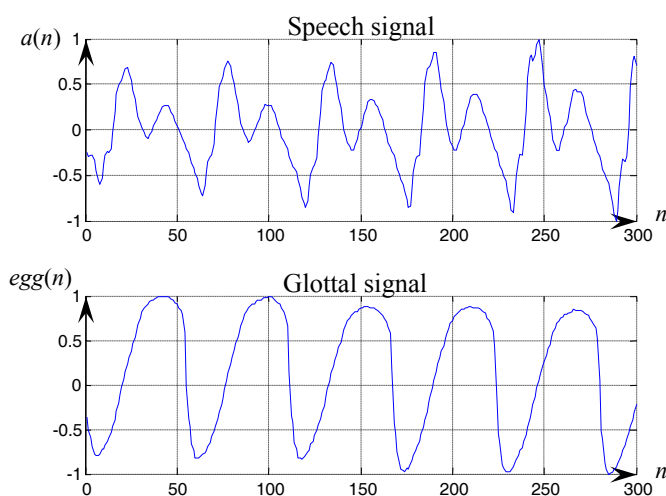


Figure 1 – Upper panel: time-domain speech signal (vowel 'a').

Lower panel: glottal flow waveform of the vowel 'a' (*egg*)

Slika 1 – Gore: govorni signal (vokal 'a'). Dole: oblik glotalnog talasa za vokal 'a' (*egg*)

Direct observation of the glottal behaviour is rather difficult, which implies the development of computational procedures for the estimation of the glottal source directly from the speech signal. Some of the most known and used models are Rosenberg (Degottex, 2010), Liljencrants-Fant (de Oliveira Dias, 2012), Klatt (Klatt, Klatt, 1990) and Strube model (Kovačević et al., 2000) that is given with the formula (9).

$$u_g(t) = \begin{cases} \sin^2 \frac{\pi t}{2T_0}, & 0 \leq t \leq T_s \\ \cos \frac{\pi(t-T_0)}{2T_n}, & T_s \leq t \leq T_{og}, \quad T_{og} = T_s + T_n \\ 0, & T_{og} \leq t \leq T_0, \quad T_0 = T_{og} + T_{cg} \end{cases} \quad (9)$$



where  $u_g(t)$  is the glottal flow,  $T_0$  is the fundamental frequency period,  $T_{og}$  and  $T_{oc}$  are the periods of the open and the close phase of the glottal wave, respectively,  $T_s$  and  $T_n$  indicate the slow growth phase ( $T_s$ ) and the phase of fast decrease ( $T_n$ ), which make the phase of the open glottis ( $T_{og}$ ). But in this paper, the influence of the glottal signal obtained by the EGG on the prediction of the corresponding speech signal is examined. The polynomial model of the glottal flow is used as an exogenous part of the ARX and ARMAX models. Also, it is used to improve the training of the FNN.

### *Feed-forward neural network learning*

Each nonlinear system can be modeled by the dynamic parameter function

$$g(y_t, \delta_t, t) = \varepsilon(t)$$

where  $\delta_t^T = [-y_{t-1}, \dots, -y_{t-n}]$  is the vector of  $n$  samples of the sequence  $y$ ,  $\varepsilon(t)$  is an error, and  $g$  is the parametric function known in advance (Svarer, 1995), (Arsenijević, Milosavljević, 2000). It is shown that the FNN with three layers (input, hidden and output), and sigmoidal-type nonlinearity can approximate any nonlinear function and generate any complex decision region needed for classification and recognition tasks (Azimi-Sadjadi, Liou, 1992), if the choice of inputs, the dimensionality of weight space and the transition of learning are properly suited. For the given inputs and weights, the output of the FNN is given with the following expression

$$y_i(\mathbf{w}, \mathbf{W}) = F_i \left( \sum_{j=1}^q W_{ij} f_j \left( \sum_{l=1}^m w_{jl} z_l + w_{j0} \right) + W_{f0} \right)$$

$y_i$  is the output,  $\mathbf{w}$  and  $\mathbf{W}$  are the synaptic weight matrices,  $f_j$  and  $F_i$  are the activation functions of the hidden and output layer, respectively, while  $q$  and  $m$  represent the number of nodes in the network (Arsenijević, 2001).

The problem of the neural network learning can be seen as a function optimization problem. Let us consider the FNN with differentiable activation functions of both input variables and weights. Each unit computes a weighted sum of its inputs

$$a_j = \sum_i w_{ji} z_i$$

where  $z_i$  is the activation which sends a connection to the unit  $j$ , and  $w_{ji}$  is the weight associated with the connection. The summation is transformed by a nonlinear function  $g(\dots)$  to give the activation  $z_j$  of the unit  $j$  in the form  $z_j = g(a_j)$ . The error function, which is a sum of all patterns in the training set, is defined on each pattern separately

$$E = \sum_b E^n$$

where  $E^n = E^n(y_1, \dots, y_c)$ . The goal is to evaluate derivatives of the error  $E^n$  with respect to the weights

$$\frac{\partial E^n}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E^n}{\partial a_j} \frac{\partial a_j}{\partial w_{ij}} \quad (10)$$

where

$$\delta_j = \frac{\partial E^n}{\partial a_j}, \quad \frac{\partial a_j}{\partial w_{ji}} = z_i \quad (11)$$

which gives

$$\frac{\partial E^n}{\partial w_{ij}} = \delta_j z_i$$

For the output units, the error  $\delta_k$  is given with the equation

$$\delta_k = \frac{\partial E^n}{\partial a_k} = g'(a_k) \frac{\partial E^n}{\partial y_k}$$

where  $g'(a)$  substitutes  $\partial E^n / \partial y$ , while for the hidden units

$$\delta_j = \frac{\partial E^n}{\partial a_j} = \sum_k \frac{\partial E^n}{\partial a_k} \frac{\partial a_k}{\partial a_j}$$

that gives the back-propagation formula:

$$\delta_j = g'(a_j) \sum_k w_{kj} \delta_k$$

$\delta$ 's can be evaluated backward since  $\delta$ 's from the outputs are known.

The BPA can also be applied for the calculation of other derivatives. Let us consider the evaluation of the *Jacobian* matrix, whose elements are given by the derivatives of the network outputs  $y_k$  with respect to the network inputs  $x_i$

$$\begin{aligned} J_{ki} &= \frac{\partial y_k}{\partial x_i} = \sum_k \frac{\partial y_k}{\partial a_j} \frac{\partial a_j}{\partial x_i} = \sum_j w_{ji} \frac{\partial y_k}{\partial a_j} = \sum_j w_{ji} \sum_l \frac{\partial y_k}{\partial a_l} \frac{\partial a_l}{\partial a_j} \dots \\ &\dots = \sum_j w_{ji} g'(a_j) \sum_l w_{lj} \frac{\partial y_k}{\partial a_l} \end{aligned} \quad (12)$$

To evaluate second order derivatives, let us consider the following error derivatives:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial w_{ij} \partial w_{lk}} = \sum_n \frac{\partial y^n}{\partial w_{ji}} \frac{\partial y^n}{\partial w_{lk}} + \sum_n (y^n - t^n) \frac{\partial^2 y^n}{\partial w_{ji} \partial w_{lk}} \quad (13)$$

are the elements of the *Hessian* matrix. If the network outputs  $y^n$  are very closely to the target values  $t^n$ , then the second term in (13) can be neglected, which gives an LM formula:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial w_{ij} \partial w_{lk}} = \sum_n \frac{\partial y^n}{\partial w_{ji}} \frac{\partial y^n}{\partial w_{lk}}$$

The LM algorithm provides a numerical solution to the problem of minimizing a (generally nonlinear) function, over a space of the parameters for the function (weights) (Kashyap, 1980), (Ljung, 1987), (Larsen, 1993), (Hansen, Rasmusen, 1994), (Fahlman, 1988). See (5)-(6). The LM basically consists of solving the equation

$$(\mathbf{H} + \lambda \mathbf{I}) \delta = \mathbf{J}^T \mathbf{E}$$

where  $\lambda$  is the Levenberg's damping factor adjusted at each iteration guiding the optimization process, and  $\delta$  is the weight update vector that shows how much the network weights should be changed to achieve a better solution. If the reduction of  $\mathbf{E}$  is rapid, a smaller value of  $\lambda$  brings the algorithm closer to the Gauss-Newton algorithm, whereas if the iteration gives insufficient reduction in the residual,  $\lambda$  can be increased, giving a step closer to the GD direction.

The problem of parameter adjustment (see 13) has been solved by Hassibi and Stork (1993). They have used the outer product approximation to develop a computationally efficient procedure for approximating the inverse of Hessian:

$$\mathbf{H}_N = \sum_{n=1}^N \mathbf{g}^n (\mathbf{g}^n)^T$$

where  $N$  is the number of the parameters in the data set, and the vector  $\mathbf{g}$  is the gradient of the error function. The sequential procedure for building up the Hessian is obtained by separating the contribution from the data point  $N+1$  to give:

$$\mathbf{H}_{N+1} = \mathbf{H}_N + \mathbf{g}^{N+1} (\mathbf{g}^{N+1})^T$$

In order to evaluate the inverse Hessian, let us consider the matrix identity:

$$(\mathbf{A} + \mathbf{BC})^{-1} = \mathbf{A}^{-1} - \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B} (\mathbf{I} + \mathbf{CA}^{-1} \mathbf{B})^{-1} \mathbf{CA}^{-1}$$

where  $\mathbf{I}$  is the identity matrix. If  $\mathbf{A}=\mathbf{H}_n$ ,  $\mathbf{B}=\mathbf{g}^{N+1}$ ,  $\mathbf{C}=(\mathbf{g}^{N+1})^T$

$$\mathbf{H}_{N+1}^{-1} = \mathbf{H}_N^{-1} - \frac{\mathbf{H}_N^{-1} \mathbf{g}^{N+1} (\mathbf{g}^{N+1})^T \mathbf{H}_N^{-1}}{1 + (\mathbf{g}^{N+1})^T \mathbf{H}_N^{-1} \mathbf{g}^{N+1}} \quad (14)$$

The initial matrix  $\mathbf{H}_0$  is chosen to be  $\alpha \mathbf{I}$ , where  $\alpha$  is small quantity, so that the algorithm actually finds the inverse of  $\mathbf{H}+\alpha \mathbf{I}$ .

The updating parameter procedure is carried out in the following way:

*Step 1:* propagate the input signal through the FNN in the forward direction to obtain actual outputs for each training signal, at each layer.

*Step 2:* generate the output signal at the output of each layer for each node. At the output layer, this error is simply formed by comparing the actual outputs with the desired signal. For other layers, the error is propagated backward through those layers with updated weights until the errors at the outputs of the lower layer with weights to be updated are generated.

*Step 3:* compute the matrices for updating weights.

*Step 4:* determine the state of the particular node. If the input to this node is within the ramp region, then proceed; otherwise, there is no need for weight updating and then examine the next node.

*Step 5:* Update the weight vector using the recursion, and repeat steps 4 and 5 for the next node until all the weight vectors in this layer are updated.

These steps are performed for all the layers several times for a given training set until the error converges to within an acceptable range. After the network updating is finished, the pruning of parameters is carried out in the following way

$$\delta u_m + u_m = 0$$

$$\mathbf{e}_m^T \delta \mathbf{u} + u_m = 0$$

where  $u_m$  is the  $m$ -th parameter,  $\mathbf{e}_m$  is the unit vector of the same dimensions as  $\delta \mathbf{u}$ . The objective of this methodology is to prune the parameter  $u_m$  that would cause minimum increase of an error in the following way

$$\delta \mathbf{u} = -\lambda \mathbf{H}^{-1} \mathbf{e}_m$$

$$\lambda = \frac{u_m}{\mathbf{e}_m^T \mathbf{H}^{-1} \mathbf{e}_m}$$

$$\delta \mathbf{u} = -\frac{u_m}{\mathbf{e}_m^T \mathbf{H}^{-1} \mathbf{e}_m} \mathbf{H}^{-1} \mathbf{e}_m$$

The Hessian matrix inverse is used to identify the least significant weights (Silva et al., 2008).

## Results

A comparative analysis of five different models, estimated on the basis of speech and glottal signals, provides the understanding of the impact of the glottal signal on the estimation of the model parameters. The evaluation criterion is the minimum training error, which is presented graphically and in the percentages for all the models. The parameters are estimated on 300 samples of a vowel 'a' and the corresponding glottal signal, pronounced by a female speaker, during normal phonation. The sampling frequency is 10 kHz. The training set length captures about 5 glottal cycles (not quite). For the evaluation of the algorithms, the MATLAB functions are applied. The hyperbolic tangent (tanh) function is the activation function for all neurons, because it is the rational function of exponential, i.e. the first and second derivatives of tanh always exist (Wall, 1948.). Since the output of tanh was limited to approximately [-1, 1] for all inputs within [-1, 1], speech and glottal signals were also normalized to the same limits.

The model orders were as follows:

AR:  $n_a=25$

ARX:  $n_a=14, n_b=4$

ARMAX:  $n_a=14, n_b=4, n_c=1$

WLS:  $n_a=25, \alpha=0,95$ .

where  $n_a$  corresponds to the speech,  $n_b$  to the glottal signal,  $n_c$  to the output error, and  $\alpha$  to the initial weight. The FNN with one hidden layer is trained using a training set that consists of 14 samples of speech and 4 samples of the glottal signal for the prediction of one speech sample. A hidden layer contains three neurons and the output layer a single neuron, i.e. the network structure is 18-3-1. Prior to the training, the weights were initialized to small random numbers. The LM training is used to progressively reduce the total network training error.

Fig. 2 shows the training sets of a vowel 'a' and the egg signal as well as the corresponding training errors for the WLS ( $u_{hatt}$ ), FNN ( $e_{NNAR-MAX}$ ), AR ( $e_{AR}$ ), ARX ( $e_{ARX}$ ) and ARMAX ( $e_{ARMAX}$ ) models, respectively.

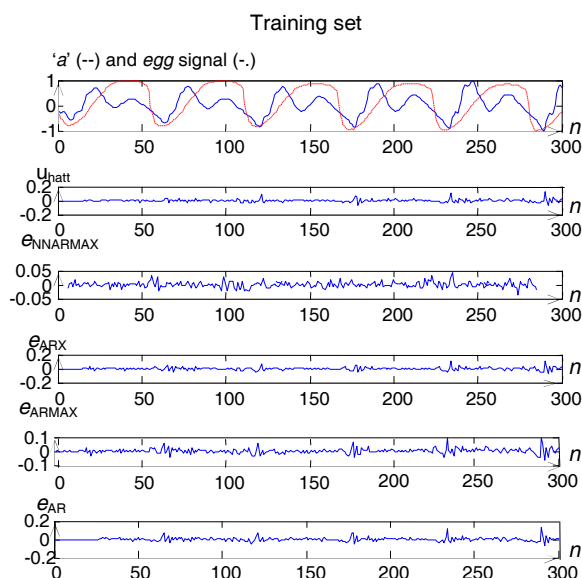


Figure 2 – Vowel 'a' and the glottal  $e_{gg}$  signal (1),  $u_{hatt}$  (2),  $e_{NNARMAX}$  (3),  $e_{ARX}$  (4),  $e_{ARMAX}$  (5) and  $e_{AR}$  (6) – training set

Slika 2 – Vokal 'a' i glottalni  $e_{gg}$  signal (1),  $u_{hatt}$  (2),  $e_{NNARMAX}$  (3),  $e_{ARX}$  (4),  $e_{ARMAX}$  (5) i  $e_{AR}$  (6) – obučavajući skup

The speech and glottal signal sets contain 600 samples. The sets are divided into two equal parts. The training set (300 samples) is composed of the first 300 samples while the test set consists of the following 300 samples.

For all models, the errors indicate the opening and closing of the vocal cords. As expected, the training of the FNN gives the lowest error value. The input/output mapping function shows that the model does find the minimum training error. Also, the  $e_{ARMAX}$  shows a large impact of the glottal signal on the model evaluation, which is not the case for the  $e_{AR}$ ,  $e_{ARX}$  and  $u_{hatt}$ . As expected, the error of the FNN model is the lowest in comparison to other errors.

After training, the models are tested. The results, which are presented in Fig. 3, show that all the test errors are higher than the corresponding training errors. The  $u_{hatt}$  is about four times higher, the  $e_{ARMAX}$  increase is about three times, and the  $e_{AR}$  and the  $e_{ARX}$  are doubled. The FNN shows the increase of the error a little less than four times; however, this value is also significantly lower than the values of the test errors of other models.

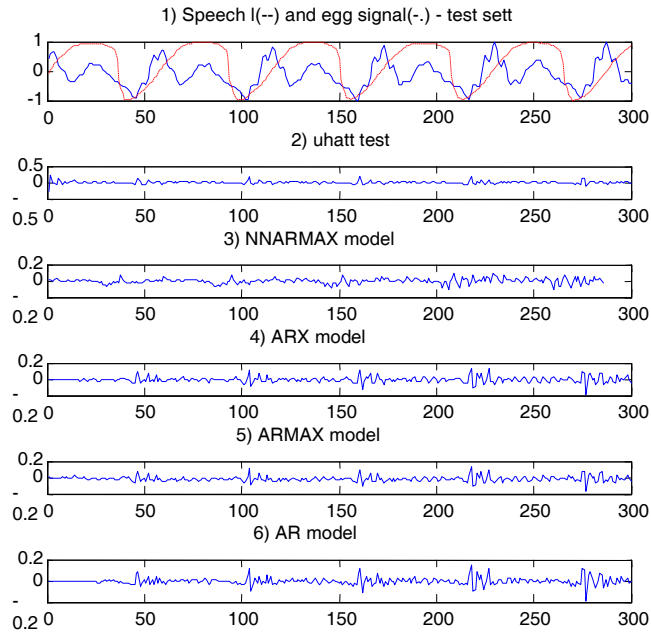


Figure 3 – Vowel 'a' and the glottal  $e_{gg}$  signal (1),  $u_{hatt}$  (2),  $e_{NNARMAX}$  (3),  $e_{ARX}$  (4),  $e_{ARMAX}$  (5) and  $e_{AR}$  (6) - test set  
 Slika 3 – Vokal 'a' i glotalni  $e_{gg}$  signal (1),  $u_{hatt}$  (2),  $e_{NNARMAX}$  (3),  $e_{ARX}$  (4),  $e_{ARMAX}$  (5) i  $e_{AR}$  (6) - test skup

Table 1 summarizes the results of the minimum and maximum training and the test errors for the given models.

Table 1

Minimum and maximum errors for the training and the test sets  
 Tabela 1 Minimalne i maksimalne greške za obučavajući i test skup

Error	Training set		Test set	
	min	max	min	max
$u_{hatt}$	-0,0646	0,1285	-0,2646	0,2305
$e_{ARMAX}$	-0,0614	0,0996	-0,1777	0,1213
$e_{AR}$	-0,0737	0,1251	-0,1956	0,1411
$e_{ARX}$	-0,0738	0,1084	-0,1893	0,1308
$e_{NNARMAX}$	-0,0366	0,0440	-0,1161	0,0927



Results indicate the following:

Training error of the AR model ( $n_a=25$ ), having twice of the required parameters than common AR models ( $n_a=10-16$ ), is similar to the one of the ARX model ( $n_a=14, n_b=4$ ).

$u_{\text{hatt}}$  and  $e_{\text{ARMAX}}$  ( $n_a=14, n_b=4, n_c=1$ ) are smaller than the errors of AR and ARX models, which shows the impact of the weights on the LS modelling, as well as the impact of the glottal signal and the output error on the prediction of speech.

Training error of three-layer FNN that has 18 inputs (14 inputs for speech and four inputs for glottal signal samples) provides almost half the training error than other models.

Test errors are 3-4 times higher than the training errors for each model, which is particularly noticeable for  $u_{\text{hatt}}$ .

Minima and maxima of the test errors for AR, ARX and ARMAX models differ in  $\sim 1\%$ .

The results show that the WLS model has the greatest volatility in testing; the  $u_{\text{hatt}}$  is approximately two times higher than the errors of other linear models.

After testing, the FNN does not show changes in characteristics, although the test error is slightly higher.

## Conclusion

This paper presents the impact of the glottal signal on the prediction of speech, which is based on linear and nonlinear models. AR, ARX, ARMAX models, the WLS algorithm and the FNN are used for the prediction. The training of the models is performed on a vowel 'a', pronounced by a female speaker, during normal phonation.

For the training, the BPA is used for fitting the model parameters. The parameter change is carried out by propagation along the negative of the gradient to find a minimum of the error function. The LM algorithm, which is used to speed up and ease calculation of the Hessian matrix, showed significant advantage over the GD algorithm. The LM combines the minimization along the negative direction of the gradient and the Newton method based on a quadratic model to speed up the process of finding the minimum of a function.

A comparative analysis of the training and the test errors shows that the high-order AR model as well as the WLS algorithm give higher errors if compared with ARX and ARMAX models for which the glottal signal influence prediction. The training errors show that the impact of the glottal signal is higher in the phase of the open glottis than in the phase of the closed glottis. The LP models also show robustness. The results indicate that the high-order AR model can be an adequate substitute for the ARX model if the glottal signal is not available for the prediction. The

WLS model improves prediction by including the weight parameter, while the ARMAX model shows significant reducing of the training errors, because of the glottal signal and the output error, which were used for training. The results also show the minimum error of the FNN model. The FNN with one hidden layer and tanh activation functions for all neurons showed that its input-output mapping gives the model that predicts the speech signal much more precisely than linear models.

According to the results, if the glottal signal is available for model training, the FNN should be used whenever possible, due to the precision of estimates, although the sensitivity of the model is increased and training time takes longer. However, if this is not the case, the high-order AR model can be a replacement for ARX and ARMAX models. The results of the WLS training show that, although the training gives satisfying results, the testing shows higher errors, so models based on WLS should not be used for this purpose.

### References

- Akaike, H., 1969, *Fitting Autoregressive Models for Prediction*, Ann. Ins. Stat. Mat.
- Arsenijević, D., 2001, *Analiza neuronskih modela vokala srpskog jezika*, Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, Beograd.
- Arsenijević, D., Milosavljević, M., 2000, O jednoj meri rastojanja govornih signala zasnovanoj na neuronskim modelima, *Zbornik radova DOGS*, Novi Sad.
- Azimi-Sadjadi, M.R., Liou, R., 1992, Fast Learning Process of Multilayer Neural Networks Using Recursive Least Squares Method, *IEEE Transaction on Signal Processing*, Vol. 40, No. 2, pp.446-450.
- Burrows, T.L., 1996, *Speech Processing with Linear and Neural Network Models*, PhD Thesis, Queens' College, Cambridge University, England.
- Campi, M.C., 1994, Exponentially Weighted Least Squares Identification of Time-Varying Systems with White Disturbances, *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 42, No. 11, pp.2906-2914.
- Childers, D.G., Principe, J.C. Thing, Z.T., 1995, Adaptive WRLS\_VFF for Speech Analysis, *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, pp.209-213.
- Degottex, G., 2010, *Glottal source and vocal-tract separation. Estimation of glottal parameters, voice transformation and synthesis using glottal model*. PhD thesis, Université Paris, France.
- De Oliveira Dias, S., 2012, *Estimation of the glottal pulse from speech or singing voice*, Master's Thesis, School of Engineering of University of Porto.
- Fahlman, S.E., 1988, Fast-learning variation on back propagation: An empirical study, pp.38-51., *Proceedings of the 188 Connectionist Model Summer Schools*, San Mateo, Pittsburgh, USA.
- Fant, G. 1960, *Acoustic Theory of Speech Production*. Mouton, The Hague
- Guo, L., 1996, Self-Convergence of Weighted Least-Squares with Applications to the Stochastic Adaptive Control, *IEEE Transaction on Automatic Control*, Vol. 41, No. 1, pp. 79-89.
- Gutierrez-Osuna, R., 2011, *Introduction to speech processing*, CSE@TAMU, Available at: <http://research.cs.tamu.edu/prism/lectures/sp/l8.pdf>
- Hansen, L.K., Rasmusen, C.E., 1994, Pruning from adaptive regularization, *Neural Computation* vol. 6, no. 6, pp.1223-1232.

- Hassibi, B., Stork, D.G., 1993, Second order derivatives for network pruning: optimal brain surgeon. In S.J. Hanson, J.D. Cowan, C.L. Giles (Eds.) *Advances in Neural Information Processing Systems*, Volume 5, pp.164-171.
- Haykin, S., 1994, *Neural networks: A comprehensive foundation*, New York: Macmillan.
- Jing, X., 2012, Robust adaptive learning of feed forward neural networks via LMI optimizations, *Neural Networks* 31, pp.33-45.
- Kashyap, R.L., 1980, Inconsistency of the AIC Rule for Estimating the Order of AR Models, *IEEE Transaction on Automatic Control*. AC-25, pp.996-998.
- Klatt, D., Klatt, L., 1990, Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *Journal of Acoustical Society of America* 87, pp.820-257.
- Kovačević, B., Milosavljević, M., Veinović, M., Marković, M., 2000, *Robusna digitalna obrada govornog signala*. Akademska misao, Beograd.
- Larsen, J., 1993, *Design of Neural Networks*, Ph.D. Thesis, Electronic Institute, DTH, Lyngby.
- Ljung, L., 1987, *System Identification: Theory for the User*, Prentice Hall Inc.
- Ljung, L., Soderstrom, T., 1983, *Theory and Practice of Recursive Identification*, Cambridge MA: MIT Press, p.36.
- Le Cun, Y., Denker, J.S., Solla, S.A., 1989, Optimal Brain Damage, *Advances in Neural Information Processing Systems* 2, pp.598-605.
- Levenberg, K., 1944, A Method for the Solution of Certain Problems in Least Squares, *Quart. Appl. Math.* Vol. 2, pp.164-168.
- Marquardt, D., 1963, An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters, *SLAMJ. Appl. Math.* Vol. 11., pp.431-441.
- Milićević, M.R., Župac, Ž.G., 2012, Objektivni pristup određivanju težina krierijuma, *Vojnotehnički glasnik/Military technical courier*, Vol. 60, No. 1, pp.39-56.
- Narendra, K.S., Parthasarathy, K., 1990, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1, p.4.
- Pamučar, S.D., Đorović, D.B., 2012, Optimizing models for production and inventory control using genetic algorithm, *Vojnotehnički glasnik/Military technical courier*, Vol. 60, No. 1, pp.14-38.
- Riecke, L., Esposito, F., Bonte, M., Formisano, E., 2009, Hearing illusory sound in noise: the timing of sensory-perceptual transformations in auditory cortex, *Neuron* 64, pp.550-561.
- Sainath, T.N., Kingsbury, B., Ramabhadran, B., Fousek, P. Novak, P., Mohamed, A., 2011, Making deep belief networks effective for large vocabulary continuous speech recognition, In *Automatic Speech Recognition and Understanding*, pp.30-35., 2010 *IEEE Workshop*, 11-15 December 2011, Waikoloa, HI.
- Shahin, A.J., Pitt, M.A., 2012, Alpha activity making world boundaries mediates speech segmentation, *European Journal of Neuroscience*, 36, pp.3740-3748.
- Silva, L., Marques de Sa, J., Alexandre, L.A., 2008, Data classification with multilayer perceptrons using a generalized error function, *Neural Networks* 21, pp.1302-1310.
- Svarer, C., 1995, *Neural networks for signal processing*, Technical University of Denmark.
- Wall, H.S., 1948, *Analytic Theory of Continued Fractions*, New York: Chelsea
- Wu, W., Wang, J., Cheng, M., Li, Z., 2011, Convergence analysis of online gradient method for BP neural networks, *Neural Networks* 24, pp.91-98.

## ВЛИЯНИЕ ГЛОТТАЛЬНОГО СИГНАЛА НА ПРЕДИКЦИЮ РЕЧИ

ОБЛАСТЬ: телекоммуникация

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

*Краткое содержание:*

*В настоящей работе рассматриваются несколько линейных и нелинейных способов распознавания речи, основанных на моделях: AR, ARX, ARMAX, и алгоритмах WLS и ФНН. В работе подробно представлено влияние глоттального сигнала. Аппроксимации ГД, БПА и ЛМ, применяемые при обучении и оптимизации. Проведен сравнительный экспериментальный анализ пяти исследуемых моделей, основанных на предикции речевого сигнала. В работе приведены результаты обучения и тестирования, полученные на материале допущенных ошибок, при обучении применяемых моделей.*

Ключевые слова: *линейные модели, предикция, глоттальный сигнал, нейронная сеть, речь.*

## UTICAJ GLOTALNOG SIGNALA NA PREDIKCIJU GOVORA

OBLAST: telekomunikacije

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

JEZIK ČLANKA: engleski

*Rezime:*

*U radu je prikazano nekoliko linearnih i nelinearnih tehnika za obradu govora, koje su zasnovane na AR, ARX, ARMAX modelima, WLS algoritmu i FNN. Detaljno je opisan uticaj glotalnog signala. GD, BPA i LM aproksimacija korišćene su za obučavanje i optimizaciju. Izvedena je komparativna, eksperimentalna analiza pet razmatranih modela koja je zasnovana na predikciji govornog signala. Rezultati obučavanja i testiranja predstavljani su pomoću grešaka dobijenih u fazi učenja i treninga za svaki od modela.*

## Uvod

*Kad nastaje govor, vazduh iz pluća, preko trahee, ulazi u grlo i pobuđuje glasne žice, koje menjaju njegov protok, pa novonastali signal prolazi kroz glotalni i vokalni trakt, gde oblik usne i nosne šupljine, jezika i zuba formira signal govora. Ukoliko su glasne žice razdvojene, vazduh prolazi između njih i nastaje šumolik signal male snage, a ukoliko su sastavljene, potisak iz pluća ih tera da kvaziperiodično vibriraju formirajući snažan signal, tj. vokal.*

Najpoznatija tehnika za obradu govora je linearna predikcija (LP), koja koristi source-filter sistem za modelovanje sistema, koji podrazumeva da je pobuda locirana na glotisu, dok se linearan filter koristi za modelovanje frekvencijskih karakteristika vokalnog trakta. Takođe, koriste se AR, ARX i ARMAX modeli, čiji se parametri procenjuju na osnovu odbiraka govora (AR), glotalnog signala (X) i uticaja greške (MA). Iako se uglavnom podrazumeva da su podaci odziva takvi da imaju istu varijansu, ukoliko ova pretpostavka nije tačna koristi se weighted Least Squares (WLS) tehnika, kojom se procenjena greška koriguje težinskim faktorima.

Kada je narušena ulazno-izlazna dinamika sistema, odnosno kada sistem sadrži nelinearne komponente, koriste se nelinearni modeli kao što je višeslojni perceptron (MLP), koji omogućuju modelovanje po proceduri obučavanja koja je zasnovana na podešavanju sinaptičkih težina koje su organizovane po slojevima i međusobno povezane. MLP je Feed-Forward neuronska mreža (FNN), što znači da se mapiranje izvodi u smeru od ulaza ka izlazu. Parametri mreže podešavaju se propagacijom greške unazad (BPA) po principu pada gradijenta (GD). Za ubrzavanje ove procedure koristi se Levenberg-Marquardt (LM) koji omogućuje smanjenje broja operacija u podešavanju parametara mreže, direktnom procenom Hessianove matrice. Trening i test greške za sve modele korišćene su radi poređenja dobijenih rezultata.

#### Linearni i nelinearni parametarski modeli

Analiza i sinteza govornog signala često se izvode zajedno. Analitičkim procesom utvrđuju se karakteristike izvora signala, glotisa i vokalnog trakta. Sintezom se dobijaju signali koji mogu koristiti za prepoznavanje govora ili govornika, simulaciju ili otklanjanje pratećih, neželjenih efekata na sintetizovani signal. Analiza signala podrazumeva ili analizu fonetskih karakteristika ili analizu izgovorenog sadržaja, ali je nivo greške procene visok, a metodologija procene podrazumeva širok spektar modela sa velikim stepenom slobode. Kod analize signala uvek postoji problem nepoznavanja izvora pobudnog signala, glotalnog talasa i prenosne funkcije vokalnog trakta. Kod sinteze signala pobudni signal na ulazu u filter za sintezu može se podeliti na generator impulsa i generator šuma ili se može koristiti pobudni signal dobijen LPC analizom govornog signala. Ova tehnika koristi se da bi bio obezbeđen visok kvalitet govora, uz pretpostavku da je odbirak govornog signala linearna kombinacija uzastopnih, prethodnih odbiraka. Formira se linearna kombinacija n prethodnih odbiraka, a optimizacija se vrši minimizacijom greške predikcije. Dobar LP model može biti jednostavan, a davati zadovoljavajuće rezultate i na taj način imati prednost nad složenim, nelinearnim modelima. Najčešće korišćen LP model kod predikcije govornog signala je AR model. Ukoliko je u procesuiranju govornog signala dostupan i glotalni signal, moguće je formirati ARX, a generalizacija ovog modela uključuje i propagaciju greške, pa se primenjuje ARMAX model.

Pored klasičnog LS modela koristi se *Weighted Least Squares (WLS)* algoritam kod kojeg težinski faktori utiču na poboljšanje greške predikcije. Na ovaj način, težinama se koriguje varijansa greške, čime se poboljšava procena parametara modela. WLS je efikasan metod koji je dobro koristiti na malom skupu podataka. U radu, WLS algoritam rešava probleme konvergencije i uniformnosti.

U radu je opisana neinvanzivna metoda za snimanje signala sa glotisa koja je poznata pod nazivom *elektroglotografija (EGG)*. Osnova metode je ispitivanje vibracija glasnih žica, merenjem impendanse kroz vrat ispitanika. Elektrode se stavljaju spolja, na larings. Kada su glasne žice zatvorene struja iz elektroda može da prolazi kroz njih i impendansa je mala, dok je kod otvorenih glasnih žica impendansa viša. Promena impendanse ukazuje na promenu karakteristike glotisa.

Direktna opsetvacija ponašanja glotisa je teška, što je uticalo na pojavu različitih računarskih procedura koje estimiraju glotalnu pobudu na osnovu izmerenog govornog signala. Jedan od najpoznatijih modela – Štrubeov model prikazan je u tekstu. Međutim, u proceni navedenih modela, glotalni signal je bio dostupan, pa je ova relacija navedena zbog primera. U radu je glotalni signal koršćen kao  $X$  deo kod procenjenig ARX i ARMAX modela, kao i za obučavanje FNN.

Nelinearni sistemi mogu se modelovati dinamičkom, nelinearnom, parametarskom prenosnom funkcijom. Po literaturi, FNN sa jednim skrivenim slojem i sigmoidalnim prenosnim funkcijama može generisati rešenja kompleksnih problema kao što su klasifikacija, prepoznavanje oblika i slično, ukoliko je izbor težina, dimenzija i pravila obučavanja adekvatan. Problem kod obučavanja neuronske mreže može se posmatrati kao optimizaciona funkcija, pri kojoj težine moraju da budu diferencijabilne. Greška se računa za svaku težinu i sve slojeve ponaosob, a zatim se njihove vrednosti menjaju propagacijom unazad. Za minimizaciju greške predikcije koristi se LM algoritam. U osnovi, LM algoritam je numeričko rešenje problema nelinearne funkcije, po vektoru parametara. Algoritam koristi dumping faktor kojim se LM približava Gauss-Newtonovom (GN) algoritmu za veliki korak greške, odnosno GD za manje vrednosti greške. Vrednost Hessianove matrice računa se iterativno, kao i vrednost inverzne Hessianove matrice.

Podešavanje parametara izvodi se u pet koraka: propagacija ulaznog signala ka izlazu, generisanje izlaznog signala na osnovu strukture mreže, proračun težinskih matrica, određivanje stanja za svaki čvor ponaosob i podešavanje vektora težina unazad. Nakon što je UI mapiranje mreže završeno, može se koristit pruning, tehnika kojom se odbacuje višak parametara modela.

#### Rezultati

U eksperimentima je za obučavanje AR, ARX i ARMAX modela, WLS i FNN korišćeno 600 odbiraka ženskog fonema 'a'. Broj parametara primenjenih modela bio je: AR ( $n_a=25$ ), ARX ( $n_a=14$ ,  $n_b=4$ ), ARMAX

( $n_a=14$ ,  $n_b=4$ ,  $n_c=1$ ). Visoki red AR modela primenjen je da se proveri da li ima potrebe za uvođenjem glotalnog signala kod linearnog modelovanja. Kod nelinearnih modela korišćeni su isti redovi modela kao i za linearne modele, a broj ulaznih podataka odgovarao je broju ulaza u linearne modele. Prikazane su greške obučavanja i testiranja, koje ukazuju na činjenicu da slične rezultate daju AR i ARX modeli, WLS i ARMAX modeli, dok je greška na FNN znatno manja od ostalih grešaka, što je posebno primetno kod test skupa.

### Zaključak

Rad predstavlja uticaj glotalnog signala na predikciju govora koja je bazirana na linearnim i nelinearnim modelima. AR, ARX i ARMAX modeli, WLS algoritam i FNN korišćeni su u predikciji. Modeli su obučavani na vokalu 'a' koji je izgovorila žena tokom normalne fonacije. Za obučavanje BPA je korišćen za podešavanje parametara modela. Promena parametara izvedena je propagacijom po pravcu negativnog gradijenta, za minimizaciju funkcije greške. LM algoritam, koji je korišćen da ubrza i olakša izračunavanje Hessianove matrice, pokazao je značajne prednosti nad GD algoritmom. LM kombinuje minimizaciju po pravcu negativnog gradijenta i Njutnov metod.

Komparativna analiza koja je zasnovana na trening i test greškama pokazuje da AR model sa velikim brojem parametara i WLS algoritam, koji su bazirani isključivo na govoru, daju veću grešku ukoliko se uporede sa ARX i ARMAX modelima, kod kojih glotalni signal utiče na predikciju. Trening greške pokazuje da je uticaj glotalnog signala veći u fazi otvorenog glotisa. ARX modeli i WLS poboljšavaju predikciju i znatno redukuju grešku. Rezultati, takođe, ukazuju na veću tačnost, odnosno minimum greške za FNN. FNN sa jednim skrivenim slojem i tanh aktivacionim funkcijama svih neurona pokazuje da njeno ulazno-izlazno preslikavanje može preciznije da prediktuje govorni signal od svih drugih modela.

Na osnovu svega što je ranije izneseno, može se zaključiti da, ukoliko je glotalni signal dostupan, FNN treba koristiti kad god je to moguće, zbog preciznosti procena, iako je osetljivost modela povećana, a vreme obučavanja traje duže. Ipak, ukoliko to nije slučaj, AR modeli visokog reda mogu biti zamena za ARX ili ARMAX modele. Obučavanje WLS pokazuje malu trening grešku. Međutim, kod testiranja greška izuzetno raste, pa modele zasnovane na WLS ne bi trebalo koristiti u ove svrhe.

Ključne reči: linearni modeli, predikcija, glotalni signal, feed-forward neuronska mreža, govor.

---

Datum prijema članka/Paper received on: 25. 06. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 15. 08. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/Paper accepted for publishing on: 17. 08. 2014.



# INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PLASMA SPRAY SEALING COATINGS ON THE EFFECT OF SEALING THE TV2 - 117A TURBOJET ENGINE COMPRESSOR

Mihailo R. Mrdak

Research and Development Center IMTEL,  
Communications a.d., Belgrade,  
e-mail: dmrdakmihailo@gmail.com.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-6249

FIELD: Chemical Technology

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

## Summary:

*This research shows the effect of the application of soft seals deposited by the atmospheric plasma spraying - APS process on the parts of the TV2-117A turbojet engine compressor. Western plasma spray technology and materials were applied for the first time on the parts of the compressor. The aim was to replace the existing sealant with a new class of materials in order to increase the sealing effect and provide air flow under the highest pressure through the compressor. Soft seals are formed as duplex systems consisting of the bonding underlayer based on NiCrAl and NiAl coatings and top sealing layer coatings based on Ni - 15% graphite, Ni - 25% graphite and AlSi - polyester. This paper presents the parameters for depositing the coatings on the compressor parts as well as the mechanical and microstructural characteristics of the coatings produced with the optimal deposition parameters. The mechanical properties of the coatings were assessed by testing the microhardness of the bonding layers using the HV<sub>0.3</sub> method and the macrohardness of the sealing layers using the HR15W method. The tensile bond strength of the duplex coatings system was investigated by tensile testing. The microstructures of the coating layers were evaluated on an optical microscope - OM. The analysis of the microstructure of the deposited layers was performed in accordance with the Pratt & Whitney and TURBOMECA standards. Coating wear was determined from the change in the dimensions of the sealing surfaces before and after testing. The dimensions were measured in the coordinate measuring machine MAUSER ML 28. This paper presents the mean value of wear in millimeters and compares it with the values of the allowed tolerance in the compressor machined parts. The sealing effect of the compressor parts was tested on a TV2-117A engine at a test station and by flight tests on*

*an Mi-8 (HT-40) helicopter. The tests have shown that the new system of sealing coatings increases the degree of efficiency of the compressor by 10% while reducing fuel consumption by 8%.*

Key words: *Seals, Layers, Engines, Deposits, Compressors, Coatings.*

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

Development of new generations of turbo-jet engines and a request for a higher reliability of operation and a wider choice of component resources in exploitation resulted in a wider application of plasma spray coatings. Various quality types of powders have been developed for aircraft components such as low and high pressure compressor components, gas turbine components and landing gear components (Mrdak, 2012b, pp.71-89), (Mrdak, 2013a, pp.69-88), (Vencl, et al., 2011, pp.1281-1288), (Mrdak, et al., 2013, pp.559-567), (Mrdak, 2014a, pp.7-22), (Mrdak, 2014b, pp.7-26). Low and high pressure compressor components of turbojet engines are coated with soft abrasive erosion-resistant coatings which cause low energy conditions of friction. During exploitation, coatings wear instead of causing blade or seam labyrinth wear. These coatings are suitable for eccentric assemblies and they compensate for the changes in machining-induced tolerances. With clearance adjustment to the lowest value, coatings improve engine performances. The precision in machining tolerance is also reflected on a significant reduction of the damage to the blades and on fuel consumption. The most commonly used abrasive coatings are: nickel - graphite, aluminum - silicon - polyester, nickel - chromium - iron and aluminum - boron nitride. The quality and resource of abrasive coatings depend on the deposition parameters (Mrdak, 2012b, pp.71-89), (Mrdak, 2013a, pp.69-88). The sealing coating systems are designed in such a way that the rotor non-axiality and the dimension changes due to temperature change are taken into account and that they wear and tear without damage to the blade tops maintaining a constant clearance (Tosnar, 1988, pp.257-262). The blade tops at high speeds must act as an effective cutting tool in order not to damage the seal or the blades. The characteristics which a material should have are good resistance to erosion from foreign particles and a good possibility of wear without damaging the blades as well as the ability to sustain working temperatures without the degradation of mechanical properties (Naser, 1988, pp.75-84). With wearable sealing systems, there is a need for the balance between material wear due to heat, final surface treatment, erosion resistance and resistance to wear. Plasma spray powder deposition parameters enable a con-

control of the given key characteristics. The plasma spray deposition process enables the control of coating porosity, density and thickness in order to obtain sealing layers with the required characteristics (Tosnar, 1988, pp.257-262). Soft sealing coatings are formed as duplex systems with plasma spray technology. For the production of the bonding layer, NiAl, NiCrAl and NiCrAlY powders are often used (Mrdak, 2010, pp.5-16), (Mrdak, 2013b, pp.7-22), (Mrdak, 2012a, pp.182-201). The thickness of the bonding layer ranges from 0.005 to 0.15 mm and must correspond to the substrate material and the top sealing layer. The role of the bonding layer is to provide good adhesion to the substrate and good bonding with the sealing layer. The powders for soft sealing coatings contain metallic components which provide toughness to the coating as well as non-metallic components which are consumed in the process of exploitation, such as graphite, polyester and others. For the production of seals for the temperatures up to 480°C, Ni-graphite powder is used due to its high resistance to oxidation, wear and sudden changes in temperature. For lower temperatures, up to 345°C, coatings based on AlSi alloy and polyester mixtures are applied. Thus formed soft sealings provide effective sealing with minimal clearance during engine operation and they reduce the loss of pressure in compressors and turbine sections. World wide research in this field has instigated the use of new materials and plasma spray technology in the process of repair of the TV2-117A turbojet engine compressor, produced in Russia. In order to achieve the set goals, the gaps between the components in the compressor must be minimal (Demasi, 1994, pp.1-9). Very good sealing reduces gas loss caused by leakage. Also, seals should provide the thermal insulation of the housing, and reduce the influence of the gas temperature in the casing (Novinski, 1991, pp.451-454), (Yi, 1999, pp.47-53). For that purpose, coatings consisting of a metallic phase and non-metallic phase for self-lubricating with high porosity are used (Oka, 1990, pp.58-67). The most important properties of sealing coatings are high resistance to wear of scraping blades and resistance to gas erosion and foreign particles present in the gas (Novinski, 1990, pp.151-157), (Yi, 1997, pp.99-102).

The aim of the study was to use the plasma spray technology and new materials in order to examine the effect of sealing the TV2 - 117A turbojet engine compressor and to replace the existing sealants during the engine overhaul. New generations of materials applied to seal parts of the engine compressor should provide a higher degree of compressor efficiency with lower fuel consumption. The requirements to be met by such materials are to provide air flow at  $T = 100 - 125^{\circ}\text{C}$  under the highest pressure through the compressor. The expected effects have been confirmed by 42-hour engine tests on the test station and by flight tests of an Mi-8 (HT-40) helicopter.

## Materials and experimental details

Five different powders of the Sulzer Metco company were used: Metco 443NS, Metco 450NS, Metco 307NS-1, Metco 308NS-1 and Metco 601NS. Bonding coating layers were manufactured from Metco 443NS and Metco 450NS composite powders. Their role is to ensure good bonding of the top sealing layers with the compressor parts and to protect the compressor parts from the external influence of gases. Particles of Metco 443NS (NiCr/Al) and Metco 450NS (Ni/Al) composite powders are made by the dry spray technique. The NiCr/Al powder consists of 94% NiCr (75%Ni, 19%Cr) and 6%Al. The powder had a granulation range of  $-120 + 45\mu\text{m}$  (Metco 443NS Nickel-Chromium / Aluminum Composite Powder, 2000, Technical Bulletin 10-130, Sulzer Metco). Composite powder particles of Ni/Al consist of 95.5% Ni and 4.5% Al. The powder had a granulation range of  $-88 + 45\mu\text{m}$  (Metco 450NS Nickel / Aluminum Composite Powder, 2000, Technical Bulletin 10-136, Sulzer Metco). For soft sealing coatings intended for operation up to  $480^\circ\text{C}$ , Metco 307NS-1 (Ni/25% graphite) and Metco 308NS-1 (Ni/15% graphite) composite powders were used (Metco 307NS – 1, Metco 308NS – 1 Nickel Graphite Powder, 2000, Technical Bulletin 10-115, Sulzer Metco). Powders are manufactured by cladding graphite particles with Ni particles by the dry spray method. The powders had a range granulation of  $90 + 30\mu\text{m}$  (Metco 307NS – 1, Metco 308NS – 1 Nickel Graphite Powder, 2000, Technical Bulletin 10-115, Sulzer Metco). To produce a soft sealing designed for operations up to  $345^\circ\text{C}$ , a mechanical mixture of powders AlSi12 and polyester was used. The powder consists of 60% of the Al-Si12 alloy and 40% of polyester. The powder had a granulation particles of a range of  $-106 + 10\mu\text{m}$  (Metco 601NS Aluminum – Polyester Powder, 2000, Technical Bulletin 10-141, Sulzer Metco). The substrate material of the samples on which the layers of the sealing coating system were deposited was made of stainless steel X15Cr13 (EN 1.4024) in the thermally unprocessed state. The testing of the mechanical properties of the coating layers was done in accordance with the Pratt & Whitney standard (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA) and TURBOMECA standard (Turbojet engine-standard practices manual, TURBOMECA). For hardness testing and the evaluation of the microstructure of sealing coatings in the deposited state, Č.4171 (X15Cr13 EN10027) steel samples were made, with the dimensions  $70 \times 20 \times 1.5\text{mm}$ . The microhardness of the NiAl and NiCrAl coating bond was tested using the  $\text{HV}_{0.3}$  method and the macrohardness of Ni-15% graphite, Ni-25% graphite and AlSi12 polyester sealing coatings was tested using the HR15y method with a Rockwell steel ball of 12.7 mm in diameter and a load of 15 kg. The macrohardness of the coatings was measured along the layers. Out of five performed readings of the hardness values of the layers in

the middle and at the ends of the samples, two extreme values were rejected. The three remaining values are shown in their minimum and maximum values. The samples for testing bond strength were made of the same steel with the dimensions of Ø25x50 mm. Tensile tests were carried out at room temperature on the hydraulic equipment at a rate of 10 mm/min. For each compression part, a relevant groups of samples, three specimens for each part, were made. The samples were rotated together with the compressor parts at a certain rotational speed in order to obtain the same conditions of depositing sealing coatings. The results obtained were averaged and the bond strength mean values are shown in the paper.

The microstructure of the deposited layers was examined on an optical microscope - OM. The analysis of the share of micro pores in the coating was performed by treating 5 photos at 200X magnification. The paper presents the mean values of the share of micro pores in the coating. Table 1 contains the names of the TV2-117A turbojet engine compressor parts, types of material the parts were made of as well as the working conditions for the parts with deposited new systems of sealing coatings.

The compressor consists of focusing devices of IV – IX degrees, compressor front body, compressor working rings of V degree to X degree and the air labyrinth ring made of titanium alloy intended for military aviation industry. The titanium alloy has the Russian designation OST 1 90173-75 (VT-5) and the aluminum content of 4.3-6.2% Al.

*Table 1 – Parts of the TV2-117A turbo-jet engine compressor*  
*Tabela 1 – Delovi kompresora turbo-mlaznog motora TV2-117A*

No.	Name of parts	Material	Working conditions
1.	Compressor focusing devices of IV degree to IX degree	VT-5	Air t =100-125°C, P = 4 -7 bar
2.	Compressor front body	VT-5	Air t =100°C, P = 4 bar
3.	Compressor working rings of V degree to X degree	VT-5	Air t =100-125°C, P = 4 -7 bar
4.	Air labyrinth ring	VT-5	Air t =100-125°C P = 4 bar

The powder manufacturer, Sulcer Metko, prescribed that the powder should be deposited by its plasma spray systems labeled Metco 9M, 7M and 3M applying the prescribed deposition parameters. Therefore, the application of other plasma spray depositing systems requires that the depositing parameters must be tested and optimized. In previously published works (Mrdak, 2012b, pp.71-89), (Mrdak, 2013a, pp.69-88), the parameters for SG-100 and MINI - GUN II plasma guns of the Plasmadyne company were opti-

mised using fixed samples on special tools. To obtain identical microstructures and mechanical properties of the sealing coating system on the accompanying samples and on the cylindrical parts of the compressor, the deposition of powders was performed in specially made tools for the deposition on both the compressor parts and specimens. The deposition of powders was performed under the same conditions on the samples and the compressor parts with a particular rotational speed and the plasma gun rate.

In this experiment, the atmospheric plasma system of the Plazmadayn company and the plasma gun MINI - GUN II were used. Numerous samples were made and the paper presents the optimal parameters used for depositing coatings on the compressor parts and tested on the TV2-117A turbojet engine at the test station and on an Mi-8 (HT-40) helicopter intended for flight tests. The coatings were deposited on the roughened and preheated samples and compressor parts at a temperature of 90-120°C. Because of the geometry of the parts - the focusing devices of IV - IX degrees, the front of the compressor body, the compressor work rings of V - X degrees and the air ring labyrinth - the powder depositing was done with a specially constructed plasma gun MINI - GUN II, with the dimensions Ø25 X 600 mm. The plasma gun consisted of: A 2084 - F65 anode, K1083 - 129 cathode and GI2084 B - 103 gas injector. The deposition of all the coatings was performed with the power supply of 40KW. The bond layers of NiCrAl and NiAl coatings were deposited with an Ar-He mixture of plasma gases, while the sealing layers of the coatings with Ar were deposited without the secondary plasma gas of He.

Three types of systems of sealing coatings were made: NiCrAl/Ni - 15% graphite, NiCrAl/Ni - 25% graphite and NiAl/AlSi12 - polyester. In all parts, the thickness of the NiCrAl bond layers with a single pass of the plasma gun was 25µm. The thickness of the sealing Ni - 15% graphite and Ni - 25% graphite layers with a single pass of the plasma gun was 60µm. The thickness of the NiAl layer on the air labyrinth ring with a single pass of the plasma gun was 20 µm. The thickness of the sealing AlSi12 - polyester layer on the air ring with one pass of the plasma gun was 100 µm.

Table 2 shows the plasma spray parameters of the powders deposited with a MINI - GUN II plasma gun on the focusing devices of IV degree to IX degree. The thickness of the bond layers deposited with the NiCrAl powder was from 0.1 to 0.15 mm, and the thickness of the sealing coatings made of the powder of Ni-25% of graphite was 0.65 to 0.7 mm. The sealing coating thicknesses were increased by 0.3 mm for machining purposes.

At the front of the compressor body, the thickness of the bond layers with the deposited NiAl powder was from 0.1 to 0.15 mm, and the thickness of the top layer of the sealing coating made of the powder of Ni-15% of graphite was from 0.65 to 0.7 mm. The sealing coating thicknesses were increased by 0.3 mm for machining purposes.

Table 2 – Plasma spray parameters  
Tabela 2 – Plazma sprej parametri

Deposition parameters	NiCrAl	Ni -15% graphite	Ni -25% graphite	NiAl	AlSi12- polyester
Plasma current, (A)	800	700	700	800	700
Plasma Voltage, (V)	39	38	38	39	38
Primary plasma gas flow rate, Ar (l/min )	75	75	75	75	75
Secondary plasma gas flow rate, He (l/min)	50	--	--	50	--
Carrier gas flow rate, Ar (l/min )	7	9	9	7	6
Rotation of the powder disk, ( o/min )	2.5	3.2	3.2	2.5	4.5
Stand-off distance of the plasma gun, ( mm )	60	65	65	60	80
Circumferential speed of the part ( mm/s )	500	250	250	500	250
Plasma gun rate, ( mm/s )	3	3	3	3	3

On the compressor working rings of the V - X degrees, the bond layers of the NiCrAl coatings were deposited with a thickness of 0.15 to 0.2 mm. The thicknesses of the top sealing coatings deposited with powder Ni - 25% of graphite were thicknesses of 0.8 to 0.85 mm. Also, for machining purposes, the coating thicknesses of the sealing coatings were increased by 0.3 mm.

On the air labyrinth ring, the coating bond layer is made of NiAl powder with a thickness of 0.1 to 0.15 mm, and the top sealing layer of the coating is made of AlSi12-polyester powder with a thickness of 0.6 - 0.65 mm. The thickness of the sealing layer includes the additional 0.3 mm for machining purposes.

The machining of the Ni-15% graphite and Ni-25% graphite sealing coatings deposited on the compressor parts was performed using the method of coarse finishing of scuffing and fine finishing of scuffing with cutting tools - a knife with a WC plate. During the machining, no cooling of the machining surface was applied.. Table 3 shows the parameters of the machining of Ni-15% graphite and Ni-25% graphite coatings deposited on the compressor focusing device of IV – IX degrees, the compressor front body and the compressor working rings of V – X degrees.



Table 3 – Parameters of machining Ni - 15% graphite and 25% Ni graphite coatings  
 Tabela 3 – Parametri mašinske obrade Ni – 15% grafit i Ni -25 % grafit prevlaka

Methods	Depth of cut per pass mm	Number of revolutions o/min	Gait mm/o	roughness $\mu\text{m}$
Coarse finishing of scuffing	0.2 - 0.5	30 - 60	0.1	10-15
Fine finishing of scuffing	0.1 - 0.2	30 - 60	0.1	10-15

Table 4 shows the parameters of machining the AlSi12 - polyester coating deposited on the air labyrinth ring. The machining of the coating was done by combining coarse and fine grinding finishing. During machining, the treated surface was cooled.

Table 4 – Parameters of machining the AlSi12 - polyester coating  
 Tabela 4 – Parametri mašinske obrade AlSi12 - poliester prevlake

Methods	Cutting tools	Sign	Cutting speed m/min	Number of revolutions o/min	Step mm/o
Coarse finishing of scuffing	Knife with plate WC	WC $r = 0.5$	150	20-30	0.2
Fine finishing of scuffing	Diamond knife	WC $r = 0.5$	150	30	0.04

The investigation of the coating sealing effect on the parts of the compressor was done at a test station with the operating time of the TV2-117A turbojet engine of 42 hours and on an Mi-8 (HT-40) helicopter intended for testing.

The coating wear was determined based on the change in size of the sealing surfaces before and after the testing. The measurement of the dimensions was done on a MAUSER ML 28 coordinate measuring machine at eight measuring points around the perimeter of the cylindrical parts. This paper presents the mean wear value of sealing coatings in mm, compared with the values of the allowed tolerance of machine-processed parts of the compressor.

## Results and discussion

Figure 1 shows a part of the focusing device of IV to IX degrees of the TV2 - 117A turbojet engine compressor on which the system of NiCrAl / Ni-25% graphite sealing coatings was deposited. The figure shows the microstructures of the bond coating (a) and the top sealing coating (b). The layers of the NiCrAl bond coating are evenly deposited on the focusing device with good mechanical properties and structural characteristics. The red arrows mark the surfaces where the system of sealing coatings was deposited.

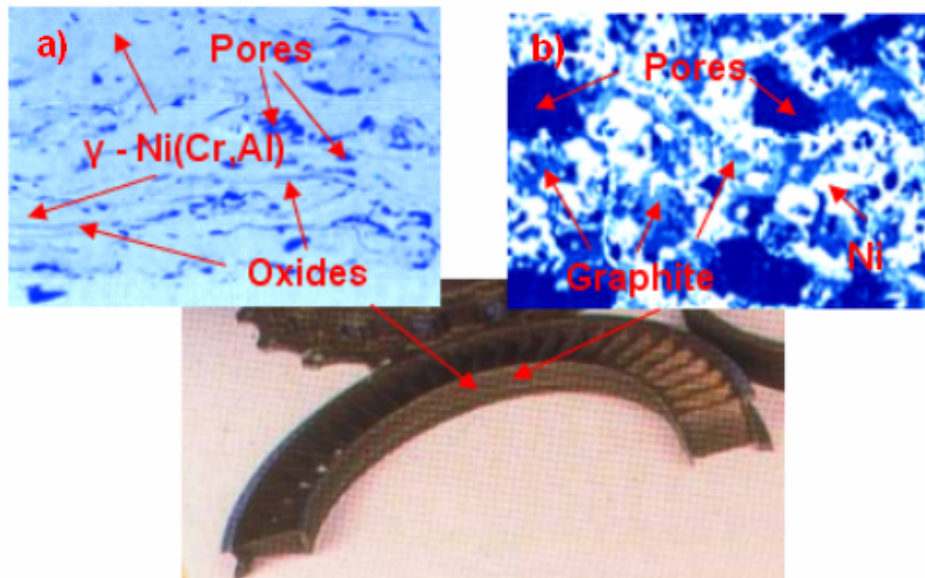


Figure 1 – Part of the focusing device of IV – IX degrees of the compressor and the microstructures of the system of the NiCrAl / Ni-25% graphite sealing coatings  
Slika 1 – Deo usmeravajućeg aparata od IV - IX stepena kompresora i mikrostrukture sistema zaptivne prevlake NiCrAl/ Ni-25%grafit

The NiCrAl bond coating had the microhardness values of 308-325 HV<sub>0.3</sub>. The values are above min.170HV<sub>0.3</sub> prescribed by the standard (Turbojet engine-standard practices Manuel, Turbomeca). The even microhardness values indicate an even distribution of oxides and pores in the deposited layers. The tensile bond strength of the system of NiCrAl/Ni - 25% graphite coatings had a value of 43 MPa and is above the minimum value of 32MPa prescribed by the standard (Turbojet engine-standard practices Manuel, Turbomeca). The character of the de-

struction of the coatings was the adhesion on the coating / substrate interface, which indicates the good cohesive strength of the coating lamellae. The analysis of the micrographs revealed that in the NiCrAl coating bond layers the proportion of micro pores was under 2%. The coating consists of the lamellae of the solid solution of chromium and aluminum in light blue  $\gamma$  - Ni (Cr, Al) nickel and inter-lamellar oxide phases of NiO, NiCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>3</sub> evenly distributed on the boundaries of the lamellae of the solid solution, dark blue in color and marked with red arrows (Brossard, et al., 2009, pp.1-9), (Mrdak, 2012, pp.5-16), (Mrdak, 2012a, pp.182-201). The oxides formed during the deposition of the powder which reacts with the oxygen from the air and with the oxygen incorporated into the plasma jet from the surrounding atmosphere. In the coating layers, there are also micro pores, dark blue, marked with red arrows. In the coating layers, unmelted particles and precipitates are not present. The Ni - 25% graphite sealing coating had the macrohardness values in the range of 78-83 HR15y. The hardness values were quite even, which indicates that the layers of the Ni - 25% graphite coating were continuously and uniformly deposited on the bond layers. This was confirmed by the metallographic examination of the coatings. At the cross section of Ni-25% graphite coating there are no unmelted particles, micro cracks networks or macro cracks, which is of essential importance for the good functionality of coatings in exploitation. The structure of Ni - 25% graphite coating is lamellar. Nickel, white, is uniformly deposited throughout the cross section, which gives good strength to the coating as well as toughness, and resistance to oxidation, corrosion and erosion. The graphite in light blue marked by red arrows is, as a solid lubricant and a means to control the porosity, uniformly distributed in the coating. It is surrounded and closed by a metal base of Ni, which is very important because it increases the resistance of graphite sealing coatings to thermal shocks. Between the Ni and graphite lamellae, there are micro pores in dark blue. The analysis of the micrographs have shown that the proportion of micro pores was 16% in the layers of Ni - 25% graphite sealing coating, which is in accordance with the standards and the regulations of the powder manufacturer.

Figure 2 shows the front body of the TV2 - 117 A turbojet engine compressor, consisting of two halves. The red arrows mark the places on the compressor body where the systems of NiAl/Ni-15% graphite sealing coatings are deposited. Figure 2(a) shows the microstructure of the NiAl bond coating and Figure 2 (b) shows the microstructure of the top 15% Ni-graphite sealing coating. The NiAl bond coating had the microhardness values of 165 - 181HV<sub>0.3</sub>, and the layers of Ni-15% graphite sealing coatings from 86 to 89 HR15y. The sealing system of the NiAl/Ni-15% graphite coating had a value of the bond tensile strength of 44 MPa.

The mechanical properties of microhardness and tensile bond strength of the systems of NiAl/Ni-15% graphite sealing coatings are above the minimum values prescribed by the Pratt & Whitney standard (Min.140 HV<sub>0.3</sub> and Min.35 MPa) (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA ).

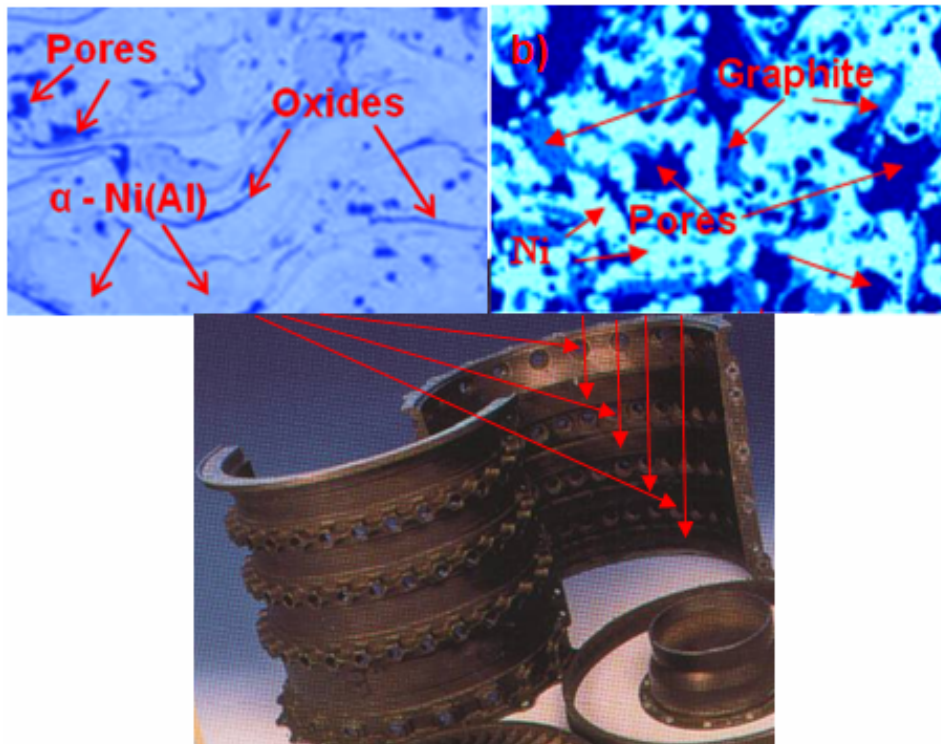


Figure 2 – The compressor front body in the TV2 - 117 A turbojet engine and the microstructures of the system of the NiAl / Ni-15% graphite sealing coating  
 Slika 2 – Prednje telo kompresora turbomlaznog motora TV2 - 117 A i mikrostrukture sistema zaptivne prevlake NiAl / Ni-15%grafit

The character of the coatings system destruction was the adhesion at the coating / substrate interface. The analysis of the micrographs of the NiAl bond coating showed that the proportion of pores was below 2%. In the layers of the Ni - 15% graphite sealing coating the proportion of micro pores was 13%, which is a lower proportion compared to the Ni - 25% graphite sealing coating. The microstructure of the NiAl bond coating is lamellar. The coating consists of a lamella of the solid solution of aluminum in nickel  $\alpha$  - Ni (Al), light blue, and NiO and  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> inter-lamellar oxides

evenly distributed over the lamellae solid solution boundaries, dark blue and marked with red arrows (Knotek, et al.,1980, pp.282-286), (Mrdak, 2013b, pp.7-22), (Svantesson, Wigren, 1992, pp.65-69).

Figure 3 shows the air labyrinth ring (1) and the working ring of the compressor of the V –X degrees (2) of the TV2 - 117A turbojet engine.

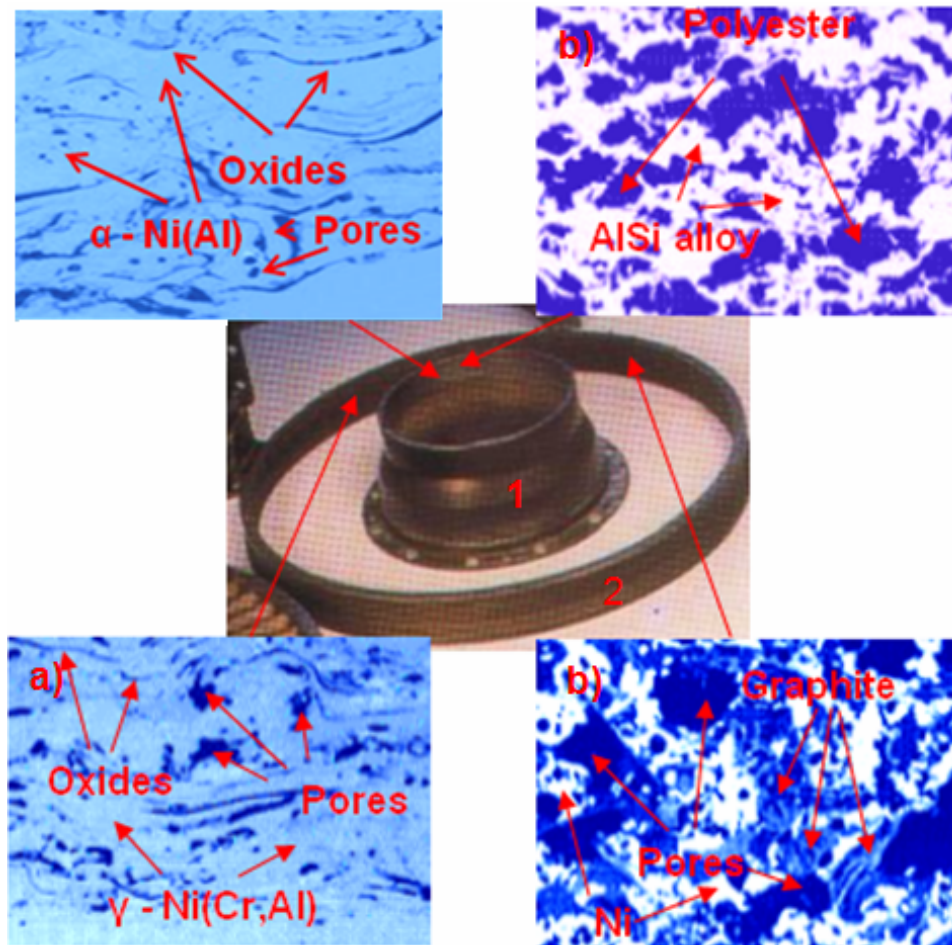


Figure 3 – Air labyrinth ring (1) with the microstructure of the NiAl / AISi12 polyester coating system and the working ring of the compressor of the V – X degrees (2) with the microstructure of the NiCrAl / Ni-25% graphite coating system

Slika 3 – Prsten vazdušnog labirinta (1) sa mikrostrukturama sistema prevlaka NiAl / AISi12 poliester i radni prsten kompresora od V - X stepena (2) sa mikrostrukturama sistema prevlaka NiCrAl / Ni-25%grafit

The air labyrinth ring is marked with number 1 and the red arrows mark the surface on which the NiAl/AlSi12-polyester sealing coating system was deposited. Figure (a) shows the microstructure of the NiAl bond coating, and (b) the microstructure of the top AlSi12- polyester sealing coating. The NiAl bond coating was deposited with the values of microhardness of 178 - 203HV<sub>0.3</sub>, and the AlSi12-polyester sealing coating with the values of 72-75 HR15y. The hardness values of the coatings are very even, which indicates a smooth and continuous deposition of coating layers on the substrate. The tensile bond strength of the AlSi12 - polyester sealing coating in the system with the NiAl bond coating was 30 MPa. The mechanical properties were consistent with the Pratt & Whitney Standard (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA) and with the characteristics prescribed by the powder manufacturers. In the microstructure of the NiAl bond coating whose base consists of a solid solution of aluminum in nickel  $\alpha$  - Ni(Al) in light blue, there are NiO and  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxides and micro pores as in the previous micrographs shown in Figure 2(a). The analysis of the micrographs of the NiAl bond coating showed that the proportion of micro pores was about 2%. The microstructure of the AlSi12 - polyester sealing coating consists of an AlSi12 alloy (white) which gives strength to the coating as well as resistance to erosion and provides a good bonding of AlSi12 particles with NiAl bond coating particles. The cross section of the AlSi12 - polyester coating does not show unmelted particles or the network of micro and macro cracks, which is very important for the behavior of the coatings during the compressor operation. The second phase of polyester which serves as a solid lubricant for wear control and maintaining a constant gap during the compressor operation is surrounded, and thus closed, by the metal base of the AlSi12 alloy. Thus formed structure of the sealing coating helps to reduce the transmission of the coating on the blades and to reduce the coating breaking or erosion. The analysis of photomicrographs of the AlSi12 sealing coating showed that the proportion of micro pores was 5%. In Figure 3 (b) it can be seen that the layers of AlSi12 and the polyester have a continuous mesh structure. The network of polyester is given in blue.

Number 2 in Figure 3 marks the working ring and the red arrows mark the surface on which the NiCrAl/Ni-25%graphite sealing coating system was deposited. The photomicrograph (a) shows the microstructure of the NiCrAl bond coating and (b) shows the microstructure of the top Ni - 25% graphite sealing coating. The NiCrAl bond coating had the microhardness values of 305-331 HV<sub>0.3</sub>. The Ni - 25% graphite sealing



coating had the macrohardness values within the range of 79-84 HR15y. The NiCrAl / Ni - 25% graphite sealing coating system had the bond strength value of 43 MPa. The microhardness values and tensile bond strength values are above the minimum values prescribed by the TURBOMECA standard (min.170HV<sub>0.3</sub> and 35MPa) (Turbojet engine - standard practices manuel, TURBOMECA). The structure of the NiCrAl coating layer is a lamellar microstructure described above, which consists of a solid solution of  $\gamma$  - Ni (Cr, Al) in light blue and oxide phases in dark blue. Between the lamellae of the substrate and the lamellae of oxide phases, there are micro pores in dark blue marked with red arrows (Brossard, et al., 2009, pp.1-9), (Mrdak, 2012, pp.5-16), (Mrdak, 2012a, pp.182-201). In the structure of the Ni - 25% graphite coating, a metal network of Ni in white can be seen. Particles of graphite in light blue are evenly distributed in the Ni network. Micro pores are dark blue, clearly distinct and marked with red arrows. The analysis of the photomicrographs has shown that, in the NiCrAl coating layers, the share of micro pores was below 2%, and in the Ni - 25% graphite coating layers it was 17%, which is in accordance with the standards and recommendations of the powder manufacturer.

The wear of sealing coatings after testing the sealing effect on the coatings applied on the parts of the TV2-117A turbojet engine compressor at the test station and on the Mi-8 (HT-40) helicopter intended for trial testing was less than the tolerance of the machining of sealing coatings. The wear of the Ni-25% graphite coating on the focusing devices of IV – IX degrees of the compressor motor was 0.033 mm. The tolerance of the machining of the Ni-25% graphite sealing layer in the focusing devices is 0.05 mm. The wear of the Ni-15% graphite coating on the compressor front body was 0.015 mm. The tolerance of the machining of the Ni-15% graphite sealing layer in the front body of the compressor is 0.02 mm. The wear of the Ni-25% graphite coating on the compressor working ring of V – X degrees was 0.031 mm. The tolerance of the machining of the Ni-25% graphite sealing layer in the compressor working ring is 0.05 mm. The consumption of the AlSi12 polyester coating on the compressor air ring was 0.025 mm. The tolerance of the machining for the AlSi12 - polyester layer is 0.05 mm. The wear in coatings on all parts was within the permissible machining tolerance for the top sealing layer. Low consumption of sealing coatings has enabled keeping the clearance at the lowest value which reflected to the degree of efficiency of the compressor and fuel consumption. Small wear of APS - sealing coatings increased a degree of efficiency of the compressor by 10% while reducing fuel consumption by 8%.

## Conclusion

The research into the application of APS soft abrasive coatings on parts of the TV2 - 117A turbojet engine compressor has shown that there was a significant influence of the type of technology and materials on the effect of sealing the compressor and on keeping the clearance in exploitation at the minimum value. The sealing coating systems have shown that their characteristics significantly affect the performance of the compressor during engine operation. The analysis of the structural and mechanical characteristics of the coatings in the laboratory as well as the 42-hour testing of the compressor parts at the test station and on the Mi-8 (HT-40) test helicopter has shown the following:

The layers of bond and sealing coatings in the deposited state had good structural - mechanical properties that satisfy the criteria prescribed by Pratt & Whitney and Turbomeca standards. There are no macro-cracks and micro-crack networks on the surfaces of the sealing coatings. The surface of the coatings had no traces of cracks and grooves of scraping blades. Segment separation of the coating parts from the surface was not found on the sealing coatings.

The sealing coating systems had good adhesion and cohesive strength of layers in exploitation. The compressor parts did not show the delamination of coatings, the peeling of coatings through layers or the separation of coating layers from the surface of the parts.

There is no ovality on the inner surfaces of the compressor parts, which shows even wear of sealing coatings in exploitation. The average value of wear on the sealing coating of Ni-25% graphite on the directional devices of IV-IX degrees was 0.033 mm. On the sections of the compressor front body, the average value of wear on the sealing coating of Ni-15% graphite was 0.015 mm. On the compressor working ring of V-X degrees, the average value of the wear of the Ni-25% graphite coating was 0.031 mm. The AISi - polyester sealing coating on the compressor air labyrinth ring had wear of 0.025 mm. On all parts of the TV2 - 117 A engine compressor, the wear of the sealing coatings was less than the permitted machining tolerances. Low consumption of sealing layers provided the minimum clearance and efficient sealing while reducing the loss of pressure in the compressor. This has increased the level of efficiency of the compressor by 10% while reducing fuel consumption by 8%. The results of the research show that binary sealing coatings have been successfully applied in the process of general repair of the TV2 - 117A turbojet engine compressor.



## Literature

- Brossard, S., Munroe, P.R., Tran, A.T.T., & Hyland, M.M. 2009. Study of the effects of surface chemistry on splat formation for plasma sprayed NiCr onto stainless steel substrates. *Surface&Coatings Technology*, pp.1-9. SCT-15342.
- Demasi, J.T. 1994. Protective coating in the gas turbine engine. *Surf. Coat. Technol*, 68-69, pp.1-9.
- Knotek, O., Lugscheider, E., & Cremer, K.H. 1980. Alumina and Aluminide Formation in Nickel Aluminum Spraying Powders. . In: Proceedings of Ninth International Thermal Spray Conference. The Hague, pp.282-286
- Metco 443NS Nickel-Chromium/Aluminum Composite Powder* 2000. Sulzer Metco. Technical Bulletin 10-130.
- Metco 450NS Nickel / Aluminum Composite Powder* 2000. Sulzer Metco. Technical Bulletin 10-136.
- Metco 307NS – 1, Metco 308NS – 1 Nickel Graphite Powder* 2000. Sulzer Metco. Technical Bulletin 10-115.
- Metco 601NS Aluminum – Polyester Powder* 2000. Sulzer Metco. Technical Bulletin 10-141.
- Mrdak, M. 2010. Uticaj brzine depozicije praha na mehaničke karakteristike i strukturu APS - NiCr/Al prevlake. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 58(4), pp.5-16.
- Mrdak, M. 2012a. Study of the properties of plasma deposited layers of nickel-chrome-aluminum-yttrium coatings resistant to oxidation and hot corrosion. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 60(2), pp.182-201.
- Mrdak, M. 2012b. Study of the characteristics of plasma spray sealing aluminum – silicon- polyester coatings. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 60(3), pp.71-89.
- Mrdak, M. 2013a. Characterization of nickel - graphite sealing coatings in the system with the nickel - aluminum bonding coating. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 61(1), pp.69-88.
- Mrdak, M., Vencl, A., Nedeljkovic, B., & Stanković, M. 2013. Influence of plasma spraying parameters on properties of the thermal barrier coatings. *Materials Science and Technology*, 29(5), pp.559-567.
- Mrdak, M. 2013b. Structure and properties of plasma sprayed APS - Ni20Al coatings. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 61(2), pp.7-22.
- Mrdak, M. 2014a. Characterization of the wear resistant aluminum oxide 40% titanium dioxide coating. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 62(1), pp.7-22.
- Mrdak, M. 2014b. Mechanical Properties and Microstructure of Vacuum plasma Sprayed Cr3C2-25(Ni20Cr) Coatings. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 62(2), pp.7-26.
- Naser, H. 1988. Some Areas of Application of Plasma Spry Coatings in the Field of Aviation. . In: 1st Plasma Technik Symposium, Lucerne, pp.75-84
- Novinski, E.R. 1990. Process parameter impact on the physical properties of an advanced abrasable coating. In: Proceedings of 3rd National Thermal Spray Conference. USA, pp.151-157
- Novinski, E.R. 1991. The design of thermal sprayed abrasable seal coatings for gas turbine engines. In: Proceedings of 4th National Thermal Spray Conference. USA, pp.451-454
- Oka, T. 1990. Basic characteristic of different abrasable coatings. In: Proceedings of International Thermal Spraying Conference. Germany, pp.58-67

Svantesson, J., & Wigren, J. 1992. A Study of Ni-5wt.% Al coatings produced from different feedstock powder. *Journal of Thermal Spray Technology*, 1(1), pp.65-70. doi:10.1007/BF02657019

Tosnar, L. 1988. Plasma Sprayed Seal Coatings. . In: Proc. Plasma Technik Symposium, Lucerne. , pp.257-262

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

*Turbojet engine-standard practices manuel, TURBOMECA .*

Venci, A., Arostegui, S., Favaro, G., Zivic, F., Mrdak, M., Mitrović, S., & Popovic, V. 2011. Evaluation of adhesion/cohesion bond strength of the thick plasma spray coatings by scratch testing on coatings cross-sections. *Tribology International*, 44(11), pp.1281-1288.

Yi, M. 1997. Erosion wear of AlSi-graphite and Ni/graphite abrasible seal coating. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English letter)*, 8(2), pp.99-102.

Yi, M. 1999. Friction and wear behaviour and abrasibility of abrasible seal coating. *Wear*, 231, pp.47-53.

#### АНАЛИЗ ЭФФЕКТА УПЛОТНЕНИЯ КОМПРЕССОРА ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ TV2-117А ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

ОБЛАСТЬ: химические технологии

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

*Резюме:*

*Данное исследование раскрывает эффект уплотнения, нанесенного атмосферным плазменным напылением, на отдельные детали компрессора турбореактивного двигателя TV2-117А. Впервые такой метод покрытия был применен по западной технологии плазменного напыления. С целью замены существующих уплотнительных материалов новыми классами материалов, обеспечивающих лучший эффект уплотнения и проход воздуха под высоким давлением через компрессор. Мягкие уплотнители разработаны в виде двойной системы, состоящей из нижнего слоя на базе NiCrAl и NiAl покрытия и верхнего слоя уплотнения на базе Ni - 15% графита, Ni - 25% графита и AlSi – полиэстера.*

*В данной работе приведены параметры нанесения покрытия на детали компрессора, механические и микроструктурные характеристики покрытия и соответствующий способ его нанесения. При анализе механических свойств покрытия применялся метод измерения микротвёрдости соединительных слоев HV0.3 и макротвёрдости уплотняющего слоя методом HR15W.*

*Были проведены испытания на растяжение до разрыва растягивающего напряжения слоев двойного покрытия. Микроструктура слоя была исследована под оптическим микроскопом – ОМ.*

Оценка микроструктуры нанесенных слоев покрытия выполнена в соответствии со стандартными требованиями, предписанными производителями Pratt-Whitney и TURBOMECA.

Износ покрытия был определен сравнительным методом деформации уплотнительного слоя до и после проведения испытаний. Контроль формы был выполнен на координатно-измерительной машине MAUSER ML 28. В статье приводятся: средний процент износа, выраженный в мм и удельный процент износа механически обработанных деталей компрессора.

Испытания эффекта уплотнения деталей компрессора двигателя TV2-117A были проведены на летно-испытательной станции, при использовании вертолета Ми-8(НТ-40). Проведенные испытания показали, что при применении новой системы уплотнительных покрытий увеличивается эффективность компрессора на 10%, при одновременном снижении расхода топлива на 8%.

Ключевые слова: уплотнители, слои, двигатели, нанесение, компрессоры, покрытие.

---

#### ISTRAŽIVANJE UTICAJA PLAZMA SPREJ ZAPTIVNIH PREVLAKA NA EFEKAT ZAPTIVANJA KOMPRESORA TURBOMLAZNOG MOTORA TV2 – 117A

OBLAST: hemijske tehnologije

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

JEZIK ČLANKA: engleski

##### Sažetak:

U ovom istraživanju prikazan je efekat primene mekih zaptivki deponovanih atmosferski plazma sprej - APS procesom na delovima kompresora turbomlaznog motora TV2-117A. Na delovima kompresora primenjena je prvi put zapadna plazma sprej tehnologija i materijali. Cilj je bio da se izvrši supstitucija postojećeg zaptivnog materijala sa novom klasom materijala, da bi se povećao efekat zaptivanja i obezbedio protok vazduha pod najvećim pritiskom kroz kompresor. Meke zaptivke su formirane kao dupleks sistemi koji se sastoje od donjeg veznog sloja na bazi NiCrAl i NiAl prevlaka i gornjih zaptivnih prevlaka na bazi slojeva Ni - 15% grafita, Ni - 25% grafita i AISi - poliestera. U radu su prikazani parametri sa kojima su deponovane prevlake na delovima kompresora, mehaničke i mikrostrukturne karakteristike prevlaka proizvedenih sa optimalnim parametrima depozicije. Procena mehaničkih karakteristika prevlaka urađena je ispitivanjem mikrotvrdoće veznih slojeva metodom HV<sub>0,3</sub> i makrotvrdoće zaptivnih slojeva metodom HR15W. Zatezne čvrstoće spoja dupleks sistema prevlaka ispitane su metodom kidanja na zatezanje. Mikrostrukture slojeva prevlaka su procenjene na optičkom mikroskopu - OM. Analiza mikrostruktura depono-

vanih slojeva urađena je u skladu sa standardom Pratt-Whitney i TUR-BOMECA. Pohabanost prevlaka određena je na osnovu promene dimenzija zaptivnih površina pre i posle ispitivanja. Merenje dimenzija rađeno je na koordinatnoj mernoj mašini MAUSER ML 28. U radu je prikazana srednja vrednost pohabanosti izražena u mm i upoređena sa vrednostima dozvoljenih tolerancija mašinski obrađenih delova kompresora. Efekat zaptivanja delova kompresora ispitan je u sklopu motora TV2-117A na ispitnoj stanici i letnim ispitivanjem na helikopteru Mi-8(HT-40). Ispitivanja su pokazala da je novim sistemom zaptivnih prevlaka povećan stepen iskorišćenja kompresora za 10% uz smanjenu potrošnju goriva za 8%.

#### Uvod

Razvoj novih generacija turbomlaznih motora i zahtev za veću pouzdanost rada i resurs delova u eksploataciji, uticao je na veću primenu plazma sprej prevlaka. Razvijene su različite vrste kvaliteta prahova koji se primenjuju na komponentama vazduhoplova kao što su: komponente niskog i visokog pritiska kompresora, komponente gasne turbine i komponente stajnog trapa (Mrdak, M., 2012b, pp.71-89), (Mrdak, M., 2013a, pp.69-88), (Vencl, A., et al., 2011, pp.1281-1288), (Mrdak, et al., 2013, pp.559-567), (Mrdak, M., 2014a, pp.7-22), (Mrdak, M., 2014b, pp.7-26). Na komponentama kompresora niskog i visokog pritiska turbomlaznog motora primenjuju se meke abrazivne prevlake koje uzrokuju niskoenergetske uslove trenja, koje su otporne na eroziju. Sistemi zaptivnih prevlaka konstruisani su tako da se uzima u obzir nesaosnost rotora i dimenzionalne promene uzrokovane promenom temperature. Zaptivni sistemi prevlaka konstruisani su tako da se habaju bez oštećenja vrhova lopatica održavajući konstantan zazor (Tosnar, L., 1988, pp.257-262). Kod zaptivnih sistema koji se troše - consumption, potrebno je uravnoteženje između trošenja materijala pod uticajem toplote, završne površinske obrade, otpornosti na eroziju i otpornosti na habanje. Sa plazma sprej parametrima depozicije prahova omogućena je kontrola navedenih kritičnih karakteristika. Plazma sprej proces depozicije omogućuje kontrolu poroznosti, gustine i debljine prevlaka da bi se dobili zaptivni slojevi traženih karakteristika (Tosnar, L., 1988, pp.257-262). Meke zaptivne prevlake formiraju se kao dupleks sistemi sa plazma sprej tehnologijom. Za izradu donjeg veznog sloja često se koriste prahovi NiAl, NiCrAl i NiCrAlY (Mrdak, M., 2010, pp.5-16), (Mrdak, M., 2013b, pp.7-22), (Mrdak, M., 2012a, pp.182-201). Debljina veznog sloja se kreće od 0,005 - 0,15 mm i mora da bude usklađena sa materijalom substrata i gornjim zaptivnim slojem. Uloga veznog sloja je da omogući dobru adheziju sa substratom i dobru vezu sa gornjim zaptivnim slojem. Spoljni sloj ima osnovnu funkciju zaptivanja. Svetska istraživanja u ovoj oblasti su podstakla na primenu novih materijala i plazma sprej tehnologije u postupku remonta kompresora turbomlaznog motora TV2-117A koji se proizvodi u Rusiji. Da bi se ostvarili postavljeni ciljevi, zazori između komponenti u

kompresoru moraju da budu minimalni (Demasi, J.T., 1994, pp.1-9). Veoma dobro zaptivanje gasa koji protiče kroz kompresor smanjuje gubitke gasa uzrokovane curenjem. Takođe, zaptivke treba da obezbede toplotnu izolaciju kućišta, i smanje uticaj temperature gasa u kućištu (Novinski, E.R., 1991, pp.451- 454), (Yi, M., 1999, pp.47-53). Za tu namenu koriste se prevlake koje se sastoje od metalne faze i nemetalne faze za samo - podmazivanje sa visokom poroznošću (Oka,T., 1990, pp.58-67). Najvažnija svojstva koja treba da poseduju zaptivne prevlake su velika otpornost na trošenje struganjem lopatica i otpornost na eroziju gasa i stranih čestica koje su prisutne u gasu (Novinski, E.R., 1990, pp.151-157), (Yi,M., 1997, pp.99 -102).

Cilj istraživanja bio je da se plazma sprej tehnologijom i novim materijalima ispita efekat zaptivanja kompresora turbomlaznog motora TV2 – 117A i izvrši supstitucija postojećih zaptivnih materijala u remontu motora. Nove generacije materijala koje se primenjuju kao zaptivke na delovima kompresora motora trebale bi da boljom zaptivnošću obezbede veći stepen iskorišćenja kompresora uz smanjenu potrošnju goriva. Uslov koji treba da ispune primenjeni materijali na delovima kompresora su da zaptivanjem obezbede protok vazduha temperature  $t = 100 - 125^{\circ}\text{C}$  kroz kompresor pod najvećim pritiskom. Očekivani efekti su potvrđeni 42 časovnim ispitivanjem motora na ispitnoj stanici i letnim ispitivanjem na helikopteru Mi-8 (HT-40).

#### Materijali i eksperimentalni detalji

Za istraživanje zaptivnih prevlaka upotrebljeno je pet različitih prahova firme Sulzer Metco sa oznakom: Metco 443NS, Metco 450NS, Metco 307NS-1, Metco 308NS-1 i Metco 601 NS. Čestice kompozitnih prahova Metco 443NS (NiCr/Al) i Metco 450NS (Ni/Al) izrađene su tehnikom suvog raspršivanja. Prah NiCr/Al sastoji se od 94%NiCr (75%Ni, 19%Cr) i 6%Al. Temperatura topljenja NiCr legure je  $1339^{\circ}\text{C}$ , a aluminijuma  $660^{\circ}\text{C}$ . Prah je imao raspon granulacije od  $-120 + 45\mu\text{m}$ . Čestice kompozitnog praha Ni/Al se sastoje od 95,5% Ni i 4,5%Al. Prah je imao raspon granulacije  $-88 + 45\mu\text{m}$ . Za izradu mekih zaptivnih prevlaka namenjenih za rad do  $480^{\circ}\text{C}$  koristili su se kompozitni prahovi Metco 307NS-1(Ni/25%grafit) i Metco 308NS-1(Ni/15%grafit). Prahovi su proizvedeni oblaganjem čestica grafita sa česticama Ni postupkom suvog raspršivanja. Temperatura topljenja prahova Ni-25%grafit i Ni-15%grafit je  $1455^{\circ}\text{C}$ . Prahovi su imali raspon granulata od  $-90 + 30\mu\text{m}$ . Za izradu meke zaptivke namenjene za rad do  $345^{\circ}\text{C}$  koristila se mehanička mešavina prahova AlSi12 i poliestera. Prah se sastoji od 60% legure AlSi12 i 40% poliestera. Temperatura topljenja AlSi12 praha je  $425^{\circ}\text{C}$  koji je imao raspon granulacije čestica od  $-106 + 10\mu\text{m}$ . Materijal substrata uzoraka na kome su deponovani slojevi sistema zaptivnih prevlaka bio je od nerđajućeg čelika X15Cr13 (EN 1.4024) u termički neobrađenom stanju. Ispitivanje mehaničkih karakteristika slojeva prevlake rađeno je prema standardu Pratt & Whitney. Za ispitivanje tvrdoće i za procenu mikrostrukture u deponovanom stanju zaptiv-

nih sistema prevlaka napravljeni su uzorci od čelika Č.4171 (X15Cr13 EN10027) dimenzija 70x20x1,5mm. Ispitivanje mikrotvrdoće veznih prevlaka NiAl i NiCrAl rađeno je metodom HV<sub>0,3</sub>, a makrotvrdoće zaptivnih prevlaka Ni-15%grafit, Ni-25%grafit i AlSi12-poliester rađeno je metodom HR15y korišćenjem Rockwell čelične kugle prečnika 12,7 mm i opterećenje od 15 kg. Uzorci za ispitivanje čvrstoće spoja napravljeni su od istog čelika dimenzija Ø25x50 mm. Testovi zatezne čvrstoće spoja su vršeni na sobnoj temperaturi na hidrauličnoj opremi sa brzinom od 10 mm/min. Mikrostruktura deponovanih slojeva ispitana je na optičkom mikroskopu - OM. Kompresor na kome su primenjene prevlake se sastojao od usmeravajućeg aparata od IV - IX stepena, prednjeg tela kompresora, radnih prstenova kompresora od V - X stepena i prstena vazdušnog labirinta napravljenih od legure titana namenjene za vazduhoplovnu vojnu industriju. Legura titana je ruske oznake OST 1 90173-75 (VT-5) sa sadržajem aluminijuma od 4.3-6.2% Al. U ovom eksperimentu korišćen je atmosferski plazma sistem firme Plazmadayn i plazma pištolj MINI - GUN II. Urađen je veliki broj uzoraka, a u radu su prikazani optimalni parametri sa kojima su deponovane prevlake na delovima kompresora, koji su ispitani u sklopu turbomlaznog motora TV2-117A na ispitnoj stanici i na helikopteru Mi-8 (HT-40) namenjenom za probna letna ispitivanja. Prevlake su deponovane na ohrapavljene i predgrejane uzorke i delove kompresora na temperaturi od 90 - 120°C. Zbog geometrije delova: usmeravajućeg aparata od IV - IX stepena, prednjeg tela kompresora, radnih prstenovima kompresora od V - X stepena i prstena vazdušnog labirinta, deponovanje prahova je rađeno sa specijalno konstruisanim plazma pištoljem MINI - GUN II dimenzija Ø25 X 600 mm. Plazma pištolj se sastojao od : anode A 2084 - F65, katode K 1083A - 129 i gas injektora GI 2084 B - 103. Depozicija svih prevlaka urađena je sa snagom napajanja od 40KW. Vezni slojevi NiCrAl i NiAl prevlaka deponovani su sa mešavinom plazma gasovima Ar-He, a slojevi zaptivnih prevlaka sa Ar bez sekundarnog plazma gasa He.

Urađena su tri tipa sistema zaptivnih prevlaka kao što su: NiCrAl / Ni - 15% grafit, NiCrAl / Ni - 25% grafit i NiAl / AlSi12 - poliester. Na svim delovima, debljina veznih NiCrAl slojeva po jednom prolazu plazma pištolja bila je 25µm. Debljine zaptivnih Ni - 15%grafit i Ni - 25% grafit slojeva po jednom prolazu plazma pištolja bila je 60µm. Debljina deponovanog NiAl sloja na prstenu vazdušnog labirinta sa jednim prolazom plazma pištolja bila je 20 µm. Debljina zaptivnog AlSi12 - poliester sloja na prstenu vazdušnog labirinta sa jednim prolazom plazma pištolja bila je 100 µm.

Debljina veznih slojeva deponovanih sa prahom NiCrAl bila je od 0,1 - 0,15 mm, a debljina zaptivnih prevlaka izrađenih od praha Ni-25%grafit bila je od 0,65 - 0,7 mm. Debljine zaptivnih prevlaka uvećane su za 0,3 mm zbog mašinske obrade prevlaka.

Na prednjem telu kompresora, debljina veznih slojeva deponovanih sa prahom NiAl bila je od 0,1 - 0,15 mm, a debljina gornjih zaptivnih prevlaka izrađenih od praha Ni-15%grafit bila je od 0,65 - 0,7 mm. Debljine zaptivnih prevlaka uvećane su za 0,3 mm zbog mašinske obradu prevlaka.

Na radnim prstenovima kompresora od V - X stepena, deponovani su slojevi vezne prevlake NiCrAl debljine od 0,15 - 0,2 mm. Debljine gornjih zaptivnih prevlaka deponovanih sa prahom Ni - 25% grafit bile su debljine od 0,8 - 0,85 mm. Takođe, zbog dodataka za mašinsku obradu prevlaka debljine zaptivnih prevlaka su uvećane za 0,3 mm.

Na prstenu vazdušnog labirinta, vezni sloj prevlake je izrađen od praha NiAl sa debljinom od 0,1 - 0,15 mm, a gornji zaptivni sloj prevlake od praha AlSi12-poliester sa debljinom od 0,6 - 0,65 mm. U debljinu zaptivnog sloja uračunat je dodatak od 0,3 mm za mašinsku obradu prevlake.

Mašinska obrada zaptivnih prevlaka Ni-15%grafit, Ni-25%grafit i AlSi12 - poliester prevlake deponovanih na delovima kompresora urađena je metodom struganja gruba obrada i struganjem fina obrada sa reznim alatom - nožem sa WC pločicom.

## Rezultati i diskusija

Slojevi vezne prevlake NiCrAl ravnomerno su deponovani na usmeravajućem aparatu sa dobrim mehaničkim i strukturnim karakteristikama. Vezna prevlaka NiCrAl imala je vrednosti mikrotvrdoće od 308 - 325 HV<sub>0,3</sub>. Vrednosti su iznad min.170HV<sub>0,3</sub> koje propisuje standard TURBOMECA. Zatezna čvrstoća spoja sistema NiCrAl / Ni - 25% grafit prevlaka je imala vrednost 43 MPa i iznad je minimalne vrednosti 32MPa propisane standardom TURBOMECA. Prevlaka se sastoji od lamela čvrstog rastvora hroma i aluminijuma u niklu  $\gamma$  - Ni(Cr,Al) svetlo plave boje i međulamelarni oksidnih faza NiO, NiCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>3</sub> ravnomerno raspoređenih po granicama lamela čvrstog rastvora tamnije plave boje označene crvenim strelicama (Brossard, et al., 2009, pp.1-9), (Mrdak, 2012, pp.5-16), (Mrdak, 2012a, pp.182-201). Zaptivna prevlaka Ni - 25%grafit imala je vrednosti makrotvrdoće u rasponu od 78 - 83 HR15y. Tvrdoće su bile dosta ujednačene, što ukazuje da su slojevi Ni - 25%grafit prevlake kontinualno i ravnomerno deponovani na veznim slojevima. Analiza mikrofotografija je pokazala da je u slojevima vezne prevlake NiCrAl udeo mikro pora bio do 2%. Analiza mikrofotografija je pokazala da je u slojevima zaptivne Ni - 25% grafit prevlake udeo mikro pora bio 16%, što je u skladu sa standardom i propisom proizvođač praha. Na telu kompresora deponovani su sistemi zaptivnih prevlaka NiAl/Ni-15%grafit. Vezna prevlaka NiAl imala je vrednosti mikrotvrdoće od 165 - 181HV<sub>0,3</sub>, a slojevi zaptivne prevlake Ni-15%grafit od 86 - 89 HR15 y. Čvrstoća spoja sistema NiAl/Ni-15%grafit prevlaka imala je vrednost 44 MPa. Mehaničke karakteristike mikrotvrdoće i zatezne čvrstoće spoja sistema zaptivnih prevlaka NiAl / Ni-15%grafit iznad su minimalnih vrednosti koje propisuje standard Pratt & Whitney (min.140 HV<sub>0,3</sub> i min.35 MPa). Analiza mikrofotografija vezne prevlake NiAl pokazala je da je udeo mikro pora bio ispod 2%. U slojevima zaptivne Ni - 15%grafit prevlake udeo mikro pora bio je 13%, što je manji udeo u odnosu na zaptivnu prevlaku Ni - 25%grafit. Sistem zaptivne prevlake NiAl/AlSi12 poliester deponovan je na prstenu vazdušnog la-

birinta. Vezna prevlaka NiAl deponovana je sa vrednostima mikrotvrdoće od 178 - 203HV<sub>0,3</sub>, a zaptivna prevlaka AlSi12 poliester sa vrednostima od 72 - 75 HR15y. Zatezna čvrstoća spoja zaptivne prevlake AlSi12 - poliester u sistemu sa veznom prevlakom NiAl iznosila je 30 MPa. Mehaničke karakteristike su bile u skladu sa standardom Pratt & Whitney. Analiza mikrofotografija vezne prevlake NiAl pokazala je da je udeo mikro pora bio oko 2% a u zaptivnoj prevlaci AlSi12 je udeo mikro pora bio 5%. Vezna prevlaka NiCrAl deponovana na radnim prstenovima imala je vrednosti mikrotvrdoće od 305 - 331 HV<sub>0,3</sub>. Zaptivna prevlaka Ni - 25%grafit imala je vrednosti makrotvrdoće u rasponu od 79 - 84 HR15y. Čvrstoća spoja sistema NiCrAl / Ni - 25% grafit prevlaka je imala vrednost 43 MPa. Vrednosti mikrotvrdoće i zatezne čvrstoće spoja iznad su minimalnih vrednosti koje propisuje standard TURBOMECA (min.170HV<sub>0,3</sub> i 35MPa). Analiza mikrofotografija je pokazala da je u slojevima prevlake NiCrAl udeo mikro pora bio ispod 2%, a u slojevima Ni - 25%grafit prevlake 17%, što je u skladu sa standardom I preporukom proizvođača praha. Pohabanost Ni-25% grafit prevlake na usmeravajućim aparatima od IV - IX stepena kompresora motora bila je 0,033 mm. Tolerancija mašinske obrade za zaptivni sloj Ni-25% grafit na usmeravajućim aparatima je 0,05 mm. Pohabanost Ni-15% grafit prevlake na prednjem telu kompresora bila je 0,015mm. Tolerancija mašinske obrade za zaptivni sloj Ni-15% grafit na prednjem telu kompresora je 0,02 mm. Pohabanost Ni-25% grafit prevlake na radnim prstenovima kompresora od V - X stepena je bila 0,031mm. Tolerancija mašinske obrade za zaptivni sloj Ni-25% grafit na radnim prstenovima kompresora je 0,05 mm. Potrošnja AlSi12-poliester prevlake na prstenu vazdušnog labirinta je bila 0,025mm. Tolerancija mašinske obrade za AlSi12 - poliester sloj je 0,05 mm. Pohabanost prevlaka na svim delovima je bila u dozvoljenim tolerancijama mašinske obrade za gornji zaptivni sloj.

#### Zaključak

Istraživanja primene APS mekih abrazivnih prevlaka na delovima kompresora turbomlaznog motora TV2 - 117A pokazala su da postoji veliki uticaj vrste tehnologije i materijala na efekat zaptivanja kompresora i na održavanje minimalnog zazora u eksploataciji. Sistemi zaptivnih prevlaka su pokazali da sa svojim karakteristikama bitno utiču na performanse kompresora u toku rada motora. Analizom strukturnih i mehaničkih karakteristika prevlaka u laboratorijskim uslovima i ispitivanjima delova kompresora u sklopu na ispitnoj stanici od 42 časa i letnim ispitivanjem na probnom helikopteru Mi-8(HT-40) ustanovljeno je sledeće: Slojevi veznih i zaptivnih prevlaka u deponovanom stanju imali su dobre strukturno - mehaničke karakteristike koje zadovoljavaju kriterijume propisane standardima Pratt & Whitney i TURBOMECA. Na površinama zaptivnih prevlaka nisu prisutne makro prskotine i mreže mikro prskotina. Površina prevlaka je bila bez tragova riseva i brazda



*od struganja lopatica. Na zaptivnim prevlakama nije uočeno segmentno odvajanje delova prevlake sa površine. Sistemi zaptivnih prevlaka imali su dobru adheziju i koheziju čvrstoću slojeva u eksploataciji. Na delovima kompresora nije uočeno raslojavanje prevlaka, ljuštenje prevlaka kroz slojeve i odvajanje slojeva prevlaka sa površina delova. Na unutrašnjim površinama delova kompresora nema ovalnosti što govori o ravnomernom habanju zaptivnih prevlaka u eksploataciji. Prosečna vrednost pohabanosti zaptivne prevlake Ni-25% grafit na usmeravajućim aparatima od IV- IX stepena bila je 0,033 mm. Na sekcijama prednjeg tela kompresora, prosečna vrednost pohabanosti zaptivne prevlake Ni-15% grafit bila je 0,015 mm. Na radnim prstenovima kompresora od V-X stepena, prosečna vrednost pohabanosti prevlake Ni-25% grafit bila je 0,031 mm. Zaptivni sloj AISi - poliester na prstenu vazdušnog labirinta pohaban je 0,025 mm. Na svim delovima kompresora motora TV2 -117 A pohabanost zaptivnih prevlaka bila je manja od dozvoljene tolerancije za mašinsku obradu delova. Mala potrošnja zaptivnih slojeva obezbedila je minimalni zazor i efikasno zaptivanje i smanjila gubitke pritiska u kompresorima. Ovim je povećan stepen iskorišćenja kompresora za 10% uz smanjenu potrošnju goriva za 8%. Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja, dvojni sistemi zaptivnih prevlaka se uspešno primenjeni u postupku opšte opravke kompresora turbomlaznog motora TV2 – 117A.*

*Ključne reči: zaptivke, slojevi, motori, depoziti, kompresori, prevlake.*

---

Datum prijema članka/Paper received on: 10. 06. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 21. 06. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 23. 06. 2014.

## TRUNK FLEXION MEASUREMENT FOR THE ASSESSMENT OF LOW BACK PAIN

Nadica S. Miljković<sup>a,b</sup>, Goran S. Bijelić<sup>b</sup>, Olivera C. Đorđević<sup>c,d</sup>,  
Ljubica M. Konstantinović<sup>c,d</sup>, Haritz R. Zabaleta<sup>e</sup>,  
Tomislav B. Šekara<sup>a</sup>

<sup>a</sup> University of Belgrade - School of Electrical Engineering,  
Belgrade, Serbia, e-mail: nadica.miljkovic@etf.bg.ac.rs;  
tomi@etf.bg.ac.rs

<sup>b</sup> Tecnia Serbia Ltd., Belgrade, Serbia,  
e-mail: goran.bijelic@tecnalia.com

<sup>c</sup> Rehabilitation Clinic "Dr Miroslav Zotović", Belgrade, Serbia,  
e-mail: odordev@eunet.rs

<sup>d</sup> University of Belgrade - Faculty of Medicine,  
e-mail: ljkonstantinovic@yahoo.com

<sup>e</sup> Tecnia, Health Unit, San Sebastian, Spain,  
e-mail: haritz.zabaleta@tecnalia.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-5930

FIELD: Biomedical Engineering

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

### Summary:

*Low Back Pain (LBP) is one of the most common incidences all over the world. For the assessment of LBP, descriptive medical scores are widely used. Nevertheless, there is a need for the quantitative assessment of LBP by appropriate physiological and kinematic measurements. Quantitative assessment methods are of interest since they might provide reliable and repeatable measures related to low back pain in both everyday clinical practice and at home or work. In this paper, we proposed simple measurements of the trunk angle and the activity of back muscles during simple flexion/relaxation task for an improved assessment of LBP (Low Back Pain). The application of the proposed instrumentation and signal processing is evaluated in three healthy subjects and in two individuals with LBP. The presented data analysis indicates that angle velocity might be a promising parameter in a combination with electromyography profiles for differentiation between healthy subjects and in individuals with LBP for improved medical diagnostics and assessment.*

**Key words:** *trunk flexion; low back pain; electromyography; assessment.*

ACKNOWLEDGEMENT: Authors Nadica Miljković and Tomislav Šekara gratefully acknowledge the partial financial support from the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, grants No. OS175016 and No. TR33020, respectively.

## Introduction

Currently, Low Back Pain (LBP) as a common cause of disability has an increasing cost due to an aging population all over the world. In (EUMUSC, nd) LBP is recognized as a major health and socioeconomic problem in Europe. There is a global need to improve current rehabilitation strategies and to provide adequate assessment methods for both diagnostic and monitoring during therapy.

LBP is usually classified as "specific LBP" (associated with a known underlying pathology) or "non-specific LBP" (has a non clearly defined pathophysiologic cause). Non-specific LBP accounts for about 90% of cases. Despite the fact that a cause of LBP is not known in most cases, some of the risk factors and assessment measures have been defined.

Physical exposures during work (e.g. lifting, trunk flexion, body vibrations, etc.) and especially cumulative trunk loads are proven to be risk factors for LBP (Coenen, et al., 2013). LBP is also recognized as one of the most common forms of chronic pain in the military (Childs, et al., 2014), and it is estimated that 61-80% of helicopter pilots will have LBP during their career (Orsello, et al., 2013). In modern women and men, LBP might be caused by many hours spent sitting (Lalošević, et al., 2006) resulting from inappropriate trunk posture. Primary prevention of LBP is a significant research priority in both general and military population (Childs, et al., 2014). Nevertheless, effective strategies for prevention, treatment, and assessment of LBP are still elusive (Childs, et al., 2014).

There is a variety of therapy modalities and assessment methods for diagnostics of low back pain. Main clinical implications in LBP are pain and neurological disorders (Jovičić, et al., 2012). In order to treat pain and neuromuscular disorders, various treatment procedures have been proposed. A low level laser therapy (Jovičić, et al., 2012) has been proposed for the modulation of inflammatory processes and for acute pain relief. For increased muscle strength, increased range of motion, muscle spasm reduction and pain relief in LBP patients, the use of electrical stimulation of low back muscles was proposed (Popović et al., 2009). Nevertheless, there is a lack of evidence providing different doses, protocols and effects of various therapies to our knowledge. The important missing factor is quantitative assessment of LBP. Commonly used clinical tests for LBP assessment are Oswestry score, Beck Depression Inventory Scale, Visual Analog Scale, etc. All these clinical measures are based on questionnaires and are related to the pain intensity. Since it is believed that LBP is associated with the neuromuscular system and that muscle activation patterns can be associated with LBP (Knežević, Mirkov, 2013), we

aim to develop an appropriate measure of muscle activity to assess LBP. The aims of this paper are:

- to propose adequate instrumentation for the measurement of kinematic and electrophysiological parameters during trunk flexion which is easy-to-use in clinical and home settings
- to study potential parameters and to propose signal processing for trunk assessment
- to evaluate the proposed instrumentation, protocol, and parameters in healthy individuals and individuals with low back pain for differentiation among them

Specifically, this paper deals with advantageous solutions in order to improve current medical diagnostics of low back pain by non-invasive measurements of musculoskeletal system during trunk flexion.

Electromyography (EMG) is a technique for recording electrical muscle activity. It has been widely used for the evaluation of human muscle activation patterns in LBP patients (Knežević, Mirkov, 2012), (Miljković, et al., 2013), (Ritvanen, et al., 2007). Musculoskeletal abnormalities and limited movement ability are recognized as one of the main indications of chronic low back pain (Ritvanen, et al., 2007). Flexion relaxation phenomenon has also been studied by the means of EMG of trunk muscles. (Ritvanen, et al., 2007) showed a standardized muscle activation pattern in healthy subjects by applying this procedure. Namely, EMG activity of trunk muscles in healthy subjects is silent during standing posture, and increases during trunk flexion (with knees extended). This is followed by EMG silence during full trunk flexion, and with increased EMG activity during extension (from full trunk flexion to silent standing posture). In LBP patients, this phenomenon is altered: e.g. there might be EMG activity of trunk muscles present during full trunk flexion. This phenomenon has been studied by the means of simple EMG preamplifiers and by applying simple amplitude measurements of EMG signals. To our knowledge, the trajectories of the EMG and kinematic signals have not been extensively studied for the purpose of low back pain assessment.

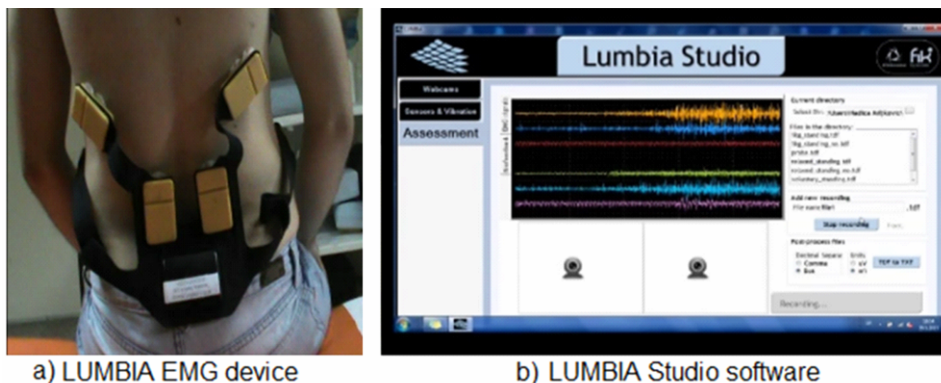
The aim of this study is to propose signal processing methods for LBP assessment based on the trunk flexion measurements of the properties of the human musculoskeletal system during a flexion-relaxation task in healthy subjects and in individuals with LBP. The signal processing proposed in this paper for trunk assessment is based on the profiles of motion trajectories rather than on simple amplitude measurements. We hypothesized that individuals with low back pain would have a smaller range of motion, different motion trajectories, and different EMG activation patterns than healthy subjects.

## Materials and methods

### *Instrumentation*

We used a novel LUMBIA system developed in cooperation between BTS Bioengineering from Padova, Italy and Tecnia Research and Innovation from San Sebastian, Spain. It is specifically designed for muscle trunk assessment. This device comprises an ergonomic belt garment for trunk positioning, EMG preamplifiers, EMG sensors, Bluetooth wireless connection to a computer, dedicated acquisition and processing programs, and dedicated protocols. This device is intentionally designed for prevention, assessment, and therapy of back pain, and it can be useful in all phases of treatment of back pain ([http://www.tecnalia.com/images/stories/salud/oportunidades-negocio/fichaSS\\_Lumbia\\_en\\_sin%20marcas.pdf](http://www.tecnalia.com/images/stories/salud/oportunidades-negocio/fichaSS_Lumbia_en_sin%20marcas.pdf), nd).

In order to assess trunk muscles we used Ag/AgCl sensors: F-TC1 disposable surface electrodes (Skintact, Innsbruck, Austria). The gain of the EMG preamplifier was set to 1000, and the sampling frequency was set to 1000 samples per second. In order to acquire EMG data, we used the custom LUMBIA Studio (Tecnia Research and Innovation, Spain) software application. The recording setup has also been described elsewhere (Miljković, et al., 2013). In Fig. 1, a photograph of the LUMBIA EMG device and the LUMBIA Studio software is presented.



*Figure 1*– a) LUMBIA (BTS Bioengineering, Padova, Italy and Tecnia Research and Innovation, San Sebastian, Spain) device placed on a subject for electromyography measurements and b) LUMBIA Studio software (BTS Bioengineering, Padova, Italy and Tecnia Research and Innovation, San Sebastian, Spain) for the measurement of electrophysiological signals

*Slika 1* – a) LUMBIA (BTS Bioengineering, Padova, Italy and Tecnia Research and Innovation, San Sebastijan, Španija) uređaj postavljen na subjekta za merenje elektromiografskih signala i b) LUMBIA Studio softver (BTS Bioengineering, Padova, Italy and Tecnia Research and Innovation, San Sebastijan, Španija) za merenje elektrofizioloških signala

For the assessment of the key trunk muscles, we recorded electromyography signals on the left and the right *Multifidus* muscles. We placed the surface electrodes and the LUMBIA garment in accordance with the recommendations of the SENIAM protocol (Hermens, et al., 2000): on the center of the most prominent bulge of the muscle belly and in the orientation parallel to muscle fibers. An experienced practitioner located the *iliaic crest* to determine the L4 vertebrae for positioning the EMG electrodes over *Multifidus* muscle bellies on the right and the left side. The ground electrode was placed over the *thoracic* T12 vertebrae.

For the purpose of the trunk flexion assessment, we recorded the trunk angle with goniometer sensors. We recorded the trunk angle in the *sagittal* plane with the SG150/B goniometer (Biometrics Ltd., Newport, UK) connected to the Angle Display Unit ADU301 (Biometrics Ltd., Newport, UK). This unit was connected with the AD converter NI USB6008 (National Instruments Inc., Austin, USA) and the acquisition was synchronized with the EMG data acquisition in the LUMBIA Studio. The goniometer was placed in accordance with the Manufacturer's operational manual: the proximal endblock was attached to the *sacral* area at S1, and during the upright position the sliding endblock was attached to the back at T12-L1 (depending on subject's height).

### *Data analysis*

The recorded EMG data and the goniometer data were filtered with a notch filter (50 Hz) in order to reduce power noise and with a first-order modified differential infinite response (IIR) filter in order to remove the baseline offset. Then, we rectified EMG signals (Fig. 2) and filtered them with a 6<sup>th</sup> order Butterworth high pass filter with a cutoff frequency of 2 Hz in order to generate EMG envelopes (Winter, Yack, 1987).

In order to assess the velocity of the trunk movement, we calculated the first derivative of the trunk angle recorded in the *sagittal* plane. We normalized EMG envelopes, angles, and velocities to their maximum values and we reported the maximum flexion angle for each subject. All processing steps were done in Matlab (The Mathworks, Natick, USA).

### *Device evaluation in healthy subjects and LBP patients*

Three healthy subjects and two LBP patients participated in this pilot measurement. All subjects signed an informed consent approved by a local Ethics Committee. In Table 1, the characteristics of the healthy subjects and the patients are presented. "H" stands for a healthy subject and "P" stands for a patient, "BMI" refers to the Body Mass Index in Table 1.

Table 1 – Subject's characteristics  
Tabela 1 – Karakteristike subjekata

Subject's ID	Age [years]	Sex	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
H1	27	Male	23.41
H2	25	Female	21.18
H3	24	Female	22.03
P1	57	Male	23.12
P2	26	Female	18.94

The time from the first low back pain occurrence for both patients was 3 months, and Oswestry scores for patients P1 and P2 were 18 and 11, respectively. The back scores were 11 and 9 for patients P1 and P2, respectively.

The subjects were instructed to stand in an upright position during the EMG and angle measurements. Then, they were instructed to flex their trunk maximally with knees extended at a self-chosen pace, to hold the flexed trunk position for a few seconds and then to extend into a neutral upright standing position. The patients were instructed to stop performing the flexion if the task would provide any painful sensation.

## Results

In Fig. 2, the filtered and rectified EMG signals from the left and the right *Multifidus* muscles are presented for one healthy subject with the trunk angle. In Fig. 3, the EMG envelopes of the left and the right *Multifidus* muscles with the trunk angle and the trunk velocity (first derivative of the trunk angle) during the trunk flexion/relaxation task are presented for one healthy subject and for one patient.

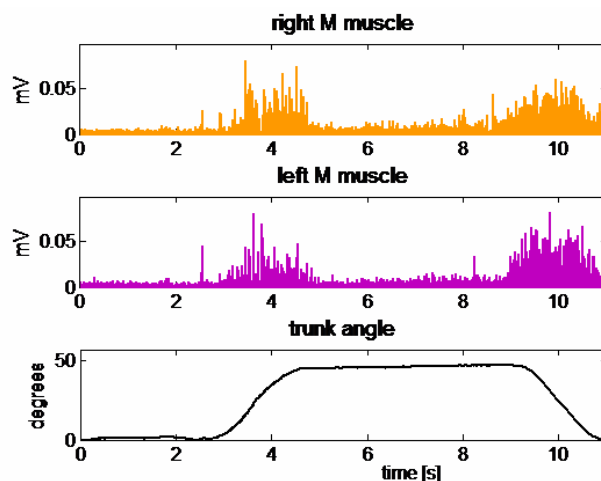
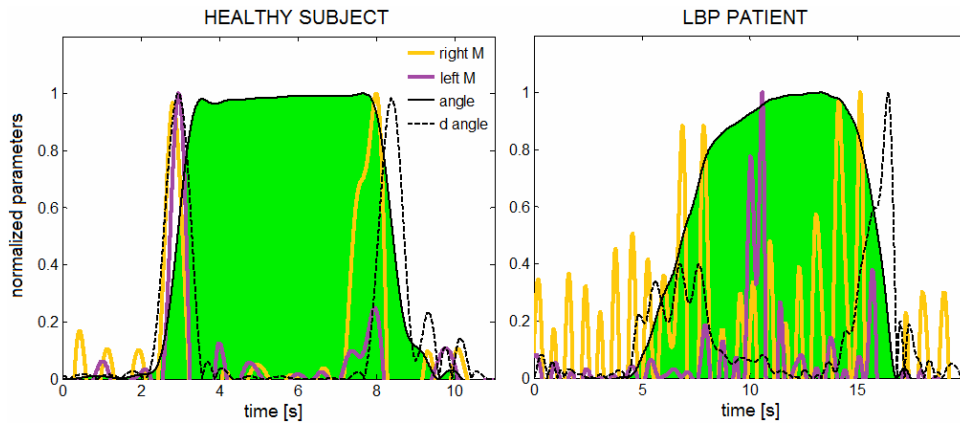
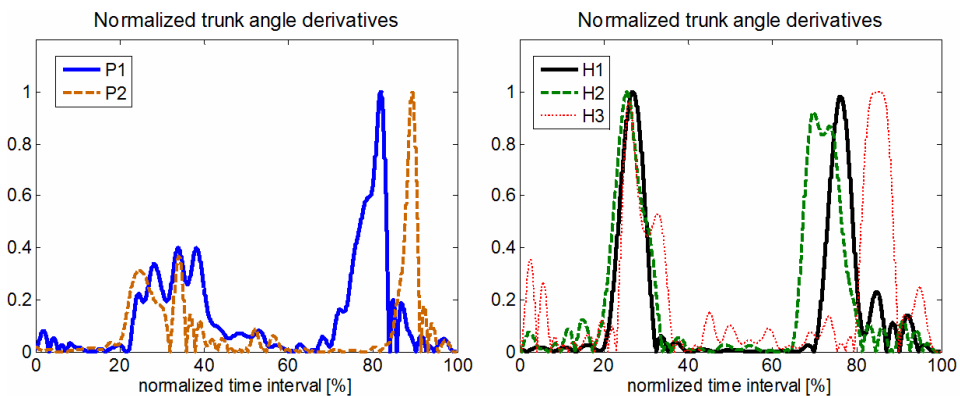


Figure 2– Rectified and filtered EMG signals for the right and the left *Multifidus* (M), and the trunk angle in a healthy subject

Slika 2 – Ispravljeni i filtrirani EMG signali mereni na desnom i levom *Multifidus* mišiću (*right M* i *left M*, respektivno) i ugao trupa za jednog zdravog ispitanika



*Figure 3*– EMG envelopes for the right and the left *Multifidus* (M), the trunk angle, and the trunk velocity (*d angle*) for the healthy subject (left panel) and patient P1 (right panel) during trunk flexion/extension. The shaded area is presented for the normalized trunk angle.  
*Slika 3* – Anvelope EMG signala merenih na desnom i levom *Multifidus* mišiću (*right M* i *left M*, respektivno), ugao trupa (*angle*) i brzina ugla u trupu (*d angle*) za zdravog ispitanika (levi panel) i za pacijenta P1 (desni panel) tokom fleksije/ekstenzije trupa. Osenčena oblast predstavlja oblik promene ugla trupa.



*Figure 4*– Normalized trunk angle derivatives for 2 patients P1 and P2 (left-hand panel) and for three healthy subjects H1, H2, and H3 (right-hand panel).  
*Slika 4* – Normalizovani derivativi uglova trupa za dva pacijenta P1 i P2 (levi panel) i za tri zdrava subjekta H1, H2 i H3 (desni panel).

In Fig. 4, the normalized trunk angle derivatives are presented for all healthy subjects and for both patients. The maximum trunk angles for healthy subjects H1, H2, and H3 are 47, 52, and 56 degrees, respectively; and for patients P1 and P2 the maximum trunk angles are 46 and 57, respectively.



## Discussion and Conclusions

In Fig. 2, healthy muscle activation with a trunk angle displacement for a trunk flexion-relaxation phenomenon is presented. The EMG pattern of the left and the right M muscles corresponds to the previously published results (Ritvanen, et al., 2007). This pattern is also presented in Fig. 3 for another healthy subject with EMG envelopes for the right and the left M. Patient's muscle pattern had no silence period during total flexion: there are obvious activations of both left and right M muscles in Fig. 3 and in Fig 2. Although we reported similar maximum trunk flexion angles in healthy subjects and in patients, the trunk angle displacement and the first derivative of the trunk angle displacement (trunk velocity) differ between these groups, Fig. 3. This might suggest that the maximum angle itself might not be an adequate parameter for LBP assessment. By visual inspection of the normalized trunk angle derivatives in Fig. 4, there is an indication of a higher symmetry between the flexion and extension periods in healthy subjects than in LBP patients. When the subjects in pain were guided to perform movements identical to their painless control movements, the EMG profiles showed an asymmetrical pattern (Zedka, et al., 1999), which is in accordance with the results presented in Fig. 3. Bilateral alterations in the EMG patterns specific for each phase of movement were also noticed (Zedka, et al., 1999) and are in accordance with the EMG envelopes in Fig. 3. We also showed these symmetry alterations in the trunk velocity profiles. In Fig. 4, the symmetry for healthy subjects is higher than in individuals with back pain suggesting a possibility for the velocity profile application in the assessment of trunk motion. The future results on a larger sample might be of interest for studying the possibility to use simple symmetry measurements such as trunk angle/velocity measurement in the assessment of LBP patients, and possibly for an early diagnosis of LBP.

In rotary-wing aircrew, high cost recommendations for ergonomic modifications to the crew stations are not proven, and the suggested replacement is to use alternate methods such as preventive physical exercises and aircrew education (Pelham, et al., 2005). Having in mind the results of this study and the fact that a trunk velocity profile might be used as an assessment method, the alternate methods for LBP prevention might be used in a combination with simple trunk measurements. Thus, a future direction of LBP prevention and treatment might include biofeedback information to the subject based on the trunk displacement velocity profile together with rather standardized EMG profiles. This biofeedback might be also used in a combination with simple portable devices that would enable muscle strengthening and healthy profile tracking. Muscle strengthening devices have already been proposed for the

correction of some other medical indications such as flat feet correction (Glavač, 2012). The tracking profile task might be possible to accomplish with an additional recognition algorithm that would be based on the correlation of the flexion and extension profiles.

We have shown that simple measurements of EMG and the trunk angle and simple signal processing can be used to differentiate between EMG profiles and trunk angle/velocity profiles in healthy subjects and in individuals with low back pain. Future study on a larger sample might prove the use of the proposed assessment and it might lead to the integration of the correlation-based trajectory profiles comparison in an easy-to-use and affordable portable device such as LUMBIA for prevention, assessment and possibly biofeedback treatment of back pain.

### References

- Childs, D.M., Wu, S.S., Teyhen, D.S., Robinson, M.E., George, S.Z., 2014, Prevention of low back pain in the military cluster randomized trial: effect of brief psychosocial education on total and low back pain-related health care costs, *The Spine Journal*, Volume 14(4), pp.571-583. doi: 10.1016/j.spinee.2013.03.019.
- Coenen, P., Kingma, I., Boot, C.R.L., Twisk, J.W.R., Bongers, P.M., van Dieen, J.H., 2013, Cumulative low back pain load at work as a risk factor of low back pain: a prospective cohort study, *Journal of Occupational Rehabilitation*, Volume 23(1), pp.11-18, doi: 10.1007/s10926-012-9375-z.
- EUMUSC (Driving musculoskeletal health in Europe), Musculoskeletal health in Europe Report v5, Available at: <http://www.eumusc.net/myUploadData/files/Musculoskeletal%20Health%20in%20Europe%20Report%20v5.pdf>, Downloaded on 31.03.2014.
- Glavač, T.B., 2012., Foot muscle strengthener, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Volume 15(2), pp.343-350, doi: 10.2298/vojtehg1202343G.
- Hermens, H.J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., Rau, G., 2000, Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Volume 10(5), pp.361-374, doi: 10.1016/S1050-6411(00)00027-4.
- Jovičić, M., Konstantinović, Lj., Lazović, M., Jovičić, V., 2012, Clinical and functional evaluation of patients with acute low back pain and radiculopathy treated with different energy doses of low level laser therapy, *Vojnosanitetski pregled*, Volume 69(8), pp.656-662. doi: 10.2298/VSP1208656J.
- Knežević, O., Mirkov, D., 2013, Trunk muscle activation patterns in subjects with low back pain, *Vojnosanitetski pregled*, Volume 70(3), pp.315-318. doi: 10.2298/VSP1303315K.
- Lalošević, V., Poleksić, Z., Blagojević, Z., Tomić, S., Miličković, S., 2006, Low back pain-differential diagnosis, prognosis and treatment, *Acta Chirurgica Iugoslavica*, Volume 53(4), pp.49-52. doi: 10.2298/ACI0604049L.
- Lumbia<sup>®</sup>: Marketing agreement of the lumbar rehabilitation device, [http://www.tecnalia.com/images/stories/salud/opportunidades-negocio/fichaSS\\_Lumbia\\_en\\_sin%20marcas.pdf](http://www.tecnalia.com/images/stories/salud/opportunidades-negocio/fichaSS_Lumbia_en_sin%20marcas.pdf), Downloaded on 28.04.2014.
- Miljković, N., Đorđević, O., Bijelić, G., Konstantinović, Lj., Schwirtlich, L., Rodriguez-de-Pablo, C., Popović, D. B., Zabaleta, H., 2013, EMG and ultrasound imaging measu-

rements of low back muscles, pp.199-202, 18<sup>th</sup> IFESS Annual Conference, Donostia - San Sebastian, Spain, 5-8 June.

Orsello, C.A., Phillips, A.S., Rice, G.M., 2013, Height and in-flight low back pain association among military helicopter pilots, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Volume 84(1), pp.32-37.

Pelham, T.W., White, H., Holt, L.E., Lee, S.W., 2005, The etiology of low back pain in military helicopter aviators: Prevention and treatment, *Work*, Volume 24(2), pp.101-110.

Popović, D.B., Bijelić, G., Miler, V., Došen, S., Popović, M.B., Schwirtlich, L., 2009, Lumbar stimulation belt for therapy of low-back pain, *Artificial Organs*, Volume 33(1), pp.54-60, doi: 10.1111/j.1525-1594.2008.00674.x.

Ritvanen, T., Zaproudina, N., Nissen, M., Leinonen, V., Hanninen, O., 2007, Dynamic surface electromyography responses in chronic low back pain treated by traditional bone setting and conventional physical therapy, *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, Volume 30(1), pp.31-37. doi: 10.1016/j.jmpt.2006.11.010.

Winter, D.A., Yack, H.J., 1987, EMG profiles during normal human walking: Stride-to-stride and inter-subject variability, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Volume 67(5), pp.402-411.

Zedka, M., Prochazka, A., Knight, B., Gillard, D., Gauthier, M., 1999, Voluntary and reflex control of human back muscles during induced pain, *Journal of Physiology*, Volume 520(2), pp.591-604.

## ИЗМЕРЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ТУЛОВИЩА ПРИ ОЦЕНКЕ БОЛИ В СПИНЕ

ОБЛАСТЬ: Биомедицинская инженерия  
ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья  
ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

### Резюме:

*Боли в спине одна из самых распространенных заболеваний во всем мире. Для установления диагноза и прогноза реабилитации пациентов применяется описательные шкалы. Но для достоверной количественной оценки реабилитации пациентов необходимо определить подходящие физиологические и кинематические меры. Такие меры важны для обеспечения точности оценки, и могут применяться как в клинических, так и в домашних условиях. В статье рассматривается обыкновенное электромиографическое исследование (ЭМГ) сигналов мышц спины и измерение угла туловища при сгибании/разгибании позвоночника. Был проведен эксперимент по предложенным процедурам измерения сигнала на трех здоровых людях и 2-х пациентах с болями в спине. Проведенный эксперимент измерения сигнала показал, что на точность количественной оценки больных и здоровых обследуемых влияет скорость сгибания/разгибания позвоночника, и свойства активированных мышц туловища. Результаты исследования показали, что при анализе траектории угла туловища, ско-*

*рости сгибания/разгибания, и профиля мышц, возможно различить здоровые профили сгибания туловища от больных. Применение данных результатов могло бы значительно улучшить эффективность современной медицинской диагностики.*

*Ключевые слова: сгибание туловища; боли в спине; электромиография; оценка реабилитации.*

#### MERA FLEKSIJE TRUPA ZA OCENU BOLA U LEĐIMA

OBLAST: biomedicinsko inženjerstvo

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

JEZIK ČLANKA: engleski

#### Sažetak:

*Bol u leđima je jedan od najčešćih zdravstvenih problema ljudi u celom svetu. Za ocenu oporavka pacijenata sa bolom u leđima i dijagnostiku u upotrebi su deskriptivne medicinske skale. Međutim, kako bi se kvantitativno ocenio oporavak pacijenata neophodno je definisati odgovarajuće fiziološke i kinematičke mere. One su značajne kako bi se obezbedila neophodna ponovljivost i pouzdanost ocene za njihovu primenu u kliničkoj praksi i u kućnim uslovima. U ovom radu predloženo je jednostavno merenje elektromiografskih (EMG) signala mišića leđa i merenje ugla trupa tokom fleksije/ekstenzije trupa. Primena predložene instrumentacije i rutina za procesiranje signala testirani su merenjima na tri zdrava ispitanika i na dva ispitanika sa bolom u leđima. Predložena analiza izmerenih signala pokazala je da bi se za kvantitativnu ocenu pacijenata i zdravih ispitanika mogla koristiti brzina fleksije/ekstenzije trupa u kombinaciji sa profilima aktivacije mišića trupa. Rezultati testiranja pokazali su da je analizom trajektorija ugla u trupu, brzine trupa i mišićnih profila moguće razlikovati zdrave i bolne profile fleksije trupa, što bi značajno unapredilo današnju medicinsku dijagnostiku.*

*Ključne reči: fleksija trupa, bol u leđima, elektromiografija, ocena oporavka.*

Datum prijema članka/Paper received on: 16. 04. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 19. 05. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 21. 05. 2014.

# ISTORIJSKA ANALIZA I HEURISTIKA U FUNKCIJI EDUKACIJE ŠTABOVA ZA VANREDNE SITUACIJE

Paun J. Bereš<sup>a</sup>, Kristian. P. Bereš<sup>b</sup>,  
Sreten S. Cvetković<sup>c</sup>, Radovan M. Jazić<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ministarstvo odbrane Republike Srbije,  
Uprava za obaveze odbrane,  
Centar Ministarstva odbrane Zrenjanin,  
e-mail: paunberes@gmail.com

<sup>b</sup> Univerzitet „Politehnika“, Računari i informatičke tehnologije,  
Temišvar, e-mail: kristianberes@gmail.com

<sup>c</sup> Ministarstvo odbrane Republike Srbije,  
Uprava za obaveze odbrane,  
Regionalni centar Ministarstva odbrane Novi Sad,  
e-mail: sreten1970@gmail.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-5511

FIELD: informatika i računarstvo  
ARTICLE TYPE: originalni naučni članak  
ARTICLE LANGUAGE: srpski

## Sažetak:

*U ovom radu prezentira se rešavanje problema donošenja adekvatnih odluka u vanrednim situacijama i vanrednom stanju primenom istorijske analize i heuristike sa posebnim osvrtom na primenu heurističkog modela edukacije timova – štabova za vanredne situacije. Namenjeno je komandnom i nastavnom kadru civilne odbrane – lokalnim samoupravama (načelnicima upravnih okruga, gradonačelnicima i predsednicima opština, komandantima) i sistemu zaštite i spasavanja (Sektoru za vanredne situacije).*

*Istorijska analiza i heuristički pristup rešavanju problema treba da omogući komandnom kadru od lokalnog do nacionalnog nivoa donošenje adekvatnih odluka u vanrednim situacijama po proglašenju vanredne situacije i vanrednog stanja na delu teritorije ili celoj teritoriji Republike Srbije, kao i da ukaže na neophodnost koordinacije između lokalnog i nacionalnog nivoa.*

Key words: štab, rešavanje problema, lokalizacija, heuristika.

## Introduction

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 razno-

vrsna 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 *vanrednim situacijama*.

Istorijskom analizom i „heurističkim pristupom rešavanju problema” (Kvašček, 1978) i projektovanjem budućih sistema u funkciji vanrednih situacija teži se prevazilaženju pomenutih problema.

*Civilna odbrana* je deo jedinstvenog sistema odbrane, organizovana radi uspešnog funkcionisanja državnih organa, organa autonomnih pokrajina i jedinica lokalnih samouprava, privrednih društava i drugih pravnih lica, zaštite i spasavanja i obezbeđenja uslova za život i rad građana i zadovoljenje potreba snaga odbrane u vanrednom i ratnom stanju.

*Civilna zaštita* je organizovan sistem čija je osnovna delatnost zaštita, spasavanje i otklanjanje posledica elementarnih nepogoda, tehničko-tehnoloških nesreća i drugih većih opasnosti koje mogu ugroziti stanovništvo, materijalna i kulturna dobra i životnu sredinu u miru i vanrednom i ratnom stanju (Bereš, 2005).

*Integrirani sistem zaštite i spasavanja* podrazumeva uspostavljanje jedinstvenog sistema rukovođenja, organizovanja građana i logističke podrške u zaštiti i spasavanju sa efikasnim sistemom informisanja u miru, vanrednoj situaciji, vanrednom i ratnom stanju (Bereš, 2013).

Kadrovi Službe osmatranja, obaveštavanja i veze prikupljaju informacije u skladu sa pravilnikom o razmeni informacija po listi pitanja. Na teritoriji jedinice lokalne samouprave – JLS (grad, opština) mogu se pojaviti sve vrste opasnosti (rat, opasnosti od elementarnih nepogoda kao što su: poplave, požari većih razmera, zemljotresi, klizanje tla i sl.) i tehničke nesreće, tj. *vanredne situacije (prepoznato je 36)* (Bereš, 2013), koje treba pravovremeno otkriti radi preduzimanja mera zaštite i sklanjanja stanovništva i materijalnih dobara.

Pravovremena, tačna i precizna informacija u ovakvim situacijama život znači. Zbog toga se kadrovima koji rade na ovim poslovima posvećuje posebna pažnja, kada je u pitanju njihova obučenosť, spretnosť u rukovanju najmodernijom i raznovrsnom opremom, snalažljivosť u vanrednim situacijama i pravovremenom prenosu informacija do subjekata zaduženih za brze intervencije u pomenutim situacijama.

## Pojam, zadatak i cilj istorijske metode i analize događaja u odbrani za vreme vanrednih situacija

Pod istorijskom analizom podrazumevamo istorijsku naučno-istraživačku metodu u kombinaciji sa heurističkim metodama koje uzimaju u obzir hronologiju događaja kao i njihov razvoj, uzrok i posledice i služi za rešavanje kompleksnih problema upravljanja i organizacije privrednih, administrativnih,

*vojnih* i drugih sistema sa upravljanjem na osnovu analize događaja kojih su zadesili određenu teritoriju (u našem slučaju teritoriju odgovornosti Centra Ministarstva odbrane za lokalnu samoupravu Zrenjanin). Naučne metode istorijska analiza i heuristika su interdisciplinarne oblasti u kojima se primenjuju različite kvantitativne metode i tehnike u pronalaženju najefikasnijih ili optimalnih rešenja za razne proizvodne, ekonomske, tehničke, *vojne* i druge probleme. Ova rešenja treba da posluže radi donošenja odluka u procesu upravljanja nekim sistemom, pa je zadatak ovih metoda ne samo da donosiocu odluka ponude jedno ili više rešenja, nego i da kvantitativnim metodama ocene kakve će biti posledice odluka donetih na bazi takvih rešenja. Ovim metodama traže se optimalna rešenja u procesu donošenja odluka pri razmatranju problema sa raznim tipovima ograničenja. Istorijaska analiza i heuristika, kao multidisciplinarne oblasti, imaju sledeći zadatak: jasno formulisanje cilja koji se želi postići, prikupljanje neophodnih podataka i proučavanje svih uslova ograničenja, definisanje heurističkog modela problema, izbor podesne metode za egzaktno rešenje problema, i rešenje problema, odnosno utvrđivanje jednog ili više predloga koji se nude donosiocu odluke kao moguća rešenja. Iz svega toga mogu se izvesti sledeće glavne karakteristike ovih metoda: sistemski pristup, primena naučnih metoda u izučavanju funkcionisanja sistema i pripremi odluka, formulisanje heurističkog modela i iznalaženje optimalnog ili zadovoljavajućeg rešenja, i kompleksnost radnog tima koji analizira i rešava postavljene zadatke i predlaže rešenja donosiocu odluka i kasnije vrši uvid i kontrolu njihove realizacije u praksi (Bereš, 2005).

Sistemi u oblasti odbrane, od organizacionih, konstrukcijskih, proizvodnih do informacionih, zahtevaju, kao i u drugim oblastima, detaljno poznavanje suštine i uslova primene različitih organizacionih, konstrukcijskih i tehnoloških rešenja, da bi bili uspešno projektovani i primenjeni u konkretnom problemu i u funkciji konkretnog zadatka. U ovom kontekstu treba posmatrati i primenu teorije pouzdanosti i uslove u kojima se ostvaruje zadatak optimizacije pouzdanosti organizacionih, proizvodnih i drugih sistema u vanrednim situacijama. Težnja ka formiranju realnih modela i uspostavljanju egzaktne veze između postignute pouzdanosti, rezultata i ostvarenih troškova, uzrokovala je formiranje vrlo složenih modela, sa numeričkog aspekta teško rešivih standardnim metodama. Zbog toga se naučnoistraživački rad u ovoj oblasti, i uopšte u svim oblastima, sve češće usmerava ka razvoju heurističkih metoda (Ivković, Popović, 2005).

## Heuristika u vanrednim situacijama

„Heureka” se definiše kao ”našao sam, pronašao sam” (Bereš, 2005). Dok pojam ”heuristika” znači ”nauka o načinima iznalaženja novih naučnih spoznaja” (Hotomski, 1995) i potiče od pojma heureka.

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 fazilogičkim 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?”.
- „Šta je bolje – heuristika X ili heuristika Y ?” (Amaldi, 2003).

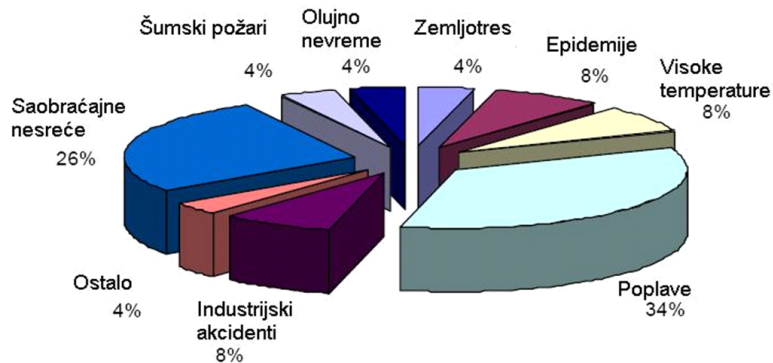
Pod heurističkim modelovanjem podrazumeva se stvaranje takvog modela koji ima lepezu mogućnosti i reprezentuje više originala u jednom te istom modelu, tj. taj model omogućuje pronalaženje novih znanja i razvija stvaralaštvo zahtevajući od subjekata ovu ili onu samostalnost uz uvažavanje nivoa predznanja svakog subjekta u svom domenu ponaosob (primer: frekventne vanredne situacije sa aspekta istorijske analize i sl.). Heuristički model veoma malo determiniše radnje u toku rešavanja problema, tako da ostavlja subjektu – članu tima (štaba za vanredne situacije) 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 (štaba za vanredne situacije) da postigne svoj maksimum, kako slabijim, prosečnim, tako i natprosečnim, tj. talentovanim članovima tima. 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) i otkriva nove puteve kreativnog rešavanja problema (Bereš, 2013).

## Rešavanje problema i donošenje adekvatnih odluka

Naš problem je jedna od vanrednih situacija (slika 1 i 2), kao što je olujno nevreme sa snežnim nanosima koja može da zadesi Evro region, Srbiju ili Srednjebanatski okrug.

Problem je opisan primenom istorijske analize i heuristike, ali i kvantitativnim metodama radi opisivanja stanja ili ustanovljavanja uzročno-posledičnih odnosa između pojava u svakoj od n-broja vanrednih situacija koje mogu da nas zadese.

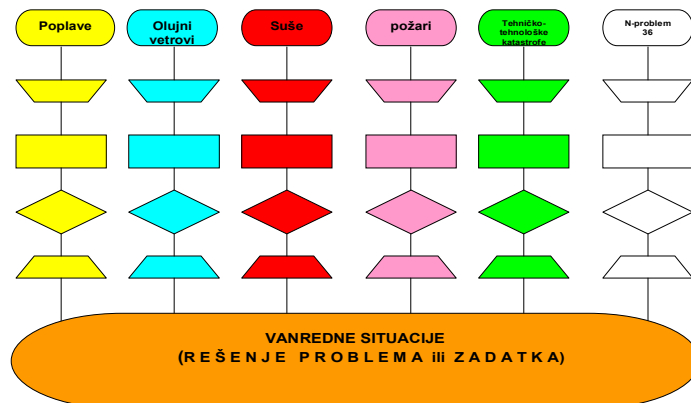




**Slika 1** – Zastupljenost različitih vanrednih situacija u Srbiji i Crnoj Gori (1989–2006)  
 Preuzeto iz Finalnog izveštaja o rizicima zemalja jugoistočne Evrope – Inicijative za upravljanje rizicima od vanrednih situacija u jugoistočnoj Evropi – SEEDRMI, jul 2007.  
**Figure 1** – Representation of different emergency situations in Serbia and Montenegro (1989-2006) Taken from Final Report on the risks of the countries of South East Europe Initiative for risk management of emergencies in SEE-SEEDRMI, July 2007.

Potencijalni rizici su:

- prirodni rizici: opasne meteorološke pojave – poplave, oluje, tornado, snežni nanosi, suša, jaki mrazevi, šumski požari, kao i destruktivne pojave geološke prirode – klizišta zemljišta, zemljotresi;
- biološki rizici: epidemije, životinjske epidemije, zoonoze;
- tehnološki rizici: industrijski, transport i skladištenje opasnih proizvoda, masovni požari i eksplozije, transporti drumski i železnički, plovni putevi, vazdušni putevi, zagađenje voda, potencijalna zagađenja, rušenje zgrada, instalacija ili uređenja, nesreće prouzrokovane otkazivanjem javnih usluga, padanje predmeta iz atmosfere ili svemira, neeksplozivna municija ... *ukupno 36* rizika, tj. vanrednih situacija koje mogu da zadese Evro region Banat sa jedne i druge strane granice (Bereš, 2013).



**Slika 2** – Problemska situacija – heuristički algoritam  
**Figure 2** – Problem situation-heuristic algorithm

## Rešavanje problema

Heurističke metode raspravljene su sa stanovišta njihove upotrebljivosti u praktičnoj primeni i testirane na standardnim ispitnim zadacima u novorazvijanom programskom okruženju za konstrukciju, ispitivanje i parametrizaciju heurističkih algoritama (Bereš, 2013). Metode su upoređene s vodećim heurističkim metodama i upotrebljene za rešavanje problema frekventnih vanrednih situacija u realnom skupu vanrednih situacija koje mogu da nas zadese.

Problemska situacija u našem slučaju:

1. Olujni vetar orkanske jačine sa snežnim nanosima na drumskim i pružnim saobraćajnicama, prekid saobraćaja sa blokadom puta, zarobljeni putnici i prevozna sredstva u smetovima (slike 3, 4, 5 i 6).

2. Raspoloživa sredstva i oprema JLS (javnih preduzeća, Crvenog krsta, Dobrovoljnog vatrogasnog društva, radio-amatera i dr.), MO, Vojske, MUP-a Srbije – Sektora za vanredne situacije (slike 3, 4, 5 i 6).

3. Upravljanje vanrednom situacijom – lokalni i nacionalni nivo (slika 8 a i b) i (slika 9) – Štabovi za vanredne situacije na čelu sa komandantom, gradonačelnikom, predsednikom opštine sledećeg sastava: predstavnici 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, udruženja građana i dr.

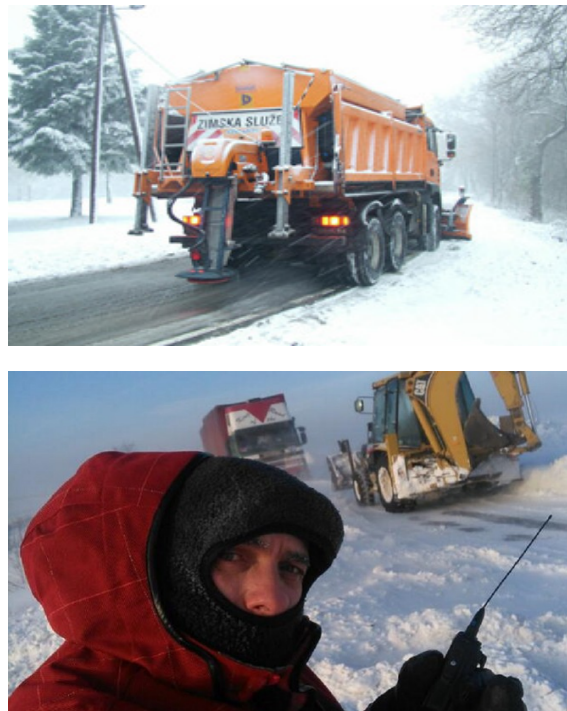
4. Koordinacija na nivou Upravnog okruga – Okružni štab za vanredne situacije na čelu sa komandantom – načelnikom okruga (slike 8 i 9).

5. Adekvatna odluka komandanta i štabova (slike 5, 6, 7 i 8); raščišćavanje puteva, evakuacija ugroženih putnika (slika 5), angažovanje ljudskih i materijalnih resursa, a u slučaju potrebe proglašenje vanredne situacije i angažovanje dodatnih resursa MUP-a – Sektora za vanredne situacije i Ministarstva odbrane – Vojske Srbije, predlog uvođenja vanrednog stanja na delu teritorije).





Slika 3 – Raspoloživa sredstva i oprema JLS, MUP-a i MO – Vojske Srbije  
 Figure 3 – Available assets and equipment JLS, MUP and MO-Army



Slika 4 – Raspoloživa sredstva i oprema JLS: a) vozilo za čišćenje snega, b) radio-amateri  
 Figure 4 – Available assets and equipment JLS: a) Snow blower b) Hams





Slika 5 – Raspoloživa sredstva i oprema: helikopter MO – Vojske Srbije  
 Figure 5 – Available assets and equipment: Helicopter MO-Serbian Armed Forces

Nakon uklanjanja snežnih nanosa sa puta Zrenjanin–Beograd, na deonici Stajićevo–Čenta, a po pozivu Okružnog/gradskog štaba za vanredne situacije, na predlog Uprave saobraćajne policije Zrenjanin, Doborvoljna vatrogasna društva pristupila su akciji pranja i čišćenja puta od nanesenog blata (slika 6).



Slika 6 – Raspoloživa sredstva i oprema JLS: DVD Zrenjanin  
 Figure 6 – Available assets and equipment JLS: DVD Zrenjanin

## Metode za čišćenje snega i leda i savremena oprema za brze intervencije (iskustva drugih)

Da bi se izbegla oštećenja asfalta, so se zamenjuje kalcijum-hloridom, koji može da se koristiti na temperaturama ispod -30 stepeni Celzija, što obezbeđuje zaštitu asfalta i betona i produžuje im prosečan životni vek, istovremeno, kalcijum-hlorid nije štetan za zelene površine. Pozitivna iskustva sa tečnim kalcijum-hloridom imaju gradovi/opštine Bukurešt, Brasov u Rumuniji i Beograd (slika 4a).

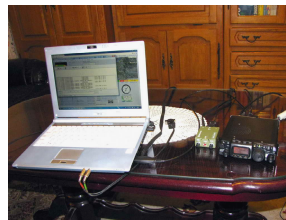
Tečni kalcijum-hlorid ne utiče agresivno na površinu na koju se nanosi i potpuno je bezopasan za čoveka i životnu sredinu. Radi sprečavanja češćeg pucanja asfalta u zimskom periodu, komunalna preduzeća u Beogradu počela su da koriste tečni kalcijum-hlorid prvobitno na mostovima i saobraćajnicama prvog prioriteta, što zbog očuvanja asfalta i metalnih konstrukcija, što zbog rizičnijeg saobraćaja na tim deonicama.



Slika 7 – Sredstva za brze intervencije: iz vazduha; sredstva veze (ALE-Automatic Link Establishment).

Figure 7 – Means for rapid intervention: from the air; means of communication (ALE-Automatic Link Establishment).

(<http://martinjetpack.com/video-gallery.aspx>)



## *Edukacija, rešavanje problema, donošenje odluka*

Donošenje odluke je problem koji se pojavljuje u svakoj delatnosti. U kontekstu višekriterijumske 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 kriterijume. Kako su kriterijumi po pravilu konfliktni, izbor donositelja odluke neće biti optimalno rešenje u tradicionalnom smislu, već će biti reč 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 kroz rešavanje problema i donošenje odluka (Bereš, 2013).

Članovi štaba za vanredne situacije suočeni su sa mnogobrojnim problemima (slika 1 i 2), koje treba rešavati heurističkim metodama i raznim mogućnostima (slika 3, 4, 5, 6, 7 i 10 od 1 do 4), koje treba staviti u funkciju rešavanja problema, tj. doneti pravovremenu i adekvatnu odluku (slika 8 i 9). Analizom ankete (slika 10 od 1 do 4) dolazili smo do neopodnih podataka za preventivno delovanje u narednom periodu.

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, udruženja građana i dr.



*Slika 8 – Zasedanje štabova za vanredne situacije:  
a) okružni i gradski; b) republički*

*Figure 8 – Session of headquarters for emergency situations:  
a) The District and the City HQ, b) the Republic HQ*



Odlukom Štaba za vanredne situacije Grada Zrenjanina (slika 8 a) proglašena je u petak, 31. januara 2014. godine, Vanredna situacija, zbog vremenskih nepogoda, olujnog vetra koji je izazvao nanose snega na putevima, prouzrokovao zastoje u saobraćaju i zarobljavanje putnika u smetovima na putu Zrenjanin–Beograd.

Sastanak Štaba za vanredne situacije održan je u Zrenjaninu gde se odlučuju naredni koraci povodom nastale situacije. Za probijanje oko pedeset vozila koja su zavejana uključena je privatna mehanizacija za ovaj posao iz Stajićeva. Po proglašenju vanredne situacije, tražena je pomoć od MO – Vojske Srbije, koja je pritekla u pomoć teškom mehanizacijom i helikopterima. Zaključak sa sastanka jeste da se ljudi evakuišu, a da vozila ostanu na putu.

Sednica Republičkog štaba za vanredne situacije (slika 8 b) održana je 31. januara, u odsustvu predsednika Vlade, ministra unutrašnjih poslova i komandanta Štaba Ivica Dačića. Sednicom je predsedavao državni sekretar Ministarstva unutrašnjih poslova Vanja Vukić, razgovarano je o situaciji izazvanoj snegom i olujnim vetrom u pojedinim delovima Srbije.



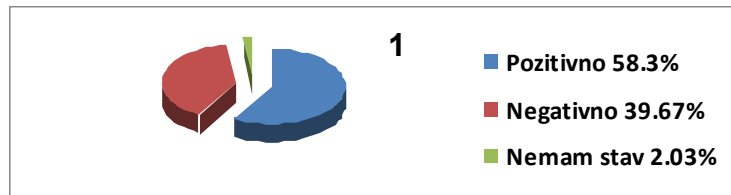
Slika 9 – Koordinacija rada na terenu: JLS, MO – Vojska Srbije, Sektor za VS MUP-a  
Figure 9 – Coordination in the field: JSL, MO-The Serbian Army, Department of VS MUP

Sastanku su prisustvovali i predstavnici Ministarstva odbrane i Puteva Srbije. Istaknuto je da je prioritetni zadatak spasavanje i evakuacija osoba zavejanih na Zrenjaninskom putu, između Perleza i Stajićeva.

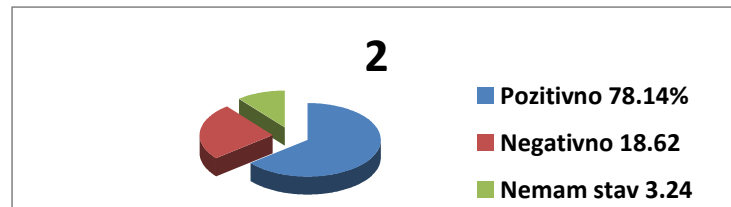
Republički štab za vanredne situacije najavio je stalno praćenje situacije, kao i mogućnost da se, ukoliko bude potrebno, potpuno obustavi saobraćaj na putu od Čente prema Zrenjaninu, kako bi se ta deonica potpuno očistila od smetova. U ovakvim situacijama veoma je bitna koordinacija između lokalnog i nacionalnog nivoa (slika 9).

Sve jedinice sa nacionalnog nivoa primaju zadatke od Štaba za vanredne situacije na čijoj teritoriji je proglašena vanredna situacija, a po potrebi i vanredno stanje. Ocena postupanja pojedinih subjekata sa lokalnog do nacionalnog nivoa može se videti iz analize anonimne ankete (slika 10; od 1 do 4). Anketirano je 247 građana i građanki Republike Srbije (125 muškaraca i 122 žene) u periodu 1. 2. do 7. 2. 2014. godine, starosti od 18 do 65 godina putem Web istraživačkog servisa. Anketa je imala za cilj otklanjanje nedostataka u funkcionisanju tih subjekata (zimске službe, MUP-a, Vojske i štabova na svim nivoima).

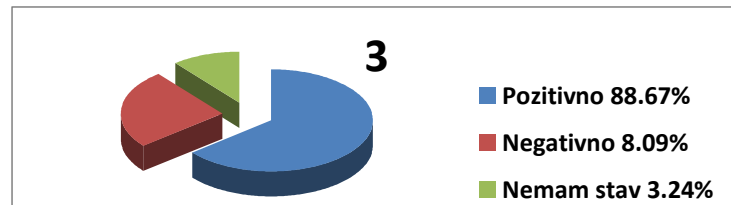
*Anketa o zavejanim putnicima u Vojvodini, 1. 2 –7. 2. 2014. god.*  
(<http://www.tvojstav.com/results/gZlvsnNYdhblTbX6DUvX>)



*Slika 10 – Ocena postupanja zimске službe*  
*Figure 10 – The rating of the actions of winter service*

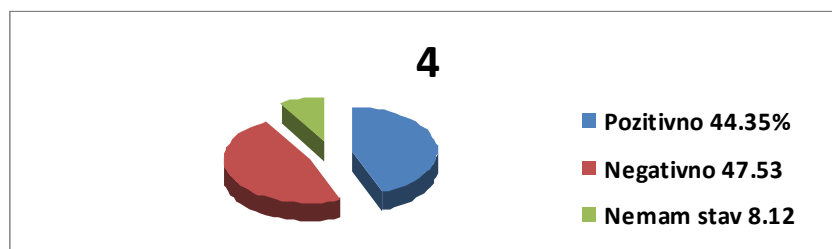


*Slika 10 – Ocena postupanja MUP-a i Sektora za vanredne situacije*  
*Figure 10 – The rating of the actions of the MUP and the Sector for Emergency Situations*



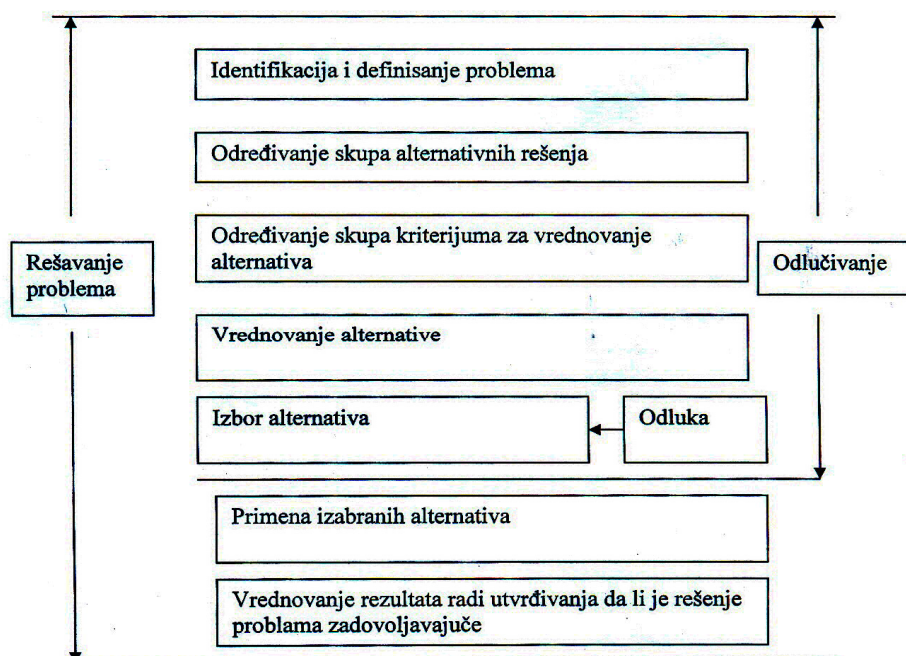
*Slika 10 – Ocena postupanja Ministarstva odbrane i Vojske Srbije*  
*Figure 10 – The rating of the actions of the Ministry of Defence and the Serbian Armed Forces*





Slika 10 – Ocena postupanja štabova za vanredne situacije  
 Figure 10 – Rating of the actions of the Staff for Emergencies

Na osnovu rešenja problema donosi se adekvatna odluka na svim nivoima (slika 11).



Slika 11 – Odnos-rešavanje problema /odlučivanje  
 Figure 11 – Relation-problem solving / decision making

Efekte obrazovanja putem rešavanja heuristički koncipiranih problema u pogledu povećanja vaspitno-obrazovnih ishoda

Realizacija i organizacija nastave u eksperimentu odvijala se uz pomoć računara i nastavnog materijala projektovanog radi poboljšanja nastave i razvijanja individualnosti člana tima – štaba. Nastavni materijali predstavljaju nastavne teme, nastavne jedinice i vežbe iz oblasti prikazanih vanrednih situacija prilagođenih učenju uz pomoć računara.

Eksperimentalno istraživanje realizovano je na izabranim nastavnim sadržajima istorijskom analizom ranijih događaja i najnovijim događajima na teritoriji nadležnosti iz oblasti vanrednih situacija, pogodnih za obradu heurističkim pristupom koje je uslovalo adekvatne nastavne metode, oblike i sredstva rada radi trajnog sticanja znanja. Realizacija rada u eksperimentalnoj grupi E odvijala se kroz intenzivniji misaoni rad zaduženih lica na poslovima odbrane u JLS, poštovanje određenih faza rada i povećane saznanje efekte, kao i primeni znanja u praksi. Istraživanje je sprovedeno u CMO Zrenjanin. Eksperimentom je obuhvaćena jedna grupa od 8 zaduženih lica na poslovima odbrane u JLS i čine jednu eksperimentalnu grupu, „Eksperiment sa jednom eksperimentalnom grupom”, gde želimo da ustanovimo koliki je napredak tih lica prilikom usvajanja znanja iz oblasti vanrednih situacija, primenom heurističkog modela. U eksperimentu su izabrani sadržaji iz oblasti vanrednih situacija realizovani primenom heurističkog modela kao putokaz (uputstvo) u toj realizaciji. Zavisnu varijablu eksperimentalnog istraživanja definisali smo kao: *„povećani efekti nastave pri edukaciji iz oblasti vanrednih situacija, putem korišćenja istorijske analize i heuristike.”*

Uticaj korišćenja istorijske analize i heurističkog modela na efekte nastave iz oblasti vanrednih situacija ogleda se u rezultatima ispitivanja znanja zaduženih lica na poslovima odbrane u JLS. Primenom istorijske analize i heuristike u nastavi, izvršen je izbor najpogodnijih sadržaja, čija primena obezbeđuje optimalne efekte nastave iz oblasti vanrednih situacija, u uslovima kombinovanja frontalnog i individualnog rada.

Rezultati delovanja eksperimentalnog faktora dobijeni su na osnovu sprovedenog intervjuisanja lica na poslovima odbrane u JLS, na početku i na kraju svake nastavne jedinice ili nastavne teme. Da bi ustanovili čist učinak eksperimentalnog faktora od rezultata finalnog stanja, tj. kvantiteta usvojenih znanja, oduzeli smo inicijalno stanje (ono što su lica na poslovima odbrane u JLS već znali), tj. rezultate inicijalnog stanja koje smo odredili na početku navedene programske oblasti intervjuisanjem lica na poslovima odbrane u JLS.

Eksperimentom je obuhvaćeno 8 lica na poslovima odbrane u JLS, aritmetička sredina finalnog stanja svih lica  $X_f=4,79$  i aritmetička sredina inicijalnog stanja svih lica  $X_i=3,05$ . Prema tome, prosečna efikasnost eksperimentalnog faktora  $XF= X_f - X_i = 4,79 - 3,05 = 1,74$  ili procentualno  $XF\% = 35\%$ . Naravno, ovde nismo koristili rezultate pojedinih lica, već smo uzeli u obzir aritmetičke sredine. Na osnovu toga, možemo konstatovati da je čist učinak lica na poslovima odbrane u JLS, istorijske analize i heurističkog modela oko 35%, što znači da se nivo njihovog znanja povećao na završetku realizacije nastavne jedinice, tj. blok-časa za 35% u odnosu na znanja koja su na poslovima odbrane u JLS imali na početku.

## Zaključak

Anketa je sprovedena putem Web istraživačkog servisa „Tvoj stav”, a njena analiza ima za cilj da kroz odgovor na pitanja: „Kako ocenjujete rad: 1. zimske službe, 2. MUP-a – Sektora za vanredne situacije, 3. Ministarstva odbrane i Vojske Srbije, i 4. štabova za vanredne situacije na svim nivoima, pomogne u otklanjanju uočenih nedostataka u funkcionisanju navedenih subjekata.

Iz rezultata ankete (slika 10 od 1 do 4) jasno se vidi da su u velikom procentu Ministarstvo odbrane i Vojska Srbije ispunili očekivanja građana i građanki AP Vojvodine i Republike Srbije. Na drugom mestu je MUP Srbije, a na trećem zimske službe. Na četvrtom mestu su štabovi za vanredne situacije na svim nivoima i može se zaključiti da su se, po mišljenju građana i građanki najslabije snašli, te se u narednom periodu predlaže njihova edukacija kroz praktično uigravanje tj. vežbe.

U eksperimentu se istorijskom analizom i heuristikom došlo do određenih saznanja selekcijom vanrednih događaja u prethodnom periodu i danas, tj. identifikacije i definisanja problema, do određivanja skupa alternativnih rešenja i kriterijuma za vrednovanje alternativa, kao i vrednovanja i izbora radi donošenja adekvatne odluke. Prati se primena izabranih alternativa i vrednuju postignuti rezultati radi utvrđivanja da li je rešenje problema zadovoljavajuće (slika 11). Zadovoljavajuća rešenja problema služe kao primer u daljoj edukaciji štabova za vanredne situacije i preventivnom planiranju.

Ovi rezultati mogu služiti kao putokaz pri planiranju i opremanju svih subjekata sistema odbrane savremenim sredstvima za brzo reagovanje u vanrednim situacijama (kao što su: nove tehnologije – oprema i sredstva za čišćenje snega i leda; sredstva za brze intervencije iz vazduha (savremeni helikopteri i sl); i sredstva veze (ALE-Automatic Link Establishment), kao i za projektovanje predloga kurikuluma za osposobljavanje kadrova Civilne odbrane (lokalnih samouprava, privrednih društava, javnih preduzeća, udruženja, organizacija javnog informisanja, NVO i sl), Sektora za vanredne situacije MUP-a, tj. štabova za vanredne situacije, subjekata Ministarstva odbrane (Uprave za obaveze odbrane, civilno-vojne saradnje J-9, Vojske Srbije) i drugih subjekata na teritoriji Republike Srbije, radi stvaranja kontinuiteta u praćenju, obučavanju i osposobljavanju budućih kadrova neophodnih reformisanoj Civilnoj odbrani u vanrednim situacijama i po proglašenju vanrednog stanja radi edukacije mladih u duhu racionalnog korišćenja postojećih resursa, kroz timski rad na zajedničkom projektu koji objedinjuje različite ideje članova tima – uključenost svih subjekata sa lokalnog nivoa u funkciji upravljanja vanrednim situacijama (poplave, *olujni vetrovi sa snežnim nanosima*, suše, požari, tehničko-tehnološke katastrofe i sl.) i stavljanje ovakvih modela u funkciju vanrednih situacija kroz demonstraciju primene na konkretnim primerima i donošenju pravovremenih racionalnih odluka u preventivnom delovanju i otklanjanju posledica eventualnih katastrofa, koje mogu da nas zadese.

## 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-BUvEAsWatQbT4YGwBw#q=planning+umts+base+station+location+optimization+models+with+power+control+and+algorithms](https://www.google.rs/?gws_rd=cr&ei=kz-BUvEAsWatQbT4YGwBw#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, doktorska teza, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički Fakultet, Zrenjanin.

Bereš, P., 2013, Heuristički model edukacije i prototip sistema za daljinsko aktiviranje sirena u vanrednim situacijama, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, 61(1), str. 46-57.

Hotomski, P., 1995, Sistemi veštačke inteligencije, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin”, Zrenjanin.

Ivković, B., Popović, Ž., 2005, Upravljanje projektima u građevinarstvu, Građevinska knjiga, Beograd.

Kvašček, R., 1978, Modeli procesa učenja, Beograd, Prosveta.

<http://martinjetpack.com/video-gallery.aspx> (pristupano 23.05.2010)

<http://www.tvojestav.com/results/gZlvsnNYdhblTbX6DUvX> (pristupano 01.02.2014)

## ИСТОРИЧЕСКИЙ И ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОДЫ ПРИ ОБУЧЕНИИ СОТРУДНИКОВ ШТАБА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ

ОБЛАСТЬ: информатика и вычислительная техника

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ сербский

### Резюме:

*В данной статье представлены исторические и эвристические методы, влияющие на выбор соответствующих решений при наступлении чрезвычайных ситуаций и чрезвычайного положения. Особое внимание уделяется применению эвристической модели в обучении сотрудников оперативного штаба по чрезвычайным ситуациям. Инструктаж предназначен командному и преподавательскому составу кадров Гражданской обороны: местному самоуправлению (начальникам районных управлений, председателям районных Советов, мэрам, председателям муниципальных округов и командирам), а также аварийно-спасательным службам (Сектор ГО и ЧС). Исторический анализ и эвристический метод должны способствовать правильному выбору решений командного персонала, при наступлении чрезвычайных обстоятельств и объявлении чрезвычайного положения, как на местном, так и на национальном уровне Республики Сербия. Данные методы указывают на необходимость координации и взаимодействия областных и национальных уровней.*

Ключевые слова: штаб, решение проблем, локализация, эвристика.

HISTORICAL ANALYSIS AND HEURISTICS AS A FUNCTION OF  
EMERGENCY TEAM EDUCATION – EXPERIENCE  
OF THE CMoD ZRENJANIN

FIELD: Information Technology, Computer Science

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

*Abstract:*

*This paper presents a problem solving by applying a historical analysis and heuristics in order to make appropriate decisions in emergency situations and emergency with special reference to the use of heuristic models of educating teams-staff for emergencies. It is designed for command and teaching staff of the Civil Defence: local authorities (chiefs of districts, mayors and mayors-commanders) and the system of protection and rescue (Department of Emergency).*

*A historical analysis and a heuristic approach to solving the problem is to enable the command staff from the local to the national level to make adequate decisions in emergency situations after the proclamation of emergency and a state of emergency in parts of the territory, or across the territory of the Republic of Serbia, as well as to point out the necessity of coordination between local and national levels.*

*Keywords: staff; problem solving; localization; heuristics.*

---

Datum prijema članka/Paper received on: 15. 02. 20134

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 19. 04. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on:  
21. 04. 2014.

ПРЕГЛЕДНИ ЧЛАНЦИ  
REVIEW PAPERS  
ОБОЗОРНЫЕ СТАТЬИ

## KLASIFIKACIJA MANET PROTOKOLA RUTIRANJA

*Dejan M. Tepšić, Mladen Đ. Veinović*  
Univerzitet Singidunum, Beograd,  
e-mail: dejan.tepsic.10@singimail.rs; mveinovic@singidunum.ac.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-5706

OBLAST: telekomunikacije  
VRSTA ČLANKA: pregledni članak  
JEZIK ČLANKA: srpski

### Sažetak:

*Mobilne ad hoc mreže (MANET) jesu samokonfigurišuće mreže čvorova povezanih bežičnim vezama bez bilo kakvog oblika centralizovanog upravljanja. Trenutno su jedan od najvažnijih istraživačkih predmeta zbog velikog broja različitih primena (vojna, spasilačka itd.). U MANET mrežama svaki čvor istovremeno je terminal i ruter. Stoga svaki čvor mora biti sposoban da prosleđuje pakete do ostalih čvorova. Usled mobilnosti čvorova topologije kod ovih mreža sklone su čestim promenama. Tradicionalni protokoli rutiranja razvijeni za kablovske mreže ne mogu efikasno da rade u MANET mrežama, pa su za njih razvijeni posebni protokoli rutiranja.*

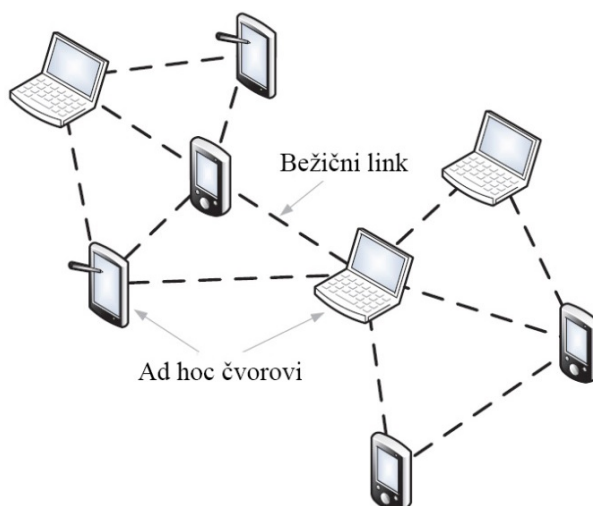
*Cilj ovog rada je istraživanje trenutnog stanja postojećih protokola rutiranja u MANET mrežama i poređenje različitih pristupa u njihovoj izvedbi. Protokoli rutiranja svrstani su prema načinu prosleđivanja paketa u tačka-tačka, tačka – više tačaka i emisione protokole rutiranja. Postoje tri glavne kategorije tačka-tačka protokola rutiranja za MANET mreže: proaktivni, reaktivni i hibridni.*

*Ključne reči: mobilne ad hoc mreže, bežične mreže, MANET, protokoli rutiranja.*

ZAHVALNICA: Rad je podržalo Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije kroz projekte TR32054 i ON174008.

## Uvod

Mobilna ad hoc mreža (MANET) jeste dinamična mreža koja omogućuje bežično umrežavanje u pokretu bez potrebe za prethodno izgrađenom mrežnom infrastrukturom (slika 1). Sastoji se od pokretnih čvorova, pri čemu čvor može biti čovek koji nosi ručni računar opremljen odgovarajućim uređajem za bežičnu komunikaciju, laptop računar, robot bez posade, odnosno svako ko je opremljen odgovarajućom opremom za bežičnu komunikaciju (Kumar, et al., 2013). MANET mreže funkcionišu bez centralizovane administracije, a čvorovi međusobno sarađuju kako bi obezbedili povezivanje.



Slika 1 – Mobilna ad hoc mreža koju čine uređaji povezani bežičnim putem  
Figure 1 – Mobile ad hoc network composed of devices connected wirelessly

U mobilnim ad hoc mrežama bežični uređaji detektuju prisustvo drugih uređaja radi formiranja funkcionalne mreže. Bežični uređaji mogu komunicirati sa drugim uređajima u okviru MANET mreže u samoorganizujućem obliku. Da bi podržali takve komunikacije, bežični uređaji u mobilnim ad hoc mrežama funkcionišu istovremeno i kao terminali i kao ruteri, što znači da mogu prosledivati pakete podataka od izvora do odredišta. Komunikacija se obavlja preko bežičnih veza pomoću bežičnih omnidirekcionih radio-interfejsa.

MANET mreže su veoma dinamične jer se mogu formirati na spontan i privremen način. Čvorovi se mogu nasumično pridružiti i napustiti mrežu, i mogu biti pokretni. Zbog dinamične prirode mreže ne postoji centralizovano upravljanje, već svi čvorovi samostalno i podjednako sarađuju na distribuirani način. Na taj način formira se mreža sa više skokova (engl. multihop). To podrazumeva da čvor ima ulogu terminala u ko-

munikaciji s kraja na kraj (engl. end-to-end) i istovremeno ulogu rutera za prosleđivanje paketa podataka do drugih terminala koji nisu u opsegu direktnog prenosa svojih izvornih čvorova. MANET mreža može raditi kao samostalna mreža, ili se može integrisati sa spoljnim mrežama, kao što je globalna internet mreža preko gejtvaja (engl. gateway).

Čvorovi u takvoj mreži mogu biti vrlo pokretni, što uzrokuje stvaranje i raskidanje veza među njima. S obzirom na to da su čvorovi neprestano u pokretu, topologija mreže je promenljiva. MANET mreža je sposobna da izlaskom nekog čvora ili više njih iz mreže ne izgubi poslate pakete, već da sama pronađe novu rutu do odredišnog čvora.

MANET mreže omogućavaju mrežnu povezanost koja se može relativno brzo postaviti u proizvoljnom komunikacionom okruženju. Upotreba mobilnih ad hoc bežičnih mreža može se naći na prostorima gde se standardna mrežna infrastruktura teško može razviti, kao što su vojna borbeno polja, scenariji katastrofa i spasilačkih operacija. S obzirom na to da se bežične tehnologije neprestano razvijaju, primena mobilnih ad hoc mreža postaje moguća i u civilnom okruženju komunikacije sa ličnim uređajima, kao što su PDA uređaji, mobilni telefoni i prenosni računari.

## Pregled postojećih radova

Cilj ovog istraživanja jeste klasifikovanje postojećih protokola rutiranja u okviru bežičnih MANET mreža i poređenje različitih pristupa u njihovoj izvedbi. Postojeći radovi u ovoj oblasti delimično su to i učinili.

U istraživanju (Pathak, et al., 2013) predstavljeni su tačka-tačka (engl. unicast), tačka – više tačaka (engl. multicast) i emisioni (engl. broadcast) protokoli rutiranja namenjeni za primenu u MANET mrežama. Komparativnom analizom različitih protokola rutiranja autori su došli do zaključka da različiti protokoli rutiranja imaju različite prednosti i nedostatke. Stoga, nijedan protokol rutiranja ne može biti adekvatan za primenu u svim mogućim scenarijima i tipovima prenošenog saobraćaja u MANET mrežama.

U radu (Sondi, et al., 2010) autori su pokazali da mobilna ad hoc mrežna arhitektura omogućuje jeftino i jednostavno ostvarivanje mrežnih usluga gotovo bilo gde i bilo kada. Pored pristupa internetu, krajnji korisnici najčešće traže i upotrebljavaju multimedijalne aplikacije. Međutim, one nameću stroga ograničenja kvaliteta servisa u vidu propusnog opsega, kašnjenja i gubitka paketa.

U radu (Kaur, et al., 2012) data je komparativna analiza različitih tačka-tačka protokola rutiranja. Autori su sprovedli eksperimentalna merenja na osnovu kojih su prezentovali prednosti i nedostatke različitih pristupa. Pokazano je da je naučna oblast istraživanja protokola rutiranja u mobilnim ad hoc mrežama aktuelna tema brojnih naučnih radova, te da se mogu očekivati novi naučni doprinosi u ovoj oblasti.



## Protokoli rutiranja u MANET mrežama

Prilikom uspostavljanja komunikacije putem bežične mreže, ako dva čvora nisu direktno povezana putem komunikacionog linka, njihove međusobne poruke treba da budu prosleđene putem tranzitnih čvorova. Rutiranje je razmena informacija (paketa) od jednog čvora ka drugom. U tradicionalnim računarskim mrežama čvorovi sa namenom rutiranja paketa zovu se ruteri. Aplikacije na terminalima komuniciraju sa serverima, a paketi podataka prosleđuju se putem rutera ka svojim destinacijama. Za razliku od tradicionalnih računarskih mreža, MANET mreže ne prave razliku između terminala, servera i rutera. Bežične ad hoc mreže takođe se razlikuju od tradicionalnih bežičnih mreža sa baznim stanicama, kao što su mobilni telefonski sistemi, u kojima se poruke između terminala prenose putem baznih stanica. U bežičnim ad hoc mrežama čvorovi su ne samo terminali, već funkcionišu i kao ruteri koji prosleđuju poruke ka drugim čvorovima. Čvorovi formiraju samoorganizujuću mrežu bez centralizovane administracije i upravljanja. Dakle, bežične ad hoc mreže su distribuirani sistemi.

Ad hoc protokol rutiranja je konvencija, ili standard, koji kontroliše na koji način čvorovi odlučuju kako će prosleđivati pakete podataka između ostalih čvorova u MANET mreži (Wang, 2011). Efikasni mehanizmi za protokole rutiranja u okviru MANET mreža predmet su brojnih istraživanja, od kojih su samo neki postali opšteprihvaćeni standard.

U mobilnim ad hoc mrežama čvorovi nisu upoznati sa topologijom njihove mreže. Umesto toga, moraju je samostalno otkriti. Osnovna ideja je da svaki novi čvor objavi svoje prisustvo, a zatim osluškuje emisione odgovore koje emituju njegovi susedi. Svaki čvor uči o čvorovima u svojoj neposrednoj blizini i o načinu kako da ih dosegne.

Protokol rutiranja ima dve osnovne funkcije:

- pronalaženje rute za paketni prenos podataka od izvornog čvora ka odredišnom čvoru,
- identifikovanje i razmenu tabele rutiranja, potrebne za uspostavljanje ruta, otkrivanje prekida u rutama, ponovno uspostavljanje ili popravku ruta i optimizaciju iskorišćenosti propusnog opsega.

Čvorovi u mobilnoj ad hoc mreži funkcionišu kao ruteri koji otkrivaju i održavaju rute ka drugim čvorovima u mreži. Odsustvo namenskih rutera otežava ostvarivanje bezbednosti u ad hoc bežičnim mrežama. Ovaj zadatak je još teži usled mobilnosti čvorova, ograničene procesorske snage i ograničene dostupnosti resursa, kao što su napajanje i propusni opseg.

Protokoli rutiranja namenjeni za upotrebu u tradicionalnim kablovskim mrežama ne mogu se koristiti u MANET mrežama. Specifične karakteristike ovih mreža zahtevaju posebne protokole rutiranja koji se bave rešavanjem identifikovanih izazova u ovim mrežama (Ranjan, et al., 2011). Takvi protokoli rutiranja treba da poseduju karakteristike navedene na slici 2.



Slika 2 – Karakteristike protokola rutiranja u mobilnim ad hoc mrežama  
Figure 2 – Routing protocol characteristics in mobile ad hoc networks

### *Distribuiranost*

Protokol rutiranja treba da bude u potpunosti distribuiran, jer centralizovano rutiranje podrazumeva visok stepen kontrole radi poboljšanja pouzdanosti. Pošto su svi čvorovi mobilni, centralizovani protokol rutiranja je neprihvatljiv. Svaki čvor treba da vrši rutiranje koristeći podatke prikupljene od drugih čvorova.

### *Dinamičnost*

Pored pretpostavke da se saobraćaj ravnomerno distribuira u okviru mreže, i da se održava rutiranje između svih čvorova u mreži, protokol rutiranja mora biti prilagodljiv konstantnim promenama topologije izazvanim mobilnošću čvorova. Topologija ad hoc bežične mreže je veoma dinamična zbog mobilnosti čvorova, tako da se oni mogu kretati unutar i van dometa jedni od drugih. Stoga, da bi rute sa više skokova bile održive kroz celokupnu mrežu, protokol rutiranja mora reagovati na promene topologije.

### *Nepostojanje petlji u rutama*

Tokom konvergencije MANET mreže može nastati nekonzistentno stanje tabela rutiranja, što može izazvati petlje pri rutiranju (engl. routing loops). Dobar protokol rutiranja treba da bude bez petlji u rutama kako bi se izbeglo gubljenje paketa u komunikaciji.

## Komunikacija sa više skokova

Da bi se ostvarila komunikacija sa više skokova efikasan protokol rutiranja mora se izvršavati na svakom čvoru. Zbog decentralizovane prirode mreže svaki čvor je odgovoran za pronalaženje najbolje rute do odredišta za pakete podataka koje dobija.

### *Očuvanje energije*

Čvorovi u MANET mrežama poseduju ograničenu količinu energije u vidu baterijskog napajanja, tako da protokol rutiranja treba da bude visoko optimizovan radi očuvanja ovog resursa.

### *Bezbednost*

Protokoli rutiranja u mobilnim ad hoc mrežama podložni su brojnim napadima (Tepšić, et al., 2013), kao što su lažno predstavljanje, prisluškivanje mrežnog saobraćaja, presretanje i preusmeravanje poruka i sl. Stoga postoji potreba za uvođenjem preventivnih mera bezbednosti. Šifrovanje saobraćaja i autentifikacija mogu pomoći u rešavanju pitanja bezbednosti i sprečiti većinu takvih napada.

### *Ravnomerna distribucija opterećenja*

Kako broj čvorova koji postoje u određenoj geografskoj zoni varira, tako se menja i opterećenost bežičnog kanala. Dakle, ako broj čvorova raste, raste i opterećenost kanala. Dobar protokol rutiranja može savladati ove probleme putem ugrađenih mehanizama za ravnomernu distribuciju opterećenja preko celokupne mreže.

### *Kvalitet servisa*

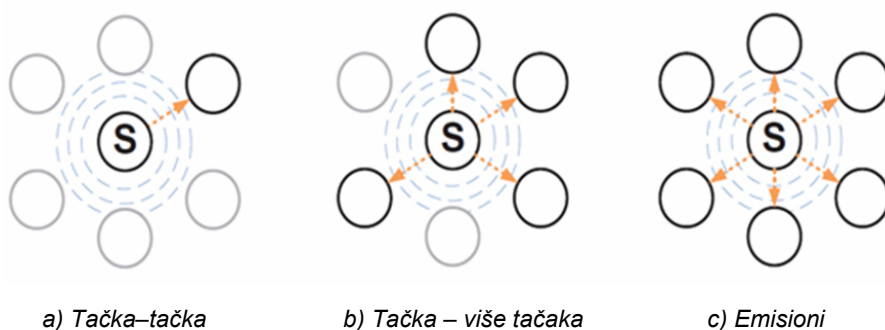
Protokol rutiranja treba da obezbedi određeni nivo kvaliteta usluga u realnom vremenu kako bi podržao trenutni saobraćaj.

### *Propusni opseg*

S obzirom na to da je propusni opseg u ad hoc bežičnim mrežama ograničen, propusnost svake bežične veze zasniva se na opsluženom saobraćaju i broju čvorova. Dakle, dobar protokol rutiranja treba da sveđe korišćeni propusni opseg na minimum.

## Klasifikacija postojećih MANET protokola rutiranja

Glavni ciljevi protokola rutiranja jesu pronalaženje i održavanje ruta između čvorova u dinamičnoj topologiji uz korišćenje minimalnih resursa. Protokol je skup standarda ili pravila za razmenu podataka između dva uređaja. Protokoli rutiranja svrstani su prema načinu prosleđivanja paketa u tačka-tačka, tačka – više tačaka i emisione protokole rutiranja (slike 3 i 4).

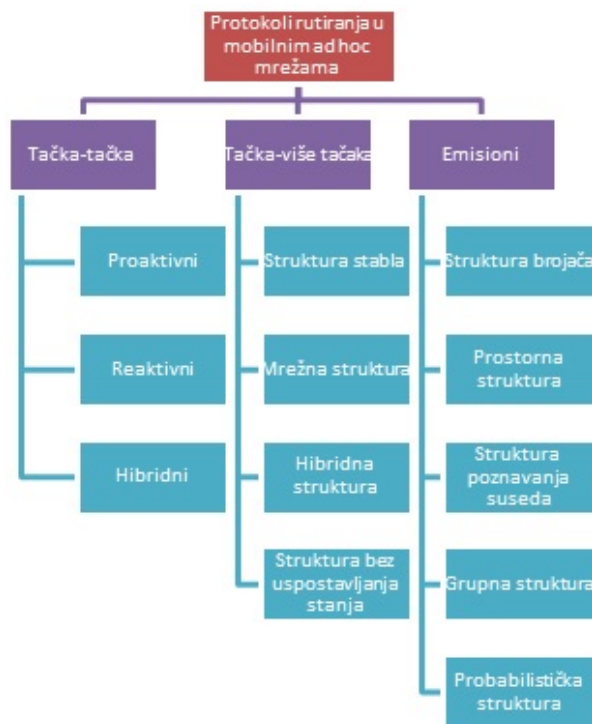


Slika 3 – Klasifikacija MANET protokola rutiranja zasnovana na načinu prosleđivanja paketa  
Figure 3 – Classification of MANET routing protocols based on the method of forwarding packets

Tačka-tačka (engl. unicast) prosleđivanje znači komunikaciju jedan na jedan, odnosno jedan izvor prenosi pakete podataka na jedno odredište. To je najveća klasa protokola rutiranja u mobilnim ad hoc mrežama.

Tačka – više tačaka (engl. multicast) protokoli rutiranja koriste se kada jedan čvor treba da pošalje istu poruku, ili tok podataka, na više destinacija. Tačka – više tačaka je prenos podataka od jednog čvora do  $n$  prijatelja, što znači da će samo jedna kopija poruke biti dostavljena svim prijateljima. Time će komunikacioni troškovi biti smanjeni u odnosu na slučaj kada bi jedinstvenu poruku tačka-tačka mehanizmom trebalo dostaviti višestrukim prijateljima. Zbog svojih karakteristika, tačka – više tačaka neretko je pogodniji mehanizam komunikacije (Kant, et al., 2010). Ipak, najbolji rezultati ostvaruju se primenom odgovarajuće klase protokola rutiranja za njima odgovarajuće namene.

Emisioni protokol (engl. broadcast) jeste emitovanje od jednog ka svim ostalim čvorovima u mreži. Emisija (engl. broadcast) jeste osnovni režim rada na bežičnom kanalu. Naime, svaka poruka koja se prenosi na bežičnom kanalu primljena je na svim susedima koji se nalaze na rastojanju od jednog skoka (engl. hop) od pošiljaoca.



Slika 4 – Klasifikacija MANET protokola rutiranja  
 Figure 4 – Classification of MANET routing protocols

Pored toga, protokoli rutiranja mogu se klasifikovati prema tome da li je adresna topologija ravna ili hijerarhijska, ili na osnovu korišćenja određenih resursa. Ove kategorije nisu međusobno isključive, jer pojedini protokoli rutiranja mogu biti svrstani u više grupa. Istraživanja u ovom radu odnose se prvenstveno na klasifikaciju tačka–tačka protokola rutiranja, zasnovanu na mehanizmu ažuriranja informacija o rutama.

## Tačka–tačka protokoli rutiranja

Rutiranje je najosnovnija funkcija u mrežama za ostvarivanje komunikacije i prenosa paketa. Da bi MANET mreža bila praktično upotrebljiva, funkcionalan i efikasan tačka–tačka protokol rutiranja je neophodan (Mani, et al., 2013). Tačka–tačka protokoli rutiranja kreirani za upotrebu u mobilnim ad hoc bežičnim mrežama mogu se klasifikovati po mehanizmu ažuriranja informacija o rutama u tri kategorije:

- proaktivne (periodične),
- reaktivne (na zahtev) i
- hibridne.

### *Proaktivni protokoli rutiranja*

Kod proaktivnih (periodičnih) protokola rutiranja svaki čvor održava jednu ili više tabela kako bi sačuvao mrežnu topologiju i informacije o rutama. Ove tabele često se ažuriraju periodičnom razmenom informacija o rutama, koje se uopšteno emituju kroz celu mrežu. Proaktivni protokoli rutiranja međusobno se razlikuju po načinu otkrivanja i ažuriranja informacija o rutama, kao i po vrstama informacija koje se čuvaju u tabelama rutiranja.

Proaktivni protokoli rutiranja održavaju aktuelnim tabele rutiranja kroz periodične kontrolne poruke. Stoga, proaktivni protokoli rutiranja uvek imaju kompletnu tabelu rutiranja i spremni su da razmenjuju pakete u bilo kom trenutku. Svaki čvor održava jednu ili više tabela za skladištenje informacija o rutama. Čvorovi reaguju na promene u topologiji mreže propagiranjem ispravki kroz mrežu, radi održanja konzistentnosti. Oblasti u kojima se različiti protokoli rutiranja razlikuju jesu broj potrebnih tabela vezanih za rutiranje i tehnike kojima čvorovi emituju promene u mrežnoj strukturi.

Ovaj tip protokola održava sveže liste destinacija i njihovih ruta periodičnim distribuiranjem tabela rutiranja kroz mrežu. Glavni nedostaci ovih algoritama su velika količina aktivnih ruta za održavanje i spora reakcija na restrukturiranje i otkaze.

### *Reaktivni protokoli rutiranja*

Reaktivni protokoli rutiranja, poznati i kao protokoli rutiranja na zahtev, predloženi su isključivo za mobilne ad hoc bežične mreže. Osnovna karakteristika ovih mreža je njihova dinamična topologija. S obzirom na to da protokoli rutiranja prate promenu topologije, redovno ažuriranje globalne topologije je neophodno na svakom čvoru. Ponekad dobijene informacije o rutama mogu isteći pre nego što se za njima ukaže potreba, što dodatno komplikuje stvari i utiče na rasipanje propusnog opsega. Koncept reaktivnih (na zahtev) protokola rutiranja osmišljen je kako bi se smanjila količina nepotrebnih ispravki ruta, a samim tim i iskorišćenost kapaciteta veza.

Reaktivni protokoli rutiranja, za razliku od proaktivnih, ne održavaju informacije o mrežnoj topologiji i ruti do svakog čvora unutar mreže. Rute se pronalaze kada se za to ukaže potreba (na zahtev) korišćenjem procesa otkrivanja ruta. Generalno, kada je ruta potrebna sa izvora *A* propagira se zahtev unutar mreže kako bi se pronašla ruta do željenog odredišta *B*. Kada čvor *B* primi zahtev za rutom (engl. Route Request, RREQ) on šalje odgovor za rutom (engl. Route Response, RREP) nazad ka čvoru *A*. Kada se RREQ zahtev pošalje putem dvosmerne veze, RREP se šalje nazad kroz isti link. Kod reaktivnih protokola rutiranja koriste se osnovne metode za otkrivanje ruta i njihovo održavanje. Jednom otkrivena ruta održava se dokle god je odredište dostupno duž svake rute od izvora ili dokle god je ruta potrebna.

Reaktivni protokoli rutiranja mogu se kategorizovati prema načinu prenošenja ruta kao:

- navođenje tačne rute i
- od tačke do tačke.

Kod protokola rutiranja sa navođenjem tačne rute (engl. source routing) svi paketi podataka nose kompletne adrese duž rute od izvornog do odredišnog čvora. Dakle, paket podataka se na osnovu svog zaglavlja upućuje ka odredištu duž ranije uspostavljene rute. Prednosti korišćenja ove vrste protokola su nepostojanje potrebe za održavanjem aktivne rute ka odredištu na čvorovima koji se nalaze duž date rute.

Kod protokola rutiranja „skok po skok” (engl. hop-by-hop) u paketu podataka treba navesti samo destinaciju i adresu sledećeg skoka. Čvorovi se tako koriste za prosleđivanje paketa ka odredištu duž rute. Korišćenje tabele rutiranja na svakom čvoru u mreži obezbeđuje prednost protokolu rutiranja „skok po skok”, jer dinamičko ažuriranje mrežne topologije osigurava da čvorovi dobijaju najnovije informacije o topologiji i samim tim mogu da prosleđuju pakete podataka duž najboljih ruta.

Reaktivni protokoli rutiranja mogu se brzo prilagoditi promenama ruta. Takođe, ne zahtevaju prekomerno iskorišćenje resursa usled periodičnih kontrolnih poruka ukoliko su rute sačuvane u okviru tabele rutiranja ili ukoliko se mreža nalazi u stanju mirovanja. Međutim, otkrivanje novih ruta na zahtev stvara prekomerno plavljenje mreže koje može dovesti do zagušenja, a neretko su loše rute otkrivene. Kao rezultat, javlja se gubitak paketa prilikom prenosa i veliko kašnjenje prilikom uspostavljanja novih ruta.

### *Hibridni protokoli rutiranja*

Hibridni protokoli rutiranja pokušavaju da iskombinuju najbolje karakteristike proaktivnih i reaktivnih protokola rutiranja. Često se sastoje od dva klasična protokola rutiranja:

- proaktivnog (periodičnog), i
- reaktivnog (na zahtev).

Hibridni protokoli rutiranja dele mrežu u oblasti koje se nazivaju zone, koje mogu biti preklapajuće ili nepreklapajuće, u zavisnosti od algoritma koji se koristi kod određenog hibridnog protokola rutiranja. Zona rutiranja određenog čvora može se definisati kao udaljenost od tog čvora ili kao deo određenog geografskog područja. Proaktivni protokol rutiranja funkcioniše unutar zona i odgovoran je za uspostavljanje i održavanje ruta do odredišta koja se nalaze unutar zona. S druge strane, reaktivni protokol rutiranja odgovoran je za uspostavljanje i održavanje ruta ka odredištima koja se nalaze izvan zona.

## Tačka – više tačaka protokoli rutiranja

Tačka – više tačaka protokoli rutiranja mogu se klasifikovati prema načinu kreiranja ruta u četiri kategorije (Junhai, et al., 2009):

- struktura stabla,
- mrežna struktura,
- hibridna struktura i
- struktura bez uspostavljanja stanja.

### *Struktura stabla*

Ova katagorija protokola potiče iz kablovskih mreža. Čvorovi u okviru jedne mreže formiraju zajedničko tačka – više tačaka stablo (engl. multicast tree). Kada pošiljalac šalje paket podataka, prijemnik prima paket od svog uzvodnog čvora u stablu i prosleđuje ga nizvodno duž veze u stablu. S obzirom na to da samo članovi stabla učestvuju u prenosu paketa podataka, propusni opseg veza racionalnije se koristi u poređenju sa emisionim protokolima.

### *Mrežna struktura*

Ova grupa protokola koristi strukturu mreže umesto strukture stabla za prenošenje paketa podataka. Mrežna struktura omogućuje redundantne veze između članova grupe. U poređenju sa protokolima koji se zasnivaju na strukturi stabla, ovi protokoli rutiranja u većoj meri koriste propusnu moć veza. Međutim, otporniji su na dinamičnost MANET mreže.

### *Hibridna struktura*

Kod hibridnog pristupa protokoli rutiranja kombinuju strukturu stabla i mrežnu strukturu kako bi poboljšali performanse MANET mreža. Međutim, sa visokim stepenom mobilnosti čvorova unutar MANET mreže dolazi do degradacije performansi i zagušenja veza.

### *Struktura bez uspostavljanja stanja*

Kod strukture bez uspostavljanja stanja, protokoli rutiranja ne stvaraju strukturu stabla ili mreže kako bi uspostavili komunikaciju u okviru MANET mreže. Umesto toga, adrese svih središnjih čvorova u komunikaciji od izvornog do odredišnog čvora sadržane su u zaglavlju paketa. Informacije o rutama čuvaju se samo na čvoru koji je pošiljalac poruke. Ovaj pristup pogodan je za male grupe čvorova. Degradacije performansi rastu sa stepenom mobilnosti čvorova unutar mreže.



## Emisioni protokoli rutiranja

Emisioni protokoli rutiranja mogu se svrstati u sledeće kategorije (Williams, et al., 2002):

- struktura brojača,
- prostorna struktura,
- struktura poznavanja suseda,
- grupna struktura i
- probabilistička struktura.

### *Struktura brojača*

Kod tehnike strukture brojača, čvor koji primi emitovani paket inicira period kašnjenja i broji primljene duplikate istovetnog paketa. Kada istekne ovaj period, čvor reemituje paket samo ako broj dupliciranih paketa ne prelazi graničnu vrednost. Ako brojač prelazi graničnu vrednost, čvor pretpostavlja da su svi njegovi susedi već primili paket i sprečava dalje emitovanje istovetnog paketa. Predefinisana granična vrednost ključni je parametar u funkcionisanju ove tehnike.

### *Prostorna struktura*

Metoda prostorne strukture omogućuje čvoru da prosledi emitovani paket samo u okviru svoje zone pokrivanja. Zona pokrivanja određuje se dinamički, na osnovu razdaljine ili lokacije.

### *Struktura poznavanja suseda*

Struktura poznavanja suseda održava informacije o susednim čvorovima putem periodične razmene pozdravnih poruka (engl. Hello). Ove informacije zatim se koriste u odluci za reemitovanjem paketa. Cilj ovog mehanizma jeste formiranje malog podskupa čvorova za emitovanje paketa, tako da se omogući da svaki čvor u mreži primi originalni paket.

### *Grupna struktura*

Kod grupne strukture mreža je podeljena u nekoliko klastera koji formiraju kičmu mreže (engl. backbone). Svaki klaster ima jedan vodeći čvor (glava klastera) koji dominira nad ostalim članovima u klasteru, npr. odgovoran je za prosleđivanje paketa unutar klastera. Klasteri koji se međusobno preklapaju povezani su putem čvorova koji se nazivaju gejtveji (engl. gateway). Grupisanje čvorova u okviru MANET mreže jeste poželjno, iako proces formiranja i održavanja klastera u većini slučajeva nije trivijalan zadatak.

## *Probabilistička struktura*

Probabilistički metod jedan je od najjednostavnijih i najefikasnijih metoda emitovanja. Kod ovog pristupa svaki središnji čvor reemituje primljene pakete prema unapred definisanoj verovatnoći prosleđivanja. Verovatnoća prosleđivanja paketa sa određenog čvora u okviru MANET mreže određuje se na osnovu parametara mrežne topologije.

## Poređenje tačka-tačka protokola rutiranja

Proaktivni protokoli rutiranja oslanjaju se na mehanizam ažuriranja tabele rutiranja koji podrazumeva stalno propagiranje informacija o rutama, bez obzira na to da li se i koliko često ove rute koriste. S druge strane, kod proaktivnih protokola rutiranja sve informacije o rutama uvek su na raspolaganju u tabeli rutiranja svakog čvora. Ova karakteristika, iako korisna, generiše značajnu količinu kontrolnog saobraćaja unutar mreže i znatnu potrošnju energije. Pošto su propusni opseg i baterijsko napajanje ograničeni resursi unutar MANET mreže, to postaje ozbiljno ograničenje (Stefanović, et al., 2013).

Prednost proaktivnih protokola rutiranja ogleda se u činjenici da se ruta do odredišta može odmah odrediti, bez odlaganja. Nedostaci su generisanje veće količine kontrolnog saobraćaja i samim tim većeg korišćenja propusnog opsega, čak i kada se mreža nalazi u stanju mirovanja, što može dovesti do zagušenja mreže. Pored toga, proaktivni protokoli rutiranja sporije reaguju na topološke promene unutar mreže. Stoga, proaktivni protokoli rutiranja preporučuju se za upotrebu u mobilnim ad hoc mrežama sa umerenom dinamikom.

Nasuprot njima, kod reaktivnih protokola rutiranja znatno niža vrednost propusnog opsega koristi se za održavanje tabele rutiranja. Takođe, energetski su efikasniji. Međutim, kod reaktivnih protokola rutiranja čvor koji želi ostvariti komunikaciju sa udaljenim čvorom do kojeg ne poznaje rutu moraće sačekati dok takva ruta ne bude otkrivena, čime se ostvaruje znatno veće kašnjenje pri uspostavljanju komunikacije. Reaktivni protokoli rutiranja preporučuju se za upotrebu u mobilnim ad hoc mrežama kod kojih čvorovi imaju visok stepen mobilnosti.

Reaktivni protokoli rutiranja suočavaju se sa problemom skaliranja, kada u mreži postoji veliki broj čvorova. Obim ovog problema zavisi od toga koji reaktivni protokol rutiranja se koristi i od posmatranog scenarija.

Hibridni protokoli rutiranja teoretski su napredniji od čisto proaktivnih i reaktivnih protokola rutiranja. Međutim, preterana kompleksnost u njihovoj praktičnoj realizaciji, kao i činjenica da njihova efikasnost u velikoj meri zavisi od broja čvorova koji iniciraju saobraćaj ka odredišnim čvorovima, kao i zone u okviru koje se nalaze, čine hibridne protokole rutiranja manje zastupljenim.

## Izbor tačka–tačka protokola rutiranja u MANET mreži

Kada je reč o izboru protokola rutiranja unutar MANET mreže, reaktivni pristup ostvaruje bolje rezultate kada je mobilnost čvorova visoka i kada je količina saobraćaja koja se prenosi između čvorova mala. S druge strane, proaktivni protokoli rutiranja preporučljivi su kada je mreža generalno statična i kada je količina generisanog saobraćaja između čvorova visoka. Ako je potrebno ostvariti balans između različitih modela mobilnosti čvorova i različitih količina generisanog saobraćaja među čvorovima unutar jedne mreže, preporučuje se upotreba hibridnih protokola rutiranja koji kombinuju obe klase protokola – proaktivne i reaktivne.

Sumarne karakteristike proaktivnih, reaktivnih i hibridnih tačka–tačka protokola rutiranja prikazane su u tabeli 1 (Gill, et al., 2012).

*Tabela 1* – Sumarne karakteristike proaktivnih, reaktivnih i hibridnih tačka–tačka protokola rutiranja

*Table 1* – Summary characteristics of proactive, reactive and hybrid unicast routing protocols

<b>Karakteristika</b>	<b>Proaktivni (periodični)</b>	<b>Reaktivni (na zahtev)</b>	<b>Hibridni</b>
Organizacija mreže	Ravna/hijerarhijska	Ravna	Hijerarhijska
Širenje topoloških informacija	Periodično	Na zahtev	Oba metoda
Dostupnost ruta i kašnjenje	Uvek su dostupne, bez kašnjenja	Dostupne su po potrebi. Postoji kašnjenje	Oba metoda
Suočavanje sa mobilnošću čvorova	Periodične ispravke	Održavanje ruta	Oba metoda
Količina generisanih kontrolnih poruka	Visoka	Niska	Srednja

## Zaključak

Topologija mobilnih ad hoc mreža može biti dinamična i nepredvidljiva. Tradicionalni protokoli rutiranja koji se koriste kod kablovskih mreža ne mogu biti direktno primenjeni na mobilne ad hoc bežične mreže, jer brojne usvojene pretpostavke ne važe u mobilnom bežičnom okruženju. Tako, na primer, jedna od pretpostavki je da čvor može primiti bilo koju emitovanu poruku od drugih čvorova unutar iste podmreže (engl. subnet). Međutim, to nije slučaj kod čvorova u bežičnoj MANET mreži, usled činjenice da je propusni opseg kod ove vrste mreža ograničen. Dakle, model MANET mreža uvodi brojne izazove za protokole rutiranja.

U ovom radu predstavljeni su i klasifikovani postojeći protokoli rutiranja koji se koriste u okviru MANET mreža. Razmotrene su različite kategorije protokola rutiranja. Uočeno je da se svaki model protokola rutiranja ponaosob bo-

lje ponaša u određenom okruženju. Nijedan od njih nije savršen za primenu u svim opsezima mobilnosti čvorova, količine generisanog saobraćaja, broja čvorova i sl. Zbog svojih karakteristika, tradicionalni protokoli rutiranja koji se koriste za kablovske mreže ne preporučuju se za upotrebu u MANET mrežama.

Tri glavne grupe tačka–tačka protokola rutiranja su proaktivni, reaktivni i hibridni protokoli rutiranja.

Osnovna karakteristika proaktivnih protokola rutiranja jeste činjenica da svaki čvor održava rute do svih drugih čvorova u mreži. Čvorovi povremeno ažuriraju ove informacije, bez obzira na to da li se date rute koriste. S druge strane, kod reaktivnih protokola rutiranja čvorovi pronalaze rute samo između onih čvorova koji žele ostvariti komunikaciju. Ova vrsta protokola rutiranja efikasnije koristi propusni opseg bežičnih veza i ograničene resurse mobilnih čvorova.

Kod proaktivnog pristupa osnovni problem je visok stepen iskorišćenja resursa i protoka kada to nije neophodno. Kod reaktivnog pristupa glavni problem je kašnjenje prilikom uspostavljanja novih ruta. Kod oba proaktivna i reaktivna pristupa javlja se problem skalabilnosti. Radi ublažavanja ovih problema nastala je nova hibridna vrsta tačka–tačka protokola rutiranja. Hibridni protokoli rutiranja kombinuju proaktivni i reaktivni pristup kako bi postigli bolje performanse. Međutim, nijedan od postojećih protokola rutiranja nije pogodan za mobilne ad hoc mreže sa velikim brojem čvorova, ukoliko svaki od čvorova ima različitu brzinu kretanja i količinu generisanog saobraćaja.

Konačno, činjenica da je priroda protokola rutiranja proaktivna ili reaktivna ima dalekosežne posledice na performanse protokola rutiranja u različitim scenarijima. Glavne razlike ogledaju se prvenstveno u načinu otkrivanja i održavanja ruta, što diktira dalje ponašanje protokola rutiranja. Generalno, proaktivni protokoli rutiranja pogodni su za primenu u mrežama sa visokim kapacitetom veza, dok reaktivni protokoli rutiranja bolje funkcionišu u mrežama niskih kapaciteta.

### *Literatura*

Gill, A., Diwaker, C., 2012, *Comparative Analysis of Routing in MANET*, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 2(7), pp.309–314.

Junhai, L., Danxia, Y., Liu, X., Mingyu, F., 2009, *A Survey of Multicast Routing Protocols for Mobile Ad-Hoc Networks*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 11(1), pp.78–91.

Kant, K., Awasthi, L. K., 2010, *Unicast and Multicast Routing Protocols for MANETs: A Comparative Survey*, International Journal of IT & Knowledge Management (IJITKM), Special issue.

Kaur, R., Rai, M. K., 2012, *A Novel Review on Routing Protocols in MANETs*, Undergraduate Academic Research Journal (UARJ), 1(1), pp.103–108.

Kumar, A., Sharma, D., Kumar, S., Shukla, S., 2013, *Performance Valuation of Reactive Routing Protocols*, International Journal of Research in Computer Applications and Robotics, 1(6), pp.39–44.

Mani, U., 2013, Chandrasekaran, R., Dhulipala, S., *Study and Analysis of Routing Protocols in Mobile Ad-hoc Network*, Journal of Computer Science, 9(11), pp.1519–1525.

Pathak, S., Jain, S., 2013, *A Survey: On Unicast Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Network*, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 3(1), pp.204–210.

Ranjan, P., Ahirwar, K. K., 2011, *Comparative Study of VANET and MANET Routing Protocols*, Proceedings of the International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies, pp.517–523.

Sondi, P., Gantsou, D., Lecomte, S., 2010, *Performance Evaluation of Multimedia Applications Over an OLSR-Based Mobile Ad Hoc Network Using OPNET*, Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Computer Modelling and Simulation, pp. 567–572.

Stefanović, R., Pavlović, B., 2013, *Sigurnost protokola rutiranja u ad hoc mrežama i mogućí napadi u mreži*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, 61(2), pp.200–217.

Tepšić, D., Veinović, M., 2013, *Napadi na IEEE 802.11 bežične mreže*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, 61(2), pp.242–271.

Wang, X., 2011, *Mobile Ad-Hoc Networks: Protocol Design*, InTech, 656 pp.

Williams, B., Camp, T., 2002, *Comparison of Broadcasting Techniques for Mobile Ad Hoc Networks*, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc), pp.194–205.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ «MANET»

ОБЛАСТЬ: телекоммуникации  
ВИД СТАТЬИ: обзорная статья  
ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

### Резюме:

*Беспроводные самоорганизующиеся ad hoc сети (MANET) – децентрализованные беспроводные сети, не имеющие постоянной структуры. Сети данного вида на сегодняшний день являются главным объектом исследований, так как их применение широко распространено в самых различных областях деятельности (военная, спасательная и т.д.).*

*Сети с высокой подвижностью узлов подлежат частому изменению в топологии. Так как традиционные протоколы маршрутизации, разработанные для проводных сетей, плохо работают в сетях MANET, для беспроводных сетей MANET разработаны специальные протоколы маршрутизации. Целью данной работы является исследование текущего состояния существующих протоколов маршрутизации в MANET сетях и сравнительный анализ различных вариантов их применения. Протоколы маршрутизации мобильных самоорганизующихся сетей подразделяются на следующие основные группы: протоколы с проактивной маршрутизацией, протоколы с реактивной маршрутизацией, гибридные протоколы.*

*Ключевые слова: мобильные самоорганизующиеся ad hoc сети; беспроводные сети, MANET; протокол маршрутизации.*

## CLASSIFICATION OF MANET ROUTING PROTOCOLS

FIELD: Telecommunications  
ARTICLE TYPE: Review Paper  
ARTICLE LANGUAGE: Serbian

*Summary:*

*Mobile ad hoc networks (MANETs) are self-configuring networks of nodes connected via wireless without any form of centralized administration. This kind of networks is currently one of the most important research subjects due to a huge variety of applications (military, emergency, etc.). In MANETs, each node acts both as a host and as a router, thus it must be capable of forwarding packets to other nodes. Because of the node mobility, topologies of these networks change frequently. Traditional routing protocols used in wired networks cannot work efficiently in MANETs. Therefore, special routing protocols for MANETs are needed. The objective of this paper is to research the current state of the art of existing routing protocols for MANETs, and to compare different approaches. Routing protocols are classified according to the method of forwarding packets into unicast, multicast and broadcast. There are three main classes of unicast routing protocols for MANETs: proactive, reactive and hybrid.*

*Introduction*

*A mobile ad hoc network (MANET) is a dynamic network that allows wireless networking on the go, without the need for pre-built network infrastructure. It consists of mobile nodes, where a node can be a man carrying a handheld computer equipped with appropriate devices for wireless communications, a laptop computer, a robot, or anyone who is equipped with the appropriate equipment for wireless communication. MANET networks operate without centralized infrastructure, while the nodes mutually cooperate to ensure connectivity.*

*MANET routing protocols*

*When establishing communication over the wireless network, if two nodes are not directly connected through a communication link, messages must be forwarded through transit nodes. Finding the routes between two nodes that send messages within the communication network is called routing. Routing protocols designed for use in traditional fixed networks cannot be used in MANET networks. The specific characteristics of these networks require special routing protocols that deal with solving the specific challenges.*

*Classification of the existing MANET routing protocols*

*Unicast routing protocols designed for use in mobile ad hoc wireless networks can be classified according to the mechanism of updating information on routes into three categories:*

*– proactive (periodic) routing protocols - each node maintains one or more tables in order to preserve the network topology and the information about the routes,*

– reactive (on-demand) routing protocols - routes are found only when needed,

– hybrid routing protocols - combines features of proactive and reactive routing protocol.

#### Multicast routing protocols

*Multicast routing protocols can be classified into four categories according to the route construction method: tree based, mesh based, hybrid, and stateless routing protocols.*

#### Broadcast routing protocols

*Broadcast routing protocols can be classified into the following categories: counter-based, area-based, neighbor-based, cluster-based and probabilistic-based methods.*

#### The choice of unicast routing protocol in MANETs

*When it comes to choosing a unicast routing protocol within the MANET network, the reactive approach achieves better results when node mobility is high and when the amount of traffic transmitted between the nodes is small. On the other hand, proactive routing protocols are recommended when the network is generally static, and when the amount of generated traffic between nodes is high. When a balance between the different models of the mobility of nodes and different amounts of generated traffic between nodes within a network is needed, it is recommended to use a hybrid routing protocol which combines both classes of protocols, a proactive one and a reactive one.*

#### Conclusion

*The topology of mobile ad hoc networks can be dynamic and unpredictable. Traditional routing protocols used in cable networks cannot be directly applied to mobile ad hoc wireless networks.*

*Three major classes of unicast routing protocols are proactive, reactive and hybrid.*

**Key words:** *Mobile ad hoc networks, Wireless networks, MANET, Routing protocols.*

---

Datum prijema članka/Paper received on: 16. 03. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 17. 04. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 19. 04. 2014.

## КОРИШЋЕЊЕ ДРВЕНЕ БИОМАСЕ У ПРОЦЕСУ КОГЕНЕРАЦИЈЕ

Милан Р. Радосављевић<sup>а</sup>, Вања М. Шуштершич<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Основна школа „17. октобар”, Јагодина,  
e-mail: milancer27@gmail.com

<sup>б</sup> Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука,  
Катедра за енергетику и процесну технику, Крагујевац,  
e-mail: vanjas@kg.ac.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-5696

ОБЛАСТ: хемијске технологије  
ВРСТА ЧЛАНКА: прегледни чланак  
ЈЕЗИК ЧЛАНКА: српски

### Сажетак:

*Потенцијал биомасе у Републици Србији је велик и обухвата шумски и дрвно-индустријски остатак, огревно дрво, остатак из пољопривреде, биомасу прикупљену при одржавању путева и инфраструктурних објеката. Изградњом когенерацијских постројења на дрвну биомасу повећаће се удео коришћења обновљивих извора енергије, што ће вишеструко допринети испуњавању циљева енергетске политике Републике Србије. Реално је претпоставити да ће се за енергетске потребе повремено морати да користе и биомаса лошијег квалитета, што ће се неминовно одразити на погонске параметре когенерацијског постројења.*

*У недостатку новијих домаћих искустава потребно је објективно и непристрасно анализирати податке о актуелном стању технологија, као и податке о погону когенерацијских постројења ложених дрвном биомасом (Evald, Witt, 2006, nd).*

Кључне речи: дрво, когенерација, биомаса.

### Увод

Развој когенерације који се темељи на економски оправданим потребама и који има за циљ штедњу примарне енергије и смањење емисије CO<sub>2</sub>, приоритет је ЕУ и предмет Директиве 2004/8/EZ Европског парламента који уређује производњу електричне енергије из обновљивих извора енергије и когенерације.

Когенерација омогућава снижавање трошкова производње електричне и топлотне енергије, смањење емисије CO<sub>2</sub> по јединици произведене енергије, избегавање губитака у преносу и дистрибуцији итд.



Процене показују да постоји потенцијал за повећање производње електричне енергије кроз комбиновану производњу у ЕУ са 18% у 2010. години на 22% до 2020. године, што уједно значи повећавање инсталираних капацитета на 195 GWe до 2020. године. Установљено је да нарочито у Северној и Источној Европи постоје могућности за повећање комбиноване производње за 50% – од 22 GWe на 38 GWe (<http://www.cogeneration.eu>). Удео когенерацијских постројења у енергетском сектору наведених европских држава је веома велики (нпр. у Данској је 51%, Холандији 29%, Финској 39%, Летонији 30%), док је у другим државама тај удео знатно мањи, као нпр. у Француској, Грчкој и Ирској.

Ратификацијом Куото протокола и обавезама у процесу приступања ЕУ Србија се обавезала да повећа учешће обновљивих извора енергије у финалној потрошњи енергије на 27% до 2020. године.

## Елементи студије изводљивости

У студијама изводљивости анализирају се и различити аспекти, као што су: избор и постојеће стање локације, дугорочна расположивост биомасе, утицај на околину, прихватљивост пројекта за локалну заједницу.

### *Избор локације*

Приликом избора локације потребно је наћи задовољавајући компромис између различитих захтева, као што су: близина извора и могућност допремања довољних количина биомасе, осигуран приступ возилима, да је прикључак на електроенергетску мрежу једноставан и јефтин, да постоји могућност водоводног и канализационог прикључка, као и одлагања чврстог горива, да потрошачи нису удаљени, тј. да су што нижи трошкови дистрибуције топлотне енергије.

Оквирне цене прикључка на електроенергетску мрежу зависе од тога да ли је реч о изградњи нове или употреба постојеће електроенергетске мреже.

### *Расположивост биомасе*

За погон когенерацијског постројења могу се користити различита горива, као што су: дрвени остатак (из пилане или фабрике намештаја, шумски остатак) или наменски узгојено брзорастуће дрво. Зависно од локације, могући су различити начини набавке биомасе, али су при доношењу одлуке најважнији параметри набавна цена и квалитета горива.

У разматрању избора локације с које ће се набављати дрво треба узети у обзир и осетљив приступ локалној екологији, будући да искоришћавање шумских ресурса, као и узгој великих количина брзорастућих шума, може различито утицати на биоразноликост и одрживост подручја. Такође, неопходно је одржати квалитет испоручене биомасе константном (унутар одређених граница), при чему су најважнији параметри: садржај влаге, величина честица/комада и загађење. Већина технологија омогућава сагоревање сировина влажно-сти и преко 50%, а ограничења се јављају код неких технологија расплињавања.

### *Набавка потребне количина биомасе*

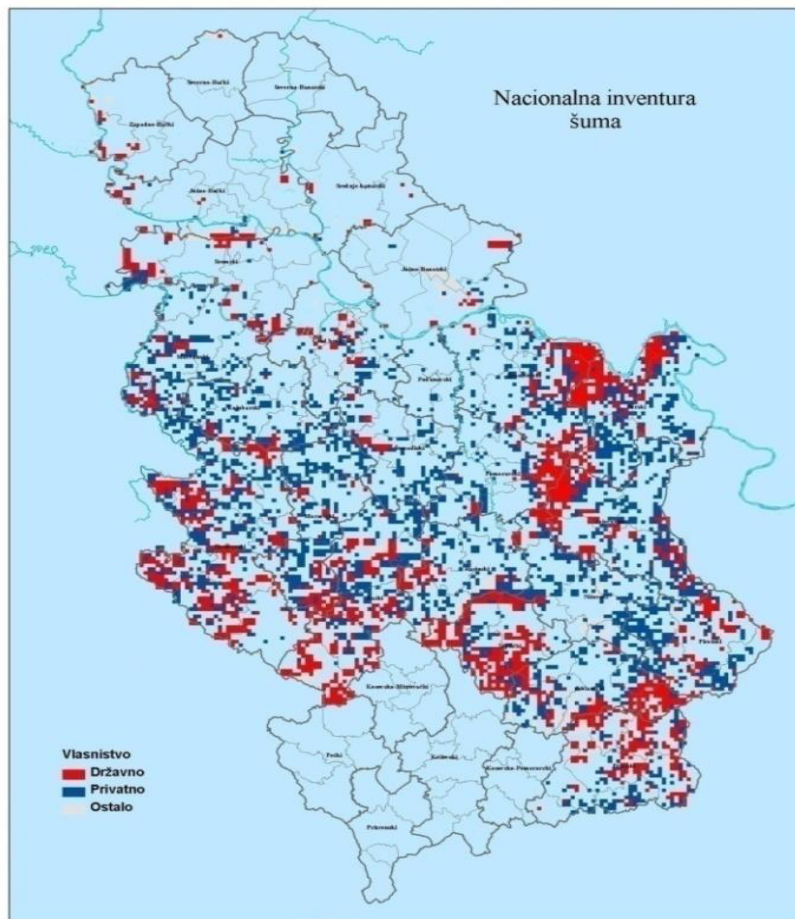
Највећи потенцијал продукције биомасе показали су клонови стаблених врба. Резултати истраживања потенцијала започетог пре десетак година на локацијама у Дарди и Чазми показују да се вредности двогодишњег приноса различитих клонова беле врбе налазе у интервалу од 9,3 t/ha до 19,8 t/ha. Истраживањем је показано и да се применом интензивнијег узгоја и применом заштитних мера принос може знатније повећати (Кајба, et al, 2007). У европским оквирима највише брзорастућих култура засађено је у Шведској, где се на приближно 15.000 ha узгаја врба. Различите врсте врбе доминирају и у Пољској где је у 2007. години укупна површина енергетских засада износила 6.700 ha (Stolarski, et al, 2008, pp.1227-1234), (Stolarski, 2008, nd).

У земљама средње и јужне Европе (нпр. у Немачкој, Италији, Шпанији) повољнији су услови за садњу тополе. У Италији је, захваљујући подстицајним мерама за енергетско коришћење биомасе од 2003. до 2008. године, засађено више од 4.000 ha површине различитим врстама брзорастућих топола. Приближно 3.000 ha засађено је у северној Италији, највише у Ломбардији у долини реке По. За успешан узгој брзорастуће тополе најважнији предуслов представља могућност наводњавања, па је избор долина река, као и подручја с уређеним мелиорацијским саставом логичан избор. Према резултатима теренских истраживања, која су спроведена у Италији, просечан годишњи принос брзорастуће тополе износи 23 t/ha. Сеча се може спроводити сваке године, сваке две, три или више година. Истраживања започета крајем 80-их година прошлог века показала су да дужи размаци између сече осигуравају већи принос (Корр, et al, 2001, pp.1-7).



Слика 1 – Површина под шумом у Републици Србији  
Figure 1 – Forest area of the Republic of Serbia

Србија се сматра средње шумовитом земљом. Од укупне површине њене територије, 29,1% налази се под шумама, што износи 2.252.000 ха (слика 1). Од тога је у државном власништву 1.194.000 ха или 53%, а у приватном власништву 1.058.387 ха или 47% (слика 2) ([http:// www.srbijasume.rs](http://www.srbijasume.rs)). Шумовитост је, у односу на глобални аспект, блиска светској која износи 30%, а знатно је нижа од европске која достиже 46%. У односу на број становника шумовитост износи 0,3 ха по становнику (у Русији је 11,11 ха по становнику, Норвешкој 6,93, Финској 5,91, БиХ 1,38 и Хрватској 1,38 ха по становнику).



Слика 2 – Шуме у државном и приватном власништву Републике Србије  
Figure 2 – Forests in the state and private ownership of the Republic of Serbia

## Утицај на околину и емисије штетних материја

### Оксиди сумпора

Дрвна биомаса садржи мале количине сумпора (у деблу свега 0,01%, у иглицама четинара 0,04–0,2% – изражено масеним уделом у сувом гориву). У пракси, сагоревањем биомасе настају врло мале или занемарљиве количине сумпорног оксида, тако да се у постројења која као гориво користе само дрвну биомасу по правилу не уграђује

опрема за уклањање оксида сумпора. У процесу сагоревања сумпор гради гасовита једињења  $\text{SO}_2$  ( $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ ) и  $\text{SO}_3$  ( $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ ), као и алкалне сулфате. У котловима у којима се димни гасови брзо хладе, сулфати се кондензују на честицама летећег пепела или на површинама цеви. Већина сумпора садржана је у пепелу (40 до 90%). Ефикасност процеса задржавања сумпора у пепелу највише зависи од концентрације алкалних метала (посебно калцијума) у пепелу. Утицај сумпора није толико значајан због емисија  $\text{SO}_2$  већ због његовог удела у корозивним процесима.

### Оксиди азота

Удео азота у дрвној биомаси релативно је низак. Суво дебло и кора садрже 0,1–0,5% азота, док је код иглица четинара удео азота нешто виши (1–2%). Азотови оксиди који настају при сагоревању су азот-моноксид ( $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$ ) и азот-диоксид ( $\text{N}_2 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ ) који се заједнички означавају са  $\text{NO}_x$ . Приближно 85% азотових оксида који настају у процесу сагоревања представљају термички  $\text{NO}_x$  (при температури од  $900^\circ\text{C}$ ). Азотови оксиди настају сложеним процесима, зависно од технологије сагоревања и температуре. На настајање азотових оксида највише утичу својства горива.

Резултати мерења која су спроведена на постројењима у Швајцарској и Аустрији показују да количина азотових оксида насталих у процесу сагоревања биомасе на температурама између  $800$  и  $1.100^\circ\text{C}$  највише зависи од удела азота у гориву. Измерени распон емисија за ложишта са сагоревањем на решетки и за сагоревање горива с уделима азота од 0,1 до 1,2% приближно износи 120 до  $600 \text{ mg/Nm}^3$ . Измерене количине азотових оксида при сагоревању дрвене биомасе у флуидизованом слоју на постројењима у Шведској и с уделима азота у гориву између 0,15 и 0,22 %, крећу се у распону од 30 до  $100 \text{ mg/Nm}^3$  (Oberberger, 1998, pp.33-56).

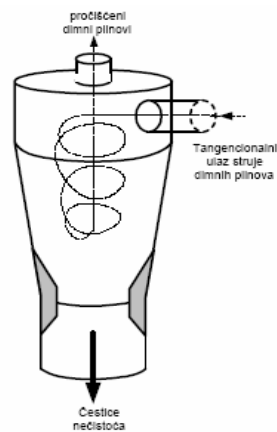
Мешањем амонијака и азотових оксида у присутности катализатора или на високим температурама долази до хемијске реакције у којој настаје азот, док се кисеоник из азотових оксида и водоник из амонијака спајају у воду. У процесу селективне некаталитичке редукције (енгл. *Selective NonCatalytic Reduction –SNCR*) амонијак или уреа убризгавају се у вруће димне гасове на температурама између  $850$  и  $1.050^\circ\text{C}$ . Одржавање температуре димних гасова у задатом распону важно је због тога што се на температурама изнад  $1.200^\circ\text{C}$  интензивира реакција поновног настајања азотових оксида из преосталог амонијака и расположивог кисеоника. Процес некаталитичке редукције није могућ на температурама нижим од  $800^\circ\text{C}$ . У оптималним условима процес некаталитичке редукције омогућава смањење

емисија  $\text{NO}_x$  за 50 до 60%, док је у реалним условима проценат смањења у распону од 20 до 40%. Код процеса селективне каталитичке редукције (енгл. *Selective Catalytic Reduction – SCR*) амонијак се убризгава у простор изнад катализатора. Материјал катализатора бира се зависно од састава димних гасова и количине и састава летећег пепела. Користе се различити материјали или једињења титановог оксида с ванадијем, молибденом, платином, а затим и зеолитни материјали. Процес се одвија на температурама димних гасова од 250 до 400°C и карактерише га мања потрошња амонијака у односу на процес некаталитичке редукције.

### Честице и пепео

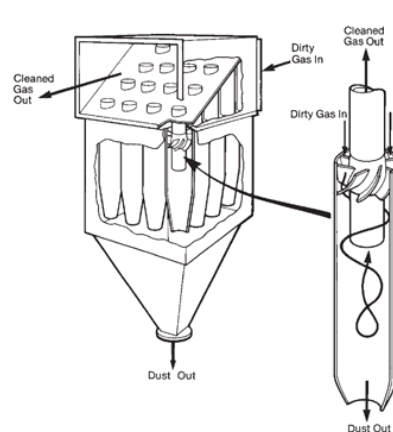
За уклањање крутих честица и пепела из димних гасова користе се, појединачно или у комбинацији, различити уређаји: циклонски одвајачи, електростатички филтери (суви или влажни) и врећасте филтери.

Циклонски одвајачи честица темеље се на комбиновању деловања центрифугалне и гравитационе силе. Главне предности циклонског одвајача огледају се у једноставној конструкцији и одржавању, ниској цени, могућности одвајања великих честица и могућности погона у широком распону температура. Међу недостацима се истиче слаб учинак у одвајању мањих честица, проблем кондензације катрана као и смањен учинак при промени оптерећења. Илустрација циклонског одвајача приказана је на слици 3.



Слика 3 – Циклонски одвајач честица и пепела

Figure 3 – The centrifugal separator of particles and ash



Слика 4 – Мултициклонски одвајач честица

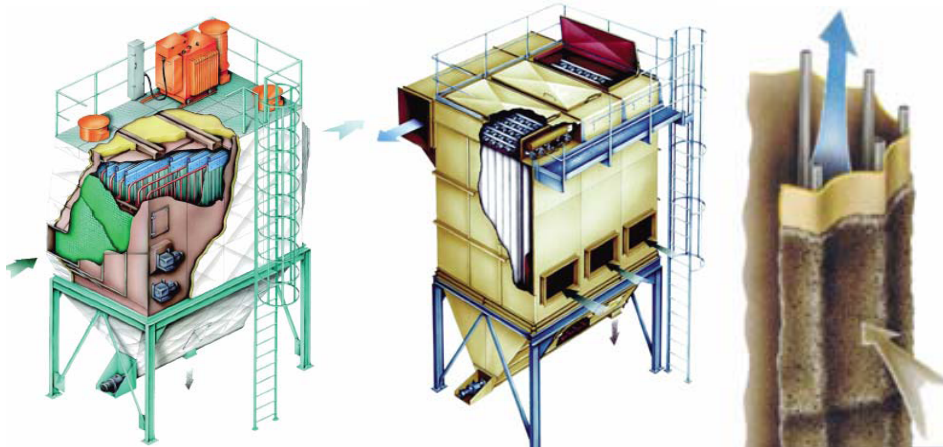
Figure 4 – Multiple-cyclone particle separator



За повећање учинка процеса користе се тзв. мултициклонски одвајачи, састављени од више паралелно повезаних циклонских одвајача. Мултициклонски одвајачи су скупљи, а због сложене конструкције струјање димних гасова остварује се уз већи пад притиска. Илустрација мултициклона приказана је на слици 4.

У електростатичким филтерима честице чађи и пепела најпре се електрички наелектришу, а затим привлаче на електроду. Прикупљене честице периодично се уклањају с електроде или путем вибрација или уз помоћ електроде за пражњење. Учинак електростатичког филтера је врло висока, омогућава одвајање малих честица уз ниже падове притиска. У неповољне услове убрајају се високи инвестициони трошкови, повећање сигурносне мере због делова под напоном и релативно велика запремина (слика 5).

Врећасти филтри су релативно једноставни. Текстилно или полимерно густо тано платно обешено је у затвореној конструкцији кроз коју пролазе димни гасови. С накопљањем честица на платну повећава се пад притиска што захтева релативно често чишћење филтера које се проводи вибрирањем (отресањем) платна. Врећасти филтри осигуравају висок учинак одвајања честица различите величине. Прикладни су за погон на температурама до 250°C. У неповољне услове убраја се осетљивост на брзине струјања, релативно велика запремина и релативно кратак век трајања платна (2-3 године) (слика 6).



Слика 5 – Електростатски филтер – суви  
Figure 5 – Electrostatic filter – dry

Слика 6 – Врећасти филтер  
Figure 6 – Fabric filters

Поред емисија азотних оксида, честица и пепела приликом сагоревања биомасе појављују се и други проблеми изазвани хемијским саставом горива (Van Loo, Koppejan, 2008).

Хлор, којег у слами има знатно више него у дрвној биомаси доприноси повећању емисија хлороводоника. Хлор се сагоревањем претвара у паре хлороводоника, чистог хлора или хлорида алкалних метала. Смањивањем температуре димних гасова у котлу хлориди алкалних метала кондензују се на честицама летећег пепела. Зависно од концентрације метала (Na, K, Ca, Mg), између 40 и 85% хлора из горива, задржава се у летећем пепелу.

Концентрација тешких метала (Zn, Pb) у гориву значајна је не само због утицаја на корозионе процесе и емисије штетних материја у околину, него и због утицаја на одрживо искоришћавање пепела. Одлагање пепела с повећаним концентрацијама тешких метала је неповољно те се настоје развити такве мере вођења процеса сагоревања које ће смањити концентрацију тешких метала у пепелу који се прикупља испод решетке и на циклонском одвајачу и усмерити таложење већине тешких метала на честице пепела које се одвајају на електростатичком или врећастом филтру.

Пепео сламе, житарице и траве има знатно мање количине тешких метала од пепела насталог сагоревањем дрвета или коре. Разлог онајпре лежи у дуготрајном раздобљу раста дрвећа током којег се тешки метали акумулирају у кори. У разматрању сагоревања важни су и други елементи из горива који формирају пепео и соли: силицијум, калцијум, магнезијум, калијум и натријум. Калијум и натријум у комбинацији с хлором и сумпором играју главну улогу у корозионим механизмима. Због наведених појава пожељно је употребљавати горива са што мањим уделом калијума и натријума.

## Закључак

По подацима Републичког завода за статистику РС, укупна количина од 2,7 милиона t је равна 40% укупне производње угља у Србији. Што се тиче дрвних извора, око половине заузима огревно дрво са енергетском вредношћу 240.000 t, а остатак представља садржај који отпада природним путем са дрвећа са енергетском вредношћу од 550.000 t, где чак 42% те масе није тржишно употребљиво, бар за сада. Годишњи принос остатака насталих као нус-производ процеса прераде дрвета износи 350.000 m<sup>3</sup>, или 66.900 t.

Оно што је карактеристично за поједине државе јесте оскудица или непостојање појединих извора енергије. За добијање онога што недостаје, у историји су се водили бројни ратови. Разлог за то су били вода и храна. Данас главни разлог за то представља енергија. У будућности неопходна је замена необновљивих извора енергије, другим, обновљивим изворима, који су се иначе раније, више користили и којих има у довољној мери да подмире све енергетске потребе. Биомаса ће сигурно постати примарни извор енергије чиме ће ратови за енергију постати историја.



## Литература / References

- Evald, A., Witt, J., 2006, Biomass CHP best practice guide, nd.
- Kajba, D., Bogdan, S., Katičić, I., 2007, Selekcija klonova vrba za produkciju biomase u kratkim ophodnjama, *Zbornik II. Međunarodnog skupa OIE u RH*, Osijek, pp.107-112.
- Kopp, R.F., Abrahamson, L.P., White, E.H., Volk, T.A., Nowak, C.A., Fillhart, R.C., 2001, Willow biomass production during ten successive annual harvest, *Biomass and Bioenergy* 20, pp.1–7.
- Obernberger, I., 1998, Decentralised biomass combustion: state of the art and future development, *Biomass and Bioenergy*, 14(1), pp.33-56.
- Stolarski, M., 2008, Willow short rotation coppice, *Central European Biomass Conference*, Graz.
- Stolarski, M., Szczukowski, S., Tworkowski, J., Klasa, A., 2008, Productivity of seven clones of willow coppice in annual and quadrennial cutting cycles, *Biomass and Bioenergy*, 32(12), pp.1227-1234.
- Van Loo, S., Koppejan, J., 2008, *The Handbook of Biomass Combustion and Cofiring*, London, Earthscan.
- <http://www.cogeneurope.eu>(2001. godina)
- <http://www.srbijasume.rs> (2013. godina)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ В ПРОЦЕССЕ КОГЕНЕРАЦИИ

ОБЛАСТЬ: химические технологии

ВИД СТАТЬИ: обзорная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

### Резюме:

*Республика Сербия обладает большими ресурсами биомассы лесов, излишних древесных отходов деревообрабатывающей промышленности, дров, сельскохозяйственных отходов, а также отходов от строительства и содержания дорог и придорожных сооружений. Строительство когенеративных установок на базе древесной биомассы увеличит объемы использования возобновляемых источников энергии, таким образом, во многом способствуя выполнению целей энергетической политики Республики Сербия. Имеются реальные опасения от использования некачественной биомассы, что может оказать негативное воздействие на производственные параметры когенеративной установки.*

*За неимением отечественного опыта в данной области, необходимо провести беспристрастный объективный анализ актуальных данных о текущем состоянии внедрения новой технологии, а также анализ данных о работе когенеративных установок на древесной биомассе (Evald, Wutt, 2006, nd).*

Ключевые слова: древесина, когенерация, биомасса.

## USAGE OF WOOD BIOMASS IN COGENERATION

Milan R. Radosavljević <sup>a</sup>, Vanja M. Šušteršič <sup>b</sup><sup>a</sup> Primary school „17.oktobar”, Jagodina, Republic of Serbia<sup>b</sup> University in Kragujevac, Faculty of Engineering,  
Department for Energy and Process EngineeringFIELD: Chemical Technology  
ARTICLE TYPE: Review Paper  
ARTICLE LANGUAGE: Serbian*Summary:*

*The potential of biomass in Serbia is large and includes forestry and wood industry residue, firewood, residues from agriculture as well as biomass collected for maintenance of roads and infrastructure. The construction of cogeneration plants in wood biomass will increase the share of renewable energy sources, and will thus contribute to meeting the multiple objectives of the energy policy document. It is reasonable to assume that it will be occasionally necessary to use biomass of low quality which will inevitably affect the operational parameters of cogeneration plants.*

*In the absence of recent domestic experience, it is necessary to objectively and impartially analyze the information on the current state of technology and information about the operation of cogeneration plants using wood biomass (Ewald,Witt, 2006).*

*When choosing a location, it is necessary to find a satisfactory compromise between different requirements such as proximity to sources and a possibility of delivering sufficient quantities of biomass, secured access to vehicles, a simple and inexpensive connection to the electricity network , a possibility of water and sewer connection,a possibility of solid fuels disposal, proximity of consumers, ie. that the costs of heat distribution are kept as low as possible.*

*The approximation of the cost of connection to the electricity grid dependson whether it is a new construction or the existing electricity network.*

*Serbia is considered to be a medium-forested land. Out of the total area of Serbia's territory, 29.1% is in the woods which is 2.252 million ha (Figure 1). The state-owned area accounts for 1,194,000 ha, or 53%, while 1,058,387 hectares or 47% is privately owned (Figure 2). The forest cover in Serbia is close to the global one which is 30%, and significantly lower than that of Europe which reaches 46%. In relation to the population, the forested area is 0.3 ha per capita (in Russia it is 11.11 ha per capita, 6.93 in Norway, in Finland it is 5.91, 1.38 in BiH and in Croatia it is 1.38 ha per capita).*

*Wood biomass includes small amounts of sulfur ( in the trunk there is only 0.01% , in conifer needles the percent is 0.04 to 0.2% - expressed in percentage by weight of dry fuel). In practice, the combu-*

*stion of biomass yields very small or negligible amounts of sulfur oxide so that in plants that use only wood biomass as fuel, equipment for the removal of sulfur oxides is not installed as a rule. In the burning process, sulfur builds gaseous compounds  $SO_2$  and  $SO_3$  and alkali sulfates. In boilers where gases are cooled quickly, sulfates condense on fly ash particles or on pipe surfaces. The majority of sulfur is found in ash (40 to 90 %). The effectiveness of the retention of sulfur in ash depends on the concentration of alkali metal (especially calcium) in ash. The effect of sulfur is not so significant for  $SO_2$  emissions, as is its role in the corrosion process.*

*The nitrogen content in wood biomass is relatively low. The dry tree trunk and the bark contain 0.1-0.5 % of nitrogen, while its content in conifere needles is slightly higher (1-2%). Nitrogen oxides produced during combustion are nitrogen monoxide (NO) and nitrogen dioxide ( $NO_2$ ), commonly designated as NOx. Approximately 85% of nitrogen oxides formed in the combustion process are thermal NOx (at a temperature of 9,000C). Nitrogen oxides are formed by complex processes depending on combustion technology and temperature. The formation of nitrogen oxides is mostly affected by fuel properties.*

*According to the Institute of Statistics, the total amount of 2.7 million toe represents 40 % of the total coal production in Serbia. Regarding the wood sources, half of them is firewood with the energy value of 240,000 toe, and the rest is natural waste from trees with an energy value of 550,000 toe, where its 42% is not usable at the market, at least for now. The annual yield of residues produced as a by-product of wood processing is 350,000 m<sup>3</sup>, or 66,900 toe.*

*What is characteristic for some countries is the shortage or absence of certain energy sources. Numerous wars were waged in the past to compensate for what was lacking, e.g. water and food. Today, the main reason for this is energy. In the future, it will be necessary to substitute non-renewable sources of energy with renewable resources; they were used more in the past and there are enough of them to cover all energy needs. Biomass is sure to become a primary source of energy, and wars for energy will become history.*

Key words: wood, cogeneration, biomass.

---

Датум пријема чланка / Paper received on: 14. 03. 2014.

Датум достављања исправки рукописа / Manuscript corrections submitted on: 23. 05. 2014.

Датум коначног прихватања чланка за објављивање / Paper accepted for publishing on: 25. 05. 2014.

## TEHNIČKO-TAKTIČKI ASPEKTI KONFIGURISANJA KABINSKOG PROSTORA FLOTE VIŠENAMENSKIH BORBENIH AVIONA

Slaviša I. Vlačić<sup>a</sup>, Aleksandar Z. Knežević<sup>a</sup>, Nikola Đ. Pekić<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,  
Katedra vojnog vazduhoplovstva, Beograd,  
e-mail: slavisavlacic@yahoo.com; sm.kne3@neobee.net

<sup>b</sup> Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Sektor za politiku  
odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Beograd  
e-mail: nikola.pekić@mod.gov.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-5450

OBLAST: saobraćajno inženjerstvo, vojno vazduhoplovstvo

VRSTA ČLANKA: stručni članak

JEZIK ČLANKA: srpski

### Sažetak:

*Višenamenski borbeni avioni predstavljaju dominantnu kategoriju borbenih aviona. Mogu da izvršavaju različite vrste namenskih zadataka, a primarni su lovački, bombarderski i izviđački zadaci. U izvršavanju određenih vrsta zadataka evidentno je povećano opterećenje posade višenamenskih borbenih aviona, što nameće primenu aviona dvo-sede konfiguracije umesto uobičajene jednosede konfiguracije kabinskih prostora. Obe konfiguracije kabinskog prostora imaju određene prednosti i nedostatke, zbog čega je u koncipiranju nacionalne flote višenamenskih borbenih aviona potrebno pažljivo razmotriti određene tehničke i taktičke aspekte konfigurisanja kabinskog prostora. Neki od najbitnijih aspekata prikazani su i objašnjeni u ovom članku.*

*Ključne reči: kabinski prostor, konfigurisanje kabinskog prostora, dvo-sed, jednosed, višenamenski borbeni avion.*

## Uvod

Višenamenski borbeni avioni pripadaju kategoriji taktičkih borbenih aviona namenjenih za izvršavanje zadataka koji obuhvataju najmanje dve kategorije borbenih dejstava koja se izvode iz vazdušnog prostora.

Nastali su iz lovačkih aviona, a njihova pojava i ekspanzija primene vezuje se za osamdesete i devedesete godine prošlog veka. Razvoj višenamenskih karakteristika proistekao je prevashodno iz težnje ka ostvarenju maksimalne efektivnosti borbenih platformi i smanjenju visokih troškova za vazduhoplovstvo. Uslov zadovoljenja ovog zahteva bio je nagli tehnološki razvoj na polju elektronske opreme i naoružanja vazduhoplova. Deo višenamenskih borbenih aviona nastao je usavršavanjem postojećih platformi koje su pripadale trećoj tehnološkoj generaciji lovačkih borbenih aviona, a deo je nastao kao rezultat razvojnih programa realizovanih u drugoj polovini devedesetih godina, kao i početkom protekle decenije. Novi modeli svrstani su generalno u četvrtu generaciju borbenih aviona. U navedenu generaciju svrstani su i radikalno modernizovani avioni koji su izvorno pripadali trećoj generaciji borbenih aviona (Vlačić, 2012, pp.8-11). Proširenje borbenih mogućnosti višenamenskih borbenih aviona u odnosu na lovačke avione iz kojih su nastali, nametnulo je i preispitivanje stava o konfigurisanju kabinskog prostora, odnosno načinu odlučivanja o primeni jednosede ili dvosede varijante. Ovo preispitivanje u velikoj je meri nastupilo usled povećanja broja funkcija i opterećenja pilota. Tokom protekle dve decenije procenat nabavljenih dvosedih višenamenskih borbenih aviona znatno je porastao. Oni su postali bolji izbor za mala vazduhoplovstva, kako bi kompletirali malobrojniju ali respektivnu i tehnološki savremenu flotu za dejstvo iz vazdušnog prostora. Međutim, zbog veće nabavne cene dvoseda u uslovima ekonomske krize jednosede varijante i dalje figuriraju u ugovorima. U određenom broju stručnih izvora koji obrađuju ovu temu evidentno je sukobljavanje mišljenja o pristupu konfigurisanju kabinskog prostora višenamenskih borbenih aviona, odnosno razmere primene jednoseda i dvoseda u današnjoj floti. Međutim, ne uočava se postojanje sveobuhvatnog analitičkog pristupa po pitanju konfigurisanja kabinskih prostora flote višenamenskih borbenih aviona, niti klasifikacija tehničkih i taktičkih aspekata koji utiču na ovaj proces. Zato su u ovom radu prikazani najbitniji tehnički i taktički aspekti konfigurisanja kabinskog prostora višenamenskih borbenih aviona, kao i statistički podaci o razmeri upotrebe različitih kabinskih konfiguracija u imajućoj floti.

## Istorijski pristup konfigurisanju kabinskih prostora

Višenamenski borbeni avioni vode poreklo od taktičkih mlaznih lovačkih aviona čiji je najintenzivniji razvoj zabeležen pedesetih i šezdesetih godina prošlog veka. Nagli razvoj velikog broja tipova lovačkih aviona nastao je kao praktičan sled naučnih rezultata ostvarenih na polju aerodinamike, konstrukcije, pogonskih grupa i naoružanja vazduhoplova. Veliki

uticaj imala je i geopolitička situacija i konfrontacija najvećih sila tokom hladnog rata, što je uticalo na postojanje velikih razvojnih budžeta.

Razvoj lovaca odvijao se praktično u dva pravca: jedan pravac su činili dnevni lovci, a drugi su činili lovački avioni namenjeni izvršavanju zadataka u složenim meteo uslovima i noću.

Dnevni lovci bili su pretežno jednosedi. Njihovi glavni predstavnici tokom pedesetih godina bili su MiG-15, MiG-17, Grumman F9F/F-9 Cougar, North American F-86, North American F-100, Dassault Mystere, Hawker Hunter i SAAB-29 Tunnan, dok su šezdesete obeležili lovci druge generacije, kao što su bili BAC Lightning, Dassault Mirage III, Lockheed F-104 i MiG-21. Njihove dvosede varijante, ukoliko su u zavisnosti od tipa aviona postojale, bile su isključivo namenjene preobuci i trenaži pilota.

Lovački avioni namenjeni izvršavanju zadataka u složenim meteo uslovima i noću bili su težišno konfigurisani u dvosedim varijantama, gde su posadu sačinjavali pilot i operator radara/naoružanja, odnosno navigator. Glavni predstavnici bili su avioni Avro Canada CF-100, Gloster Javelin, F-89 Scorpion, F-94 Starfire, Jakovljevič Jak-25, Jak-28, Tupoljev Tu-128 i Sud Aviation Vautour.



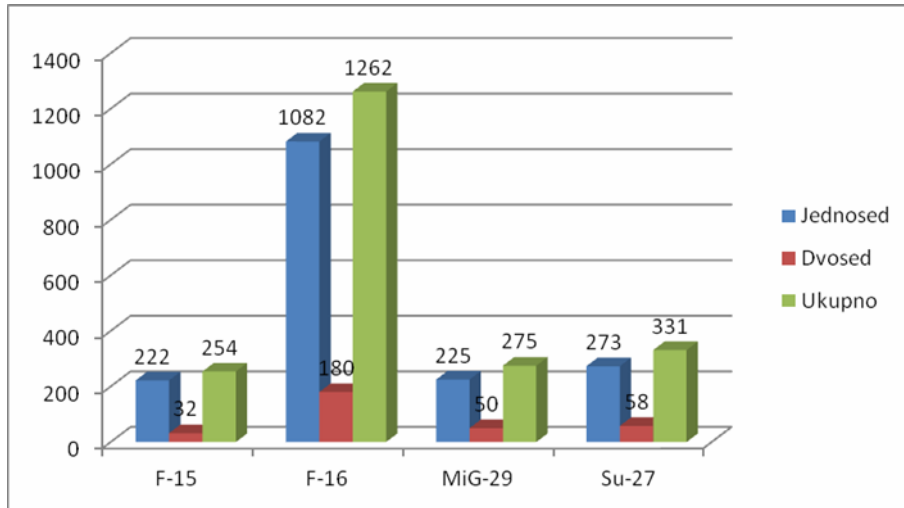
*Slika 1 – F-4 Phantom II*  
*Figure 1– F-4 Phantom II*

Prekretnicu u razvoju lovačkog aviona i njegovu transformaciju u višeamenski borbeni avion, odnosno lovca višestruke namene, kako je on početno bio definisan (Vojni leksikon, 1981, pp.264) predstavljao je avion McDonell Douglas F-4 Phantom II (slika 1) koji je prvi put poleteo 1958.godine. Premda je prvi prototip izrađen u jednosednoj varijanti, američka mor-

narica (USN) zahtevala je isključivo dvosede, tako da su svi naredni primerci izrađeni u dvosedoj konfiguraciji, u kojoj se na zadnjem sedištu nalazio operator radara/naoružanja. Po smernicama tadašnjeg američkog ministra odbrane Roberta Maknamare, F-4 Phantom II je uveden u naoružanje američkog vazduhoplovstva (USAF) i Marinskog korpusa. Pristup upotrebi ovog aviona bio je različit: USN je avion koristila kao lovac-presretač namenjen zaštiti flote brodova, dok je USAF težište stavio na lovačko-bombardersku varijantu. Dok su se u mornaričkim varijantama na zadnjem sedištu nalazili operatori radara/naoružanja (RIO – Radar Intercept Officer) u vazduhoplovstvu se na zadnjem sedištu nalazio pilot, koji je uz pomoć duplih komandi mogao da upravlja avionom, ali je isto tako vršio i zadatke operatora oružanih sistema (Wetterhahn, 2009, pp.29).

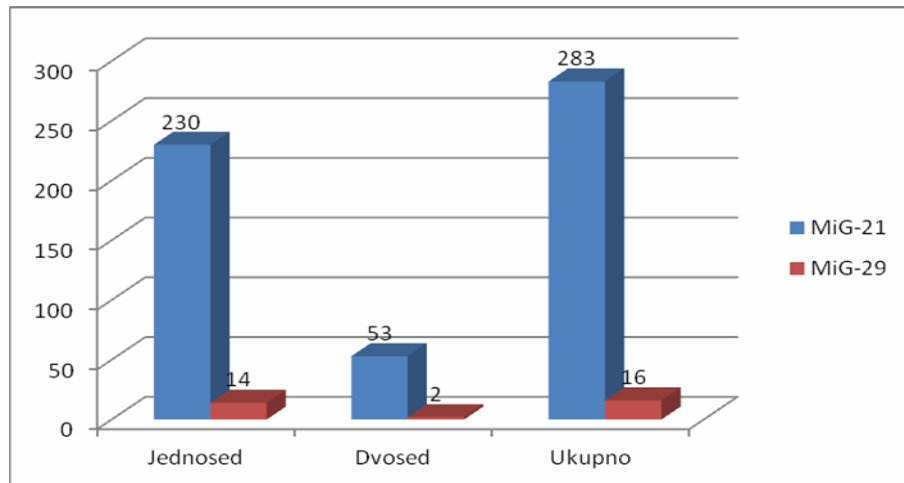
Velika iskustva koja su stečena u Vijetnamskom ratu vodila su početkom sedamdesetih godina prošlog veka u napredne projekte označene kao VFAX (Naval Fighter Attack Experimental – mornarica) i F-X (Fighter-Experimental) odnosno LWF (Lightweight Fighter). Rezultat ovih američkih projekata bili su dvosedi teški lovac F-14 Tomcat namenjen mornarici i jednosedi lovci F-15 i F-16 namenjeni USAF. Ovi avioni svrstani su u četvrtu generaciju borbenih aviona. Kao odgovor, Sovjetski Savez je razvio dvosede avione sličnih performansi – teški lovac Suhoj Su-27 i laki frontovski lovac MiG-29. Analizom pristupa konfigurisanju kabinskog prostora uočava se da su već u početnom stadijumu operativne primene ovi jednosedi lovci dobili svoje dvosede varijante, koje služe isključivo obuci i trenaži pilota. Evidentno je da se procenat zastupljenosti dvoseda naspram jednoseda i na Istoku i na Zapadu kreće u sličnim okvirima, između 13 i 18 odsto, što se vidi u tekstu koji sledi.

Do 1985.godine za potrebe USAF je isporučeno 763 jednoseda F-15 A/C i 118 dvoseda F-15B/D (<http://www.aerospaceweb.org/aircraft/fighter/f15/> preuzeto 18.12. 2013. godine), dok je do marta 2001.godine za potrebe USAF isporučeno 1890 jednoseda F-16A/C i 326 dvoseda F-16B/D (<http://www.fas.org/programs/ssp/man/uswpns/air/fighter/f16.html>, preuzeto 18.12.2013.godine). Danas je u USAF aktivno 222 jednosedih i 32 dvosedih F-15 (<http://www.bga-aeroweb.com/Defense/F-15-Eagle.html> preuzeto 25.12.2013.godine, te 1082 jednosedih i 180 dvosedih F-16 ([http://www.worldwide-military.com/Military%20Aircraft/US%20Fighters/USFighters\\_EN.htm](http://www.worldwide-military.com/Military%20Aircraft/US%20Fighters/USFighters_EN.htm) preuzeto 25.12.2013.godine). Prema dostupnim podacima koji procenjuju aktuelnu flotu aviona Su-27/Su-27UB i MiG-29/MiG-29UB prvih proizvodnih serija, sličan odnos uočava se i u ruskom vazduhoplovstvu (<http://warfare.be/db/vvs/> preuzeto 25.12.2013.godine). Navedeni ruski avioni pretežno su isporučeni osamdesetih godina prošlog veka. Ovi odnosi jednosedih i dvosedih kabinskih konfiguracija predstavljeni su na slici 2.



Slika 2 – Odnos jednosede i dvosede konfiguracije F-15, F-16, MiG-29 i Su-27  
 Figure 2– Relations between one and two-seat configurations on F-15, F-16, MiG-29 and Su-27

U vreme pojave pomenutih aviona četvrte generacije, kao i tokom ugovaranja nabavki lovaca u istom tom periodu od strane manjih vazduhoplovstava, pristup odnosu jednosede i dvosede konfiguracije u okviru flote postojećih lovaca bio je sličan u većini vazduhoplovstava. To znači da su se dvosedi lovci koristili isključivo za obuku i trenazu pilota. Takav odnos, od 18 odsto, uočava se i u SFRJ, sa avionima MiG-21 i MiG-29 (Dimitrijević, 2006, pp.343-348), što je predstavljeno na slici 3.



Slika 3 – Odnos jednosedih i dvosedih lovaca MiG-21 i MiG-29 u domaćem vazduhoplovstvu  
 Figure 3 – Relation between one and two-seat MiG-21 and MiG-29 fighters in the national air force



Nagli razvoj elektronske opreme i precizno vođenih vazduhoplovnih ubojnih sredstava, posebno tokom osamdesetih godina prošlog veka, doveo je do značajne evolucije postojećih tipova lovačkih aviona koji kroz programe opsežnih modernizacija postaju pravi višenamenski avioni. Ovu kategoriju aviona prihvataju i velika vazduhoplovstva, i pored toga što za svaku namenu imaju specijalizovane vazduhoplovne platforme, a naročito pozitivno ih prihvataju manja vazduhoplovstva. Prerastanje lovaca u višenamenske borbene avione, koji su deklarativno istog tipa, dovela je i do promene pristupa u konfigurisanju kabinskog prostora flote nabavljenih višenamenskih borbenih aviona koji je danas uslovljen brojnim tehničkim i taktičkim faktorima.

## Korelacija tehničko-tehnološkog napretka i opterećenja posade

Traženi nivo univerzalnosti i širok spektar namenskih zadataka koje izvršavaju višenamenski borbeni avioni ostvaren je, pre svega, napretkom na polju navigacijskih, radarskih i senzorskih sistema, kao i informaciono-komunikacionih tehnologija, čijim je korektnim uvezivanjem u jedinstvenu celinu omogućena precizna navigacija, odnosno dovođenje u region cilja, otkrivanje, identifikacija, praćenje, zahvat i pogađanje ciljeva u vazдушnom prostoru i na zemlji, uz visok nivo samozaštite i ekstremno veliku preciznost obezbeđenu primenom precizno vođenih sredstava.

Na avion su, kao najbitnije komponente, ugrađeni:

- višefunkcionalni radari koji mogu da rade u velikom broju režima,
- optički senzori,
- oprema i sistemi za protivelektronska dejstva i
- uređaji za zaštićeni prenos podataka, tj. veze podataka (data-link).

Takođe, integrisani su i modularni izviđački kontejneri, koji po potrebi mogu da se podvešavaju na prilagođene podtrupne tačke.

Navedeni tehnički podsistemi omogućili su pilotu viši nivo situacionog razumevanja i kvalitetnije, efektivnije i bezbednije izvršavanje zadataka, ali je njegovo radno opterećenje povećano, što zahteva od pilota da poseduje i sposobnosti sistem-operatora i integratora. Pilot mora da niz izolovanih i međusobno neusklađenih informacija prihvati, procesuiraj, integriše, donese odluku, unese instrukcije u podsisteme i selektuje mode rada, što zahteva značajnu psihofizičku aktivnost pilota, odvlačeći ga od osnovnih zadataka. Utvrđeno je da pilot može simultano da primi i procesuiraj maksimalno 6 do 8 različitih informacija ili nešto manje u uslovima stresa i borbenog opterećenja. To je i potvrđeno tokom ratnih sukoba u Iraku i Avganistanu gde su dvosedi borbeni avioni imali više uspeha od jednoseda (Rendulić, Mikić, 2007, p 2.). U tabeli 1 prikazan je utrošak

vremena pilota u jednosedu i dvosedu tokom pravolinijskog napada na cilj na zemlji. Analizirani avioni bili su sa klasičnim analognim instrumentima i nišanom. Zato je smanjenje radnog opterećenja pilota postalo bitan aspekt u formulisanju zahteva za konfigurisanjem kabinskih prostora, što je dovelo do početka integracije pojedinih funkcija elektronske opreme. Značajan faktor napretka na ovom polju bila je šira primena digitalne avionike i mikroprocesora i drastično smanjenje dimenzija računara, uz istovremeno povećanje njegovih sposobnosti. Uvođenje magistrale podataka MIL-STD-1553B omogućilo je i lakše povezivanje svih uređaja. Na osnovu ovih dostignuća, avioni su opremljeni složenijom elektronskom opremom, što je uprkos primeni elemenata integrisane avionike izazvalo suprotan efekat, tj. dalje povećanje radnog opterećenja pilota usled velikog broja informacija u digitalnom obliku koje mu se prezentuju sa velikom brzinom promene.

Navedeni problemi, koji su evidentno izazvali određen broj vazduhoplovnih udesa (Lyons, et al., 2006, pp.720-722) imali su veliki uticaj na budući razvoj višenamenskih borbenih aviona, pa je daljem usavršavanju relacije posada–avion, posebno sa aspekta tehničkih rešenja, posvećena veća pažnja.

*Tabela 1 – Utrošak vremena pilota tokom napada*  
*Table 1 – Pilot time consumption during combat*

rr.b.	Vrste aktivnosti pilota	Utrošak vremena pilota (%)	
		jednosed	dvosed
1.	Unutrašnja i spoljna komunikacija	4,7	3,3
2.	Setovanje sistema, izbor modova i unos podataka	21,3	10,0
3.	Vizuelna kontrola instrumenata stanja u kabini i detekcija cilja	33,3	22,0
4.	Upravljanje sistemima navigacije i akvizicije cilja	22,0	14,7
5.	Slobodno vreme	18,7	50,0
6.	Raspoloživo vreme	100	100

Rešavanje navedenih problema u preopterećenju posade odvijalo se tokom protekle dve decenije u dva pravca. Jedan pravac bio je zadržavanje jednosede konfiguracije kabinskog prostora primenom specifičnih tehničkih rešenja, pre svega intuitivnog korisničkog interfejsa avionske opreme, a drugi je bio prilagođavanje dvoseda baznih jednosedih konfiguracija izvođenju kompleksnih borbenih zadataka, izlazeći iz okvira trenaže i obuke pilota. Radi eksplikacije ovih razvojnih pravaca posmatrani su sledeći avioni i njihove varijante koji pripadaju četvrtoj generaciji borbenih aviona: Eurofighter, F-15, F-16, F/A-18, JAS-39 Gripen, MiG-29, Su-27/30 i Rafale.

Prvom pravcu pripadaju avioni Eurofighter i JAS-39 Gripen, dok drugom pravcu, u većoj ili manjoj meri, pripadaju avioni F-15, F-16, F/A-18, MiG-29, Su-27/30 i Rafale. Ovaj pristup usmeravali su tehnički i taktički nosioci razvoja, ali su snažan pečat dali i zahtevi tržišta, prevashodno glavnih kupaca.

## Tehnički faktori konfigurisanja kabinskih prostora višenamenskih borbenih aviona

Analizom razvoja borbenih aviona četvrte generacije uočeno je da su prvi pravac (zadržavanje jednosede koncepcije) zastupale države koje su kroz inicijalne taktičko-tehničke zahteve tražile lovački avion. One su naknadno, usled novonastalih okolnosti, kao što je završetak hladnog rata i posledično smanjenje budžetskih izdataka, te pomenuti tehničko-tehnološki napredak na polju povećanja borbenih sposobnosti letelice, zatražile doradu projekta i njegovo prevođenje u višenamensku platformu.

Karakterističan slučaj predstavlja avion Eurofighter, koji od prvog leta 1994. godine pa do danas u potpunosti nije preveden u višenamensku platformu, iako je kao takav, deklarisan. Smanjenje budžeta uticalo je i na smanjeni broj kupljenih primeraka u odnosu na prvobitno planiranu količinu. Zemlje nosioci razvoja zadržale su se na velikom broju jednoseda, zbog manje nabavne cene. Prema nezvaničnim podacima dobijenim od proizvođača na vazduhoplovnom sajmu ILA 2010 Berlin, cena dvosedog aviona Eurofighter je 10 odsto veća u odnosu na jednosed, što na nivou jedne eskadrile koja se nabavlja praktično znači isporuku jednog aviona manje. Nabavna cena je veća zbog troškova razvoja koji podrazumevaju redizajn prednje sekcije trupa, a neophodna je i ugradnja opreme u drugoj kabini, kao i dodatnog izbacivog sedišta. Na kraju procesa potrebna su verifikaciona ispitivanja učinjenih izmena. Posmatrano sa logističkog aspekta, cena eksploatacije tokom veka upotrebe takođe je veća u slučaju dvoseda.

Uvažavajući činjenicu da su države kupci, pored aviona Eurofighter, u naoružanju već imali namenske letelice za izvršavanje jurišnih, izviđačkih i lovačko-bombarderskih zadataka ili takvi zadaci nisu bili izraženi u nacionalnim vazduhoplovnim doktrinama, razumljiva je prevaga jednoseda. Uvođenjem niza novih tehničkih dostignuća, predstavnici proizvođača opravdali su preferiranje jednoseda (Penrice, 2001, pp.8-14). Tehnička rešenja kojima je proizvođač Eurofighter Jagdflugzeug GmbH pokušao da smanji opterećenje jednog člana posade su:

- visoka automatizacija sistema;
- sistem „bezbržnog“ rukovanja avionom;
- sistem digitalne kontrole leta;
- sistem za vađenje iz nepravilnog položaja;
- GPWS sistem upozorenja na blizinu tla;

- upravljanje glasom;
- nišan na kacigi pilota i
- visok nivo fuzionisanja prikazanih podataka sa senzora.

Sličnim argumentima opravdan je i veći broj aviona JAS-39 izrađen u jednosedim verzijama A/C/E (28 dvoseda naspram 209 jednoseda, prema <http://www.aeroflight.co.uk/aircraft/types/saab-jas-39-gripen.htm> preuzeto 19.1.2014), koje korisnici težišno upotrebljavaju za izvršavanje lovačkih zadataka. Prethodno navedena tehnička rešenja su u manjoj ili većoj meri primenjena i na ostalim istraživanim avionima.

Tipičan primer drugog pristupa je francusko vazduhoplovstvo koje se od samog početka razvoja aviona Rafale odlučilo na dominantan broj dvoseda ([http://www.globalaircraft.org/planes/dassault\\_rafale.pl](http://www.globalaircraft.org/planes/dassault_rafale.pl) preuzeto 24.12.2013). Vremenom je taj odnos smanjivan, primarno zbog veće cene dvoseda. Prema javno dostupnom dokumentu francuskog Senata (<http://www.senat.fr/rap/a12-150-8/a12-150-815.html#toc290> preuzeto 24.12.2013) cena jednoseda Rafale C iznosi 66,2 miliona evra (projektovana nabavka 118 aviona) a dvoseda Rafale B 71,2 miliona evra (projektovana nabavka 110 aviona), što je razlika od 7,5 odsto. Prema istom dokumentu dvosedi su namenjeni za izvođenje dejstava po ciljevima na kopnu i moru, izviđanje i nuklearne udare.

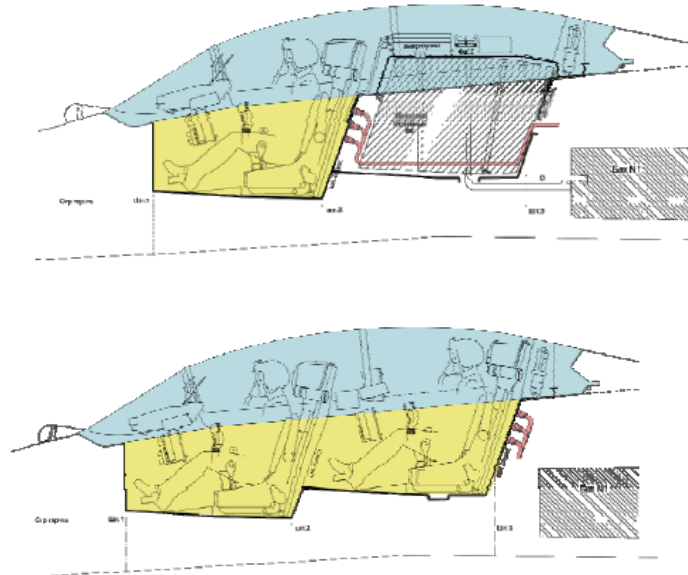
Avioni tipa F-15, F-16, F/A-18, MiG-29 i Su-27/30 imali su specifičnu genezu koja ih je od čistog lovca vodila u višenamenske borbene avione. Nakon početnog stadijuma operativne primene, kojom su dominirali jednosedi, povećao se procenat proizvedenih dvoseda koji je u direktnoj vezi sa povećanjem borbenih mogućnosti, koje je dolazilo sa svakom novom varijantom aviona.

Teški lovac F-15, razvijan pod devizom „ni grama oružja za dejstvo po ciljevima na zemlji“, osam godina nakon prvog leta lovca jednoseda poleteo je u dvosedoj, lovačko-bombarderskoj varijanti. Ova varijanta, nazvana E, pretrpela je određene promene, u odnosu na trenažni dvosed. Zbog povećane mase korisnog tereta, konstrukcija F-15E je ojačana. Na platformi je integrisana specifična oprema, posebno ona koja se tiče efikasne upotrebe ubojnih sredstava tipa vazduh-zemlja. Najbitniji sklop avionike verzije E je višenamenski radar AN/APG-70 sa sintetičkim otvorom, sposoban da efikasno detektuje ciljeve na Zemljinoj površini, a da pritom zadrži sve modove upotrebe bitne za angažovanje u vazdušnoj borbi. Radar tipa APG-70 omogućava detekciju zemaljskih ciljeva sa velikih udaljenosti (aerodromi i mostove na oko 130 km). Jedna od karakteristika jeste da nakon zahvata posada može da zamrzne sliku i vrati se u mod vazduh-vazduh ukoliko za to postoji potreba. Tokom označavanja ciljeva i odbacivanja sredstava vazduh-zemlja od strane letaća iz zadnje kabine, tj. rukovaoca oružnim sistemima, pilot može istovremeno da prati stanje u okruženju i reaguje na pretnje iz vazduha ispaljujući rakete vazduh-vazduh. Optoelektronski sistem posadi F-15E pruža opciju da precizno leti noću na malim visinama i pri složenim meteo uslo-

vima. Osnovni sistem u upotrebi tokom devedesetih godina sastojao se od dva podvesna kontejnera. U jednom se nalazi radar za praćenje terena, dok drugi sadrži FLIR uređaj čija se slika prenosi na pilotski gornji prikazivač HUD i laserski uređaj za praćenje i označavanje ciljeva udaljenih do 20 km. Stavljanjem kursora na odabrani cilj na displeju podaci se automatski prenose laserski ili IC navođenom oružju. Podaci radara za praćenje terena spregnuti su sa autopilotom koji i u složenim vremenskim i meteo uslovima bezbedno vodi avion na visokim podzvučnim brzinama na visinama od oko 70 metara. Rukovaocu oružnih sistema (WSO – Weapons Systems Officer) na raspolaganju su četiri displeja. Na njima mogu da se projektuju podaci sa radara, uređaja za elektronsku samozaštitu, IC senzora, digitalne mape, kao i druge letne i taktičke informacije. Pilot u ravni očiju gleda kroz HUD na kojem se noću projektuje slika sa FLIR uređaja koja prilično verno simulira dnevne uslove. Međutim, ta slika ima svoje vidno polje i pilotu je spoljni svet predstavljen samo kroz njega, što ga u krajnjem ograničava na izbor kompleksnijeg manevra na cilju. Karakter namenskih zadataka predviđa dugotrajne letove, zbog čega je F-15E opremljen uređajem za dopunu gorivom u vazдушnom prostoru. Prednosti ove verzije prepoznate su na tržištu, tako da američki pogoni od 1985. godine prevashodno proizvode dvosede, višenamenske varijante za Izrael (F-15I), Saudijsku Arabiju (F-15S/SA), Južnu Koreju (F-15K) i Singapur (F-15SG). Ugovorena je isporuka 331 aviona (<http://www.deagel.com/equipment/r1a000535.htm> preuzeto 19. 12. 2013. godine).

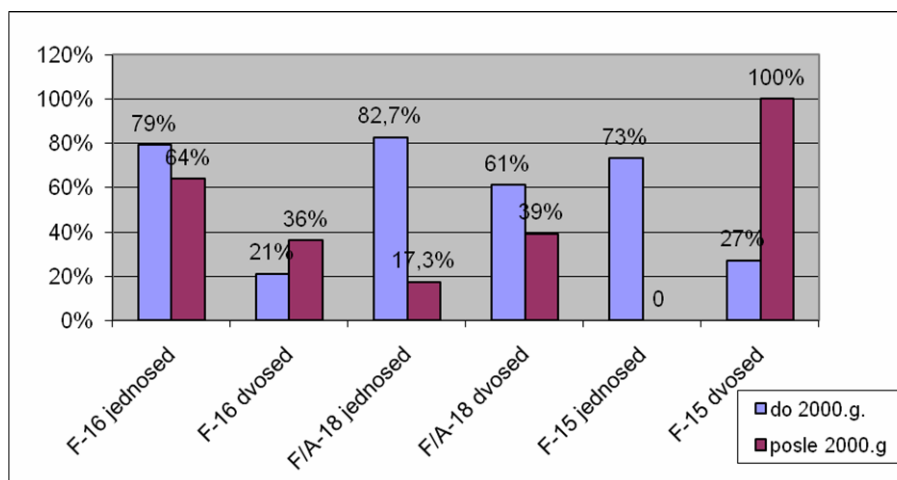
Ruski ekvivalent Su-27/30 je, slično kao i F-15, iz jednosedog teškog lovca evoluirao u dvosedi višenamenski borbeni avion, ali na drugačijim osnovama. Prvi borbeni dvosedi Su-30 nastao je na osnovu iskustava ruskog vazduhoplovstva da se na dugotrajnim i udaljenim zadacima patroliranja jedini član posade – pilot rastereti ubacivanjem još jednog pilota. Procenjeno je da Su-30, sa dva člana posade koji funkcionišu timski može, uz dopunjavanje gorivom u vazдушnom prostoru, dugo da ostane u rejonu patroliranja, potencijalno navodeći i komandujući grupama vlastitih lovaca sastavljenih od Su-27 ili MiG-29. Osim uređaja za dopunu gorivom u vazдушnom prostoru, dodata je i specifična navigacijska i komunikacijska oprema. Pomoću nje bilo je olakšano praćenje situacije, razmena podataka i koordinacija dejstva grupe lovaca. Suštinski iskorak predstavljao je zahtev Indije da se na ovu verziju integrišu precizno vođena sredstva kategorije vazduh-zemlja, kanar aerodinamičke površine, motori sa promenljivim vektorom potiska, kao i elektronska oprema zapadnog porekla. Od 1996. godine do danas primat u proizvodnji aviona familije Su-27/30 dobile su dvosede varijante Su-30, u različitim varijantama, koja su isporučena vazduhoplovstvima različitih kategorija i moći. Ugovorena je isporuka 463 aviona (<http://www.deagel.com/equipment/r1a000320.htm> preuzeto 22. 12. 2013. godine).

Avion MiG-29 je, u poređenju sa razmatranim avionima, tokom protekle dve decenije imao najlošiji tržišni plasman i najmanji broj serijski proizvedenih primeraka u odnosu na druge razmatrane avione. Osnovni razlog bio je raspad SSSR-a i gubitak glavnih kupaca. I pored dugoročne namere da se avion prevede u višenamensku platformu, varijanta jednoseda SMT proizvedena je u maloj seriji, a manji broj starijih verzija modifikovan je na ovaj standard. Trenutna faza u razvoju ovog primarno jednosedog lovca je serijska proizvodnja mornaričke verzije MiG-29K/KUB. Odnos ugovorenih jednoseda i dvoseda ne razlikuje se mnogo od prvih proizvodnih serija čiji je odnos prethodno prikazan, zato što oba naručioca preferiraju lovačku namenu. Za razliku od dvoseda prve verzije MiG-29UB, MiG-29KUB poseduje radar i u potpunosti je opremljen za izvršavanje namenskih borbenih zadataka. Prva verzija dvoseda je, i pored nedostatka radara, kao najskupljeg avionskog podistema, bila skuplja, o čemu svedoči i podatak iz jugoslovenskog ugovora o nabavci eskadrile MiG-29 (Siladić, 2007, p.36). Karakteristična pojava u slučaju verzija K/KUB je isti geometrijski oblik i jednoseda i dvoseda, sa identičnim kabinskim poklopcem. Razlika je praktično u postavljanju zadnjeg sedišta ili gorivnog rezervoara u zadnji kabinski prostor (slika 4). Na osnovu mornaričke varijante razvijena je višenamenska platforma MiG-29M/M2 (Vlačić, 2003, pp.98-99) kako bi se unifikacijom proizvodne linije smanjili troškovi proizvodnje. I u ovom slučaju zadržana je identična geometrija jednoseda i dvoseda.



Slika 4 – Konfiguracija kabinskog prostora aviona MiG-29M i M2  
Figure 4 – The cockpit configuration of MiG-29M and M2

Evolucija američkih aviona F-16 i F/A-18 najbolje prezentuje transformaciju lakih lovaca u višenamenske borbene avione koju prati porast interesovanja korisnika za dvosedu varijantu. Masa praznog aviona F-16 se od prve A varijante do poslednje E uvećala za 33 odsto, a maksimalna poletna težina za 47 odsto, bez promene spoljnih dimenzija aviona. Ove promene usledile su primarno usled povećanja mase konstrukcije i ugrađene dodatne elektronske opreme, ali i kao posledica integracije snažnije pogonske grupe. U prvim varijantama aviona, kao i u slučaju najvećeg korisnika aviona – američkog vazduhoplovstva (2216 nabavljenih od 4500 poručjenih letelica) dominiraju jednosede varijante A i C. U slučaju ostalih 25 korisnika ([http://www.f-16.net/f-16\\_users.html](http://www.f-16.net/f-16_users.html), preuzeto 12. 01. 2014) uočava se konstantno povećanje broja nabavljenih dvoseda, što je posebno izraženo od 2000. godine pa do danas. Ova tendencija prisutna je i u slučaju drugih aviona američke proizvodnje, gde zastupljenost dvoseda konstantno raste (slika 5). Analizom namene nabavljenih dvoseda uočava se da im se dodeljuju lovačko-bombarderski zadaci, odnosno zadaci izolacije bojišta. Radi povećanja radijusa dejstva na avionima se ugrađuju profilisani dodatni spoljni rezervoari goriva (CFT – Conformal Fuel Tanks) koji se montiraju na spoju trupa i gornjake krila. Izraelski dvosedi F-16I opremljeni su dodatnom specifičnom elektronskom opremom u zadnjem kabinskom prostoru, ali su tehnički podaci o ovoj verziji veoma retko dostupni.



Slika 5 – Zastupljenost jednoseda i dvoseda u periodu pre i posle 2000. godine  
Figure 5 – Share of single seaters and two seaters before and after 2000

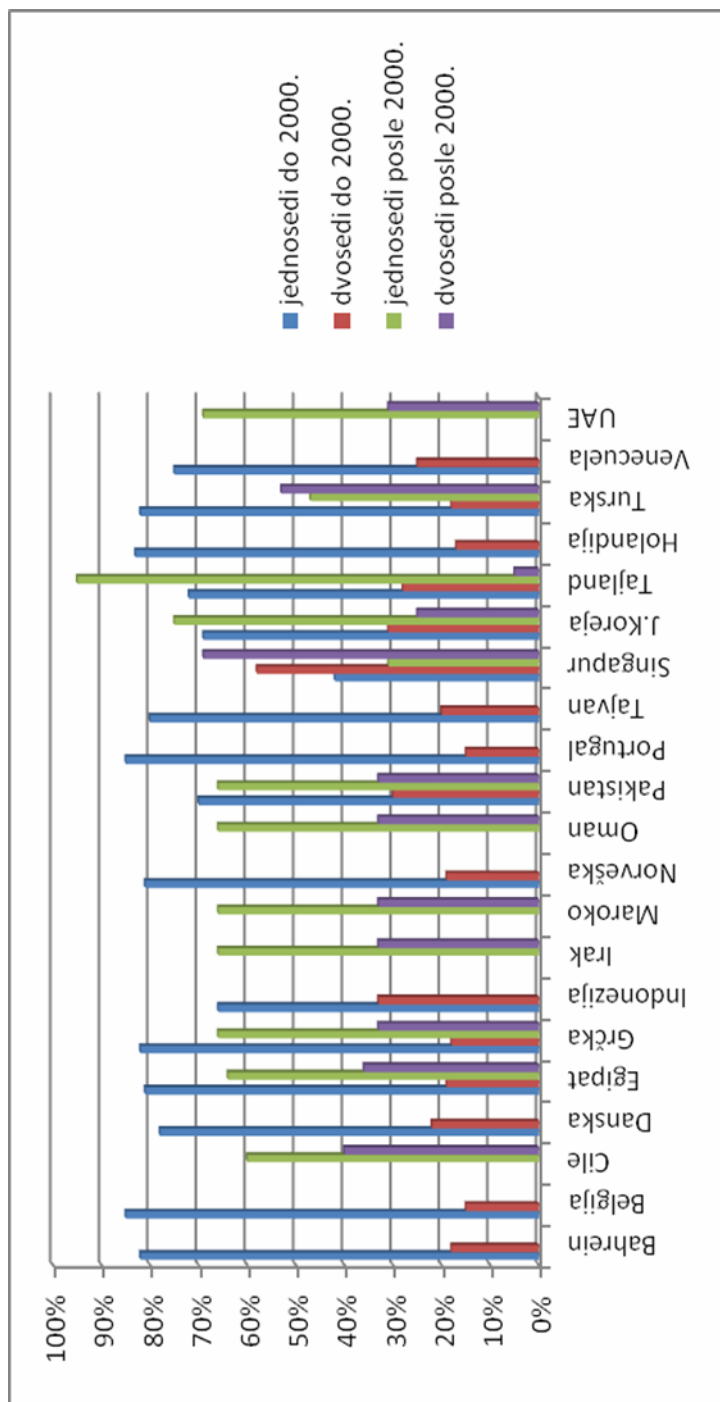
Razvoj aviona F/A-18 Hornet bio je aerodinamički i konstruktivno najobimniji u odnosu na ostale posmatrane višenamenske borbene avione. Masa praznog aviona F/A-18 se od C varijante do varijante E uvećala za 28 odsto, a maksimalna poletna težina za 18 odsto. Poslednja verzija u serijskoj proizvod-

nji označena kao E/F (F je dvosedi) odlikuje se 25 odsto većim dimenzijama celokupnog aviona, poseduje 33 odsto više unutrašnjeg goriva, 41 odsto veći dolet, 35 odsto jači potisak motora, a primetna je šira primena kompozita i konstruktivnih izmena radi povećanja nivoa stela karakteristika (Vlačić, 2000, pp.648-650). Pristup opremanju avijacijskih jedinica američke mornarice, a naročito Marinskog korpusa, drugačiji je u odnosu na vazduhoplovstvo, tako da je danas evidentan veći udeo dvoseda nego što je to bio slučaj sa F-16 ili F/A-18C/D, i u slučaju aviona F/A-18E/F ovaj postotak iznosi oko 28 odsto (<http://www.deagel.com/equipment/r1a000542.htm> preuzeto 19.01.2014). Uključujući verziju za elektronsko ratovanje EA-18G Growler i australijske primerke koji su isključivo dvosedi (24 aviona), ovaj postotak raste na 39 odsto (slika 5). Dvosedi F su sa funkcionalnošću namenske opreme i sistema identični u oba kabinska prostora, što omogućava WSO da deli zadatke sa pilotom u prednjoj kabini i samostalno lansira ubojna sredstva, što na prethodnim generacijama aviona nije bio slučaj. U tom smislu WSO je opremljen i kacigom sa nišanom, što je u prethodnom periodu bilo isključivo rezervisano za pilote. Jedan od pet prikazivača je u zadnjoj kabini većih dimenzija i omogućava bolje uočavanje i selektovanje ciljeva sa senzora, čiji podaci mogu biti prosleđeni drugim subjektima borbenih dejstava putem veza podataka (MIDS).

## Taktički faktori konfigurisanja kabinskih prostora višenamenskih borbenih aviona

Dvosede verzije višenamenskih borbenih aviona imaju veću masu praznog aviona i manju masu unutrašnjeg goriva, što utiče na smanjen taktički radijus. U slučaju aviona MiG-29KUB indijski izvori iznose podatak da dvosedi ima 8 odsto manju količinu unutrašnjeg goriva i 7 do 10 odsto manji taktički radijus (<http://www.bharat-rakshak.com/NAVY/Aviation/Aircraft/125-Mig-29k.html> preuzeto 09.01.2014.godine). Radi povećanja taktičkog radijusa dvoseda - zapadni proizvođači pribegavaju primeni profilisanih spoljnih dopunskih rezervoara goriva, koji povećavaju aerodinamički otpor, ograničavaju aerodinamička preopterećenja, smanjuju maksimalne brzine i ubrzanja aviona. Rezervoare ove kategorije nemoguće je odbaciti u letu, zbog čega je upotreba ovako konfigurisanih aviona u lovačkoj varijanti iznuđeno rešenje. Tipičan primer je avion F-16 poslednjih verzija koji se iz navedenih razloga u konfiguraciji sa CFT prevashodno koristi u lovačko-bombarderskim zadacima. Flota F-16, kao najzastupljenijih višenamenskih borbenih aviona današnjice koji se nalaze u sastavu 26 vazduhoplovstava, još je jedan značajan primer koji ukazuje na dominaciju broja dvoseda u paketima nabavke u proteklih 13 godina. Analizom kabinske konfiguracije flote aviona F-16, nabavljenih u periodu pre i posle 2000. godine, na uzorku od 21 vazduhoplovstva uočava se porast udela dvosedi konfiguracija sa 24 na 35 odsto (slika 6).





Slika 6 – Zastupljenost jednosedih i dvosedih F-16 u periodu pre i posle 2000. godine  
 Figure 6 – Share of the single and two-seat F-16 before and after 2000

Prema izraelskim podacima (Weiss, 2009. pp.4), gubitak performansi u odnosu na varijantu F-16 sa čistim aerodinamičkim profilom nije velik, ali je jednomotorni dvosed F-16I dobijen po ceni od 60 odsto cene dvomotornog dvoseda F-15I, uz taktički radijus manji za samo 40 km. Veća flota aviona, uz osetno manje troškove eksploatacije, multiplicira taktičke i operativne potencijale. Indikativno je da je i pored gubitka određene količine goriva odabirom dvosede konfiguracije i smanjivanju radijusa dejstva kao jednom od imperativa u operativnim planovima, izraelsko vazduhoplovstvo nastavilo da insistira na dvosedima, što treba uzeti kao relevantan pokazatelj taktičke opravdanosti odabira dvosede varijante, uzimajući u obzir njegovo veliko ratno iskustvo. Takođe, Izrael kao potencijalno veliki kupac aviona F-35, za razliku od američkih vojnih struktura, traži dvosedu varijantu (<http://www.flightglobal.com/news/articles/israel-sets-sights-on-two-seater-f-35-337464/> preuzeto 13.01.2014.godine), što su podržali i američki eksperti (Suarez, 2008. pp.10). Isti američki autor naglašava izvode iz osnovnog doktrinarnog dokumenta Marinskog korpusa (MCDP-1) u kojem se naglašava da „tehnologija može da unapredi načine i sredstva vođenja rata, poboljšavajući ljudsku sposobnost da ga vodi, ali tehnologija ne može i ne treba ni da pokušava da eliminiše ljudski faktor iz vođenja rata”, aludirajući pritom na preterano oslanjanje na tehnologiju i procenu da jedan pilot može efikasno da upotrebi sve raspoložive potencijale aviona nove generacije, poput F-35.

Neodgovarajućim tumačenjem profila posade, USAF je tokom razvoja F-15 insistirao na jednosedoj konfiguraciji, premda je Hughes Aircraft Company kroz svoju studiju (Hershberger, et al., 1977, p.32) iznela kvalitativno izražene prednosti dvoseda naspram jednoseda, što je praksa kasnije i pokazala. U tom smislu istaknuto je da je drugi član posade odlučujuća prednost prilikom vizuelnog osmatranja pretnji iz vazdušnog prostora i sa zemlje. Statistika Vijetnamskog rata govori da u 80 odsto slučajeva američkih gubitaka u vazdušnim borbama protivnički lovac nije ni bio uočen (Flanagan, 1981, p.12). Bez obzira na napredak savremenih senzora, ulazak u blisku borbu je i dalje moguć, pogotovo sa avionima koji poseduju streljane karakteristike i mogućnost superkrstarenja (Vlačić, 2012, pp.5-15). Osim dokazane taktičke prednosti dvosedih verzija evidentan je viši nivo bezbednosti letenja (Penrice, 2001, p.11).

Analizom istorijata skvadrona američke mornarice uočava se da su dvosedi F/A-18F zamenili skvadrone naoružane teškim lovcima F-14 koji su u poslednjoj fazi upotrebe korišćeni i za lovačko-bombarderske zadatke. Koncept funkcionisanja dvočlane posade zamišljen je kroz mogućnost nezavisne upotrebe podataka sa senzora i individualno otkrivanje i dejstvo po ciljevima iz oba kabinska prostora. Operater u zadnjoj kabini nosi i kacigu sa nišanom, što dodatno povećava efikasnost aviona kao platforme. Pilot F/A-18F ima sve podatke sa radara i ostalih senzora, što pilot F-14 nije imao i u ovom domenu se oslanjao na rad operatera. Pri-

mena dvoseda F/A-18 E/F u procesu taktičkog osposobljavanja kroz program SFARP (Strike Fighter Advanced Readiness Program) u kojem je poređena efikasnost jednoseda i dvoseda pokazala je 20 puta veću efikasnost dvočlanih posada u odnosu na jednosede konfiguracije (Ayton, 2007, p.18), čime je opravdan relativno visok postotak skupljih dvoseda u flotnom sastavu, koji se do 2018. godine projektuje na oko 40 odsto. Iz ovog dvoseda izvedena je i varijanta za elektronsko ratovanje EA-18G. Radi osavremenjavanja flote, istom filozofijom u konfigurisanju flote vodila se i Australija koja je, kao dopunu lovcima F/A-18A, nabavila 24 dvoseda F/A-18F i 12 EA-18G.

Međutim, bez obzira na to u kojim se zadacima višenamenski borbeni avion koristi, ukoliko postoji drugi član posade, neophodna je njegova obuka. U određenim vazduhoplovstvima na zadnjem kabinskom prostoru se preferira pilot (Wetterhahn, 2009., pp.29), dok druga vazduhoplovstva u svom sastavu imaju operatere oružnih sistema. Iako u ceni obuke pilota i operatera postoje razlike, ona je u oba slučaja izuzetno visoka. Gubitak dvočlane posade je samim tim veći, naročito u manjim vazduhoplovstvima koja, po pravilu, imaju manji broj raspoloživih pilota. Koordinaciji rada posade posvećuje se velika pažnja radi povećanja bezbednosti letenja, kao i borbene efikasnosti aviona, zbog čega se u određenom broju vazduhoplovstava zahteva da jedna te ista posada leti zajedno u što je moguće većem broju letova. Nedostatak adekvatno obučenog člana posade na zadnjem sedištu umanjuje prednosti dvoseda, zbog čega se u prvim godinama eksploatacije aviona F-4 Phantom u Vijetnamskom ratu, kroz naučna istraživanja, tražio pravi profil letača na drugom sedištu (Shore et al., 1970, pp.10). I pored navedenih rezultata, američka mornarica i vazduhoplovstvo nastavili su sa svojim zasebnim specifičnim konceptom o operateru, odnosno pilotu na zadnjem sedištu.

## Zaključak

Nagli razvoj elektronske opreme i precizno vođenih vazduhoplovnih ubojnih sredstava, koji su mogli da budu implementirani i na lovačke borbeno avione, kao deo tehnološkog razvoja, omogućio je proširenje domena upotrebe lovačkih borbenih aviona, pružajući im višenamensku karakteristiku. Razvoj višenamenskih karakteristika proistekao je prevashodno iz težnje ka ostvarenju maksimalne efektivnosti borbenih platformi i smanjenju visokih troškova za vazduhoplovstvo. Ovaj proces bio je naročito dinamičan tokom osamdesetih i devedesetih godina prošlog veka kada su paralelno usavršavani lovački avioni četvrte generacije, a istovremeno projektovani potpuno novi višenamenski borbeni avioni. Proširivanje tehničkih mogućnosti i povećavanje borbenih potencijala dovelo je do drugačijeg pristupa u konfigurisanju kabinskog prostora flote višena-

menskih borbenih aviona koji prevashodno zavisi od načina sagledavanja tehničkih i taktičkih aspekata koji utiču na ovaj proces, kao i od moći i doktrinarnih stavova određenog vazduhoplovstva kao korisnika. Pojava borbenih aviona četvrte generacije bila je obeležena dominacijom jednosede kabinske konfiguracije, kako na Istoku, tako i na Zapadu. Dvosede verzije bile su namenjene isključivo obuci i trenaži pilota i u određenim slučajevima nisu imale radar ni top. Ovaj trend sledila su i manja vazduhoplovstva, uključujući i domaće vazduhoplovstvo.

Tehničko-tehnološki napredak ogledao se težišno kroz ugradnju višefunkcionalnih radara koji mogu da rade u velikom broju režima, optičkih senzora, opreme i sistema za protivelektronska dejstva i uređaja za zaštićeni prenos podataka, tj. veze podataka (data-link). Navedeni tehnički podsistemi omogućili su pilotu viši nivo situacionog razumevanja i kvalitetnije, efektivnije i bezbednije izvršavanje zadataka, ali je njegovo radno opterećenje povećano zahtevajući da pilot ima sposobnosti i sistem operatora i integratora. Zato je smanjenje radnog opterećenja pilota postalo bitan aspekt u formulisanju zahteva za konfigurisanjem kabinskih prostora, što je dovelo do početka integracije pojedinih funkcija elektronske opreme. Rešavanje problema u preopterećenju posade odvijalo se tokom protekle dve decenije u dva pravca. Jedan pravac bio je zadržavanje jednosede konfiguracije kabinskog prostora uz primenu specifičnih tehničkih rešenja, a drugi je bio prilagođavanje trenažnih dvoseda izvođenju kompleksnih borbenih zadataka. Na jednosedima je, radi smanjenja radnog opterećenja, uz zadržavanje visokog nivoa efikasnosti aviona kao sistema, primenjena, pored ostalog, visoka automatizacija sistema, sistem digitalne kontrole leta i „bezbriznog” rukovanja avionom, sistem upozorenja na blizinu tla i nišan na kacigi pilota. Takođe, izvršeno je fuzionisanje prikazanih podataka sa senzora.

Konfigurisanje flote višenamenskih borbenih aviona sa jednosedim kabinskim prostorima izvršeno je u slučajevima kada vazduhoplovstva u svom sastavu imaju više specijalizovanih vrsta borbenih aviona, kao i u slučajevima kada je izvođenje lovačkih zadataka doktrinarni prioritet u upotrebi flote. Veća nabavna cena dvosedih varijanti od oko 10 odsto, kao i viši troškovi eksploatacije tokom veka upotrebe, takođe su imali uticaj na opredeljenje korisnika u konfigurisanju kabinskog prostora.

Iskustvo iz praktične upotrebe, kao i lekcije naučene u lokalnim sukobima, imali su veliki uticaj na promenu ovog stava, pa je došlo do znatnog povećanja projektovanog broja dvoseda, što se uočava kroz slučajeve najzastupljenijih višenamenskih borbenih aviona današnjice koji se nalaze u tekućoj serijskoj proizvodnji. Tipičan primer su avioni F-15, F-16, F/A-18 i Su-27/30 u čijoj proizvodnji danas dominiraju dvosede konfiguracije kabinskih prostora ili imaju znatno veći udeo nego u prvim proizvodnim verzijama. Konfigurisanje kabinskog prostora flote višenamenskih borbenih aviona dvosedim varijantama izraženo je i u slučajevima manjih

vazduhoplovstava koja preferiraju prave višenamenske platforme zbog unifikacije flote jednim borbenim avionom. Premda je manji taktički radijus dvoseda evidentan, kao i opasnost od gubitka dva člana posade umesto jednog, može se zaključiti da je zbog viših cena nabavke i eksploatacije broj dvoseda koja nabavljaju manja vazduhoplovstva manji od željenog, pogotovo u slučajevima gde je izražena potreba i za izvršavanjem lovačko-bombarderskih zadataka i zadataka izolacije bojišta. Takođe je, kao realnost, prisutna i činjenica da manja vazduhoplovstva u lokalnim sukobima ograničenog karaktera ne doživljavaju umanjeње taktičkog radijusa kao veliki nivo gubitka operativnih sposobnosti, naspram ostalih prednosti koje donosi dvoseda konfiguracija.

### Literatura

- Ayton, M., 2007, Super Hornet Supplement, *Air Forces Monthly*, April 2007.
- Flanagan, W.A., 1981, The Fighter Force: How Many Seats?, *Air University Review*, 23(4), pp.2-21.
- Dimitrijević, B., 2006, *Jugoslovensko Ratno Vazduhoplovstvo 1942-1992*, Beograd, Institut za savremenu istoriju.
- Hershberger, M.L., Scanlan, L.A., Craig, D.W., 1977, *Crew size evaluation for tactical all-weather strike aircraft*, Culver City California, Hughes Aircraft Company.
- Lyons, T. J., Ercoline, W., O'Toole, K., Grayson, K. 2006., Aircraft and Related Factors in Crashes Involving Spatial Disorientation: 15 Years of U.S. Air Force Data *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 77, No. 7 pp.720-722
- Penrice, C., 2001, Single seat fighter - the way ahead for the 21st century, *Air Europe*, 2(1), pp.8-14.
- Rendulić, Z., Mikić, A., 2007, Razvoj savremenih borbenih aviona i aviona za obuku i njihova međusobna uslovljenost, Beograd, *OTEH*, 03-04 Oktobar.
- Shore, W., Curran, C., Ratliff, F., Chiorini, J., 1970, *Proficiency differences of pilot and navigator F-4 second-seat crewmembers: a Southeast Asia evaluation*, Lackland AFB, Air Force Human Resources Lab.
- Siladić, M., 2007, *Upravljanje resursima i vekom aviona i motora*, Beograd, BB-Soft.
- Suarez, W., 2008., *JSF: The Need for a Two-Seat Variant*, Quantico, Marine Corps Command and Staff College Quantico.
- Vlačić, S., 2012, *Višenamenski borbeni avioni*, Beograd, Medija centar Odrana.
- Vlačić, S., 2003, Borbeni avion MiG-29M2, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 51(1) pp.98-99.
- Vlačić, S., 2000, F/A-18E/F SUPER HORNET, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 48( 6), pp.648-650.
- Vlačić, S., 2008, Neki aspekti razvoja i modernizacije višenamenskih borbenih aviona, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 56(3), pp.5-15.
- Vojni leksikon*, 1981, Beograd, Vojnoizdavački zavod.
- Wetterhahn, R., 2009, Where Have All the Phantoms Gone?, *Air & Space Smithsonian*, 23 (5), pp.26-33.
- <http://www.aeroflight.co.uk/aircraft/types/saab-jas-39-gripen.htm> (preuzeto 19.01.2014.).

- <http://www.bga-aeroweb.com/Defense/F-15-Eagle.html> (preuzeto 25. 12. 2013. godine).  
<http://www.aerospaceweb.org/aircraft/fighter/f15/> (preuzeto 18.12.2013.godine).  
<http://www.bharat-rakshak.com/NAVY/Aviation/Aircraft/125-Mig-29k.html> (preuzeto 09. 01. 2014. godine).  
<http://www.deagel.com/equipment/r1a000535.htm> (preuzeto 19.12.2013.godine).  
<http://www.deagel.com/equipment/r1a000320.htm> (preuzeto 22.12.2013.godine).  
<http://www.fas.org/programs/ssp/man/uswpns/air/fighter/f16.html> (preuzeto 18. 12. 2013. godine).  
<http://www.flightglobal.com/news/articles/israel-sets-sights-on-two-seater-f-35-337464/> (preuzeto 13. 01. 2014. godine).  
[http://www.f-16.net/f-16\\_users.html](http://www.f-16.net/f-16_users.html) (preuzeto 12.01.2014.godine).  
[http://www.globalaircraft.org/planes/dassault\\_rafale.pl](http://www.globalaircraft.org/planes/dassault_rafale.pl) (preuzeto 24. 12. 2013. godine).  
<http://www.senat.fr/rap/a12-150-8/a12-150-815.html#toc290> (preuzeto 24. 12. 2013).  
<http://warfare.be/db/vvs/> (preuzeto 25.12.2013.godine).  
[http://www.worldwide-military.com/Military%20Aircraft/US%20Fighters/USFighters\\_EN.htm](http://www.worldwide-military.com/Military%20Aircraft/US%20Fighters/USFighters_EN.htm) (preuzeto 25. 12. 2013. godine).

## ТАКТИЧКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ КАБИНЫ МНОГОЦЕЛЕВОГО БОЕВОГО САМОЛЕТА

ОБЛАСТЬ: транспортная инженерия, военно-транспортная авиация  
 ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья  
 ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

Резюме:

*Многоцелевые истребители относятся к доминирующей категории боевых самолетов. Они предназначены для исполнения различных задач, в первую очередь имеются в виду: истребитель-перехватчик, истребитель-бомбардировщик и истребитель-разведчик. При исполнении определенных видов задач увеличивается нагрузка экипажа многоцелевых истребителей, что соответственно требует замену одноместных кабин на двухместные. Учитывая тот факт, что оба вида кабин обладают как преимуществами, так и недостатками, при формировании национального флота Военно-воздушных сил, необходимо подробно изучить тактико-технические характеристики архитектуры кабинного оборудования многоцелевых истребителей. Основные тактико-технические характеристики представлены и описаны в данной статье.*

Ключевые слова: *кабинное помещение, архитектура кабинного приборного оборудования, двухместный, одноместный, многоцелевой истребитель.*

## TECHNICAL AND TACTICAL ASPECTS OF THE COCKPIT CONFIGURATION OF THE MULTIROLE COMBAT AIRCRAFT FLEET

FIELD: Traffic Engineering, Military Aviation

ARTICLE TYPE: Professional Paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

### Summary:

*Multirole combat aircraft represent a dominant category of combat planes. They can perform many different assigned tasks such as those of primary fighters, bombers and reconnaissance aircraft. In the execution of some tasks, it is evident that the crew of multirole combat aircraft is overloaded. This fact imposes the use of the two-seat cockpit configuration instead of the most common single seat cockpit configuration. Both configurations have their advantages and disadvantages, which requires a careful consideration of some technical and tactical aspects in the cockpit configuration of the multirole combat aircraft fleet. Some of the most important aspects are considered in this paper.*

### Introduction

*Multirole combat aircraft belong to a tactical combat aircraft category intended for the execution of many different tasks such as those of bombers, fighters, attack and reconnaissance aircraft. They were developed from fighter aircraft and emerged as a result of a fast technological advance at the domain of electronic equipment and weapon systems. Widening the combat capabilities of multirole aircraft in comparison to fighter aircraft from which they emerged imposes the reassessment of the attitudes towards the cockpit configuration, i.e. towards the decision which configuration to implement – one or two seat variant.*

### Historical approach to cockpit configuration

*From the historical point of view, fighter planes, predecessors of multirole combat aircraft, developed in two directions: day fighters and fighters designated for accomplishing tasks in Instrumental Meteorological Conditions and by night. Fighter planes from the first category were mostly single seaters and the second ones were two seaters. In a two seater, the rear cockpit was usually occupied by qualified radar/weapon officers and rarely by qualified pilots. The complexity of fighter planes imposed a need for designing two seaters for pilot training. The ratio between two and single seaters in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> generation of combat planes was similar for the western and eastern models. The share of two seaters was between 13 and 18 percent. The fast development of electronic equipment and precisely guided ammunition has led to a significant evolution of existing fighters. Through the programs of comprehensive modernization they have become true multirole combat aircraft. This category was accepted by small airforces as well as by large ones.*

Correlation between technical-technological advance and crew overloading

*A wide spectrum of tasks performed by multirole combat aircraft was achieved by advance in the domain of navigational, radar and sensor systems as well as in information and communication technologies. All the mentioned systems and subsystems enabled a higher level of situation awareness of the pilot and his better task completion, but his overloading significantly increased. Therefore, decreasing crew task overloading has become a significant aspect in formulating requests for the cockpit layout. Solving the problem of crew overloading during the past two decades has taken two directions. The first was keeping the single seat cockpit configuration and the second one was the customization of two seat trainers for multirole combat tasks. In order to explain these two directions, the following 4<sup>th</sup> generation airplanes in different variants were considered: Eurofighter, F-15, F-16, F/A-18, JAS-39 Gripen, MiG-29, Su-27/30 and Rafale. The first direction includes airplanes such as Eurofighter and JAS-39 Gripen whilst the second, to a greater or lesser extent, includes F-15, F-16, F/A-18, MiG-29, Su-27/30 and Rafale.*

Technical factors of configuring multirole combat aircraft cockpit configuration

*Single seaters were preferred by the countries that in their initial tactical requirements required solely the fighter airplane. With changing circumstances, these countries redesigned their projects and upgraded them to multirole platforms. A smaller number of two seaters were justified by their higher acquisition price (10% higher) and by higher direct operational costs during the life cycle. Pilot overloading was reduced by the application of highly automatized systems, digital flight control systems and carefree handling, GPWS, and helmet-mounted cueing systems. A typical example is Eurofighter.*

*Preferences for the two-seat cockpit layout over single seaters is evident in the case of Rafale and also in the case of F-15, F-16, F/A-18 and Su-27/30 - especially in the case of planes built after 2000. From the very beginning, Rafale was developed as a multirole platform. The other considered airplanes were developed as single seaters. However, after some combat and exploitation experience, the two-seat cockpit configuration is preferred nowadays. The share of two seaters in the total number of multirole combat airplanes is experiencing growth. In certain cases, as in the example of MiG-29M/M2, single seat layouts are produced out of two-seat cockpit airplanes. Multirole characteristics and the growth of combat capabilities of the two-seat configuration resulted in supplying the rear cockpit with equipment and devices alongside with enlarged authorization on decision process and actions against airborne and ground targets. Enhanced coordination between crew members due to the application of these technological solutions is also noticeable.*



## Technical factors of configuring multirole combat aircraft cockpit configuration

*Two-seat models of multirole combat airplanes have higher MDZFW (Maximum Design Zero Fuel Weight) and less internal fuel weight. The consequence is a smaller tactical range. In order to extend the tactical range of two seaters, Conformal Fuel Tanks (CFT) are applied. As an effect, the CFT increase aerodynamic drag, reduce G overload and reduce maximum speed as well as aircraft acceleration. This category of fuel tanks is impossible to jettison, and that is why this configuration is used as a forced solution. A typical example is F-16 and its latest block versions dedicated to fighter-bomber tasks. No matter what the tasks of the multirole combat aircraft are, if there is a second crew member in the rear cockpit, his training is necessary. In certain airforces the pilot in the rear cockpit is preferred, whilst others have weapon systems officers.*

*The concept of two-crew member functioning was devised through the independent and autonomous use of sensors data and individual detecting and acting upon targets from both cockpits. The operator in the rear cockpit wears a helmet-mounted cueing system which additionally increases the efficiency of the aircraft as a platform.*

## Conclusion

*Rapid development of electronic equipment and precisely guided ammunition has allowed the evolution of fighters into multirole combat airplanes. Technical and technological advance was perceived through the installation of multifunctional radars capable of working in numerous modes, optical sensors, equipment for self-protection and electronic countermeasures as well as data-link devices. These technical subsystems have provided to the pilot a means for a higher level of situational awareness and more high quality, effective and safer task completion. With no doubt, this process increased pilot task burden and raised a question of configuring combat aircraft cockpits as single seaters or two seaters. It is also obvious that single seat planes are cheaper in exploitation than two seaters. In order to reduce crew overloading and increase combat plane efficiency, a high level of automatization was applied, based on digital flight controls carelessness airplane handling, a GPWS (ground proximity warning system) and a helmet-mounted cueing system. The fusion of sensor data was also enabled.*

*The exploitation experience and lessons learned from local conflicts had a significant impact upon the increase of the number of two-seat multirole combat airplanes. It is evident that the two-seat cockpit configuration prevails in today's production of multirole combat aircraft, or at least has a higher share in the serial production than it was the case in the first production lots. Configuring a fleet of multirole combat aircraft with two seaters is more evident in the case of smaller airforces that are in need of a true multirole platform because of the*

*unification of their aircraft fleets. Though it stands that a smaller tactical range and a possibility of loss of two crew members are two-seater disadvantages, the number of acquired two seaters is still far from desired, especially in cases when there is a need for fighter-bomber and interdiction strike tasks.*

*On the basis of available statistics, it can be concluded that the number of two-seated cockpit airplanes have experienced growth in the past two decades and that they are preferred by airforces with extensive combat experience as well as by airforce experts out of the circles of aircraft manufacturers and armament dealers.*

*Key words: cockpit, cockpit configuration, two seater, single seater, multirole combat aircraft.*

---

Datum prijema članka/Paper received on: 04. 02. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 23. 05. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 25. 05. 2014.

# НЕУБОЈИТО ОРУЖЈЕ И ЊЕГОВЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Драган З. Дамјановић,  
Зрењанин  
е-mail: damjanovic1971@gmail.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-5801

ОБЛАСТ: наоружање и војна опрема  
ВРСТА ЧЛАНКА: стручни чланак  
ЈЕЗИК ЧЛАНКА: српски

## Сажетак:

*Неубојито оружје или, како се још назива, мање смртоносно и несмртоносно оружје пандан је конвенционалном наоружању и није намењено уништавању, односно убијању живе силе. Циљ је да се број жртава смањи на што мању могућу меру. Ово оружје користи се у борбеним ситуацијама како би ограничило ескалацију сукоба, одбацило могућност погибије и у ситуацијама где је забрањена употреба конвенционалног оружја. Неубојито оружје могу користити војске у мировним мисијама широм света, војне полиције, снаге Уједињених нација. Може се користити за контролисање кретања цивилног становништва или да цивилима ограничи приступ забрањеним местима. Њиме се контролишу нереди, масе, затвореници, избеглице, а примењује се и у самоодбрани. У раду се наводе типови неубојитог оружја и разматра да ли оно на адекватан начин може заменити конвенционално оружје у испуњавању свих ових задатака.*

Кључне речи: *оружје, неубојито оружје, војни, присиљавање, недостаци, конвенције, конвенционално оружје.*

## Увод

У прошлости су оружане снаге имале могућност да користе неубојито оружје. Осамдесетих и деведесетих година прошлог века у неколико независних истраживачких центара широм света стручњаци су заједничким снагама уложили напор да развију овај облик оружја који би био хуманији и више еколошки него оружја тога времена. Подршку су пружиле и многе светске владе, што потврђују и футуристи Алвин и Хајди Тофлер у својој књизи „Рат и Антираат“ из 1993. године (Toffler, Toffler, 1993, pp.125-136).

Произвођачи оружја, увидевши потребу да би требало ограничити ескалацију силе, врше истраживања и развијају оружја која могу да пружу-

же већи ефекат и буду сврсисходнија него што би то било ватрено оружје. Један такав пример представља Active Denial System (ADS), уређај који врши загревање материје у циљном подручју, а код живе силе изазива брзу и пролазну бол. Када се изложи овом оружју температура коже лица може да достигне 54°C за само 2 секунде, у зависности од почетне температуре коже. Систем није смртоносан, јер снап продире само неколико милиметара испод људске коже (<http://www.wired.com>)

Аутор Џон Ронсон је на основу војних извештаја написао „*The Men Who Stare at Goats*”, где наводи 21 акустично оружје у различитим фазама развоја (Ronson, 2005, p.259). Он описује карактеристике и последице које ова такозвана звучна оружја производе, као и њихов развој и примену.

## Врсте неубојитог оружја и његове карактеристике

Калтроп је у употреби још од римског доба, а можда и раније. Познато је да су сличан концепт користили антички Грци у 4. веку п.н.е. Назива се и чичак, јер је израђен од четири или више оштрих клинова, поређаних тако да један клин увек гледа нагоре. Он служи да успори напредовање, у прошлости су то били коњица, слоновии или камиле, а у данашње доба може бити ефикасан против возила која имају точкове (Bunker, 1997, p.7).

Савремени облици овог оружја користе се и данас и није ретка њихова употреба против пешадијских трупа. Урбана јужноамеричка герила назива их „migueltitos” и користи их као тактику за избегавање потера након њихових заседа.

Leopard 2 PSO (Army Guide Monthly magazine, 2012) једно је од многих борбених возила која су све чешће опремљена неубојитим оружјем. Ова верзија намењена је мировним операцијама и урбаном ратовању. Због тога је побољшана функција извиђања, осматрања помоћу система камера, а уграђени су и рефлектори (Army Guide Monthly magazine, 2012). Хамери имају поменути ADS довољно моћан да „збуни” нервни систем тако да жртва помисли да је пржи ватра, иако нема физичког оштећења.

Истакнуто је да ова средства имају за циљ да смање повреду или смртне исходе. Нису били ретки случајеви озбиљних повређивања или чак убијања. Узроци могу бити различити. Неки од њих су неадекватна обука корисника или намерна злоупотреба. Као што су различити делови тела различити у рањивости, тако се и људи разликују по тежини, физичкој припремљености, кондицији, па с тим у вези свако оружје може бити потенцијална опасност и довести до

смртог исхода под одређеним околностима. Тако да термин „неубојито” у овом контексту значи да је ово оружје конструисано без намере да убије. Стога многи стручњаци истичу да постоји велики простор да се ово оружје даље усавшава, али наглашавају и важност процедура правилне употребе и адекватног коришћења. Дobar пример су гумени меци, који су развијени током 60-тих година прошлог века и били намењени за пуцање у доње делове тела, али је наглашено да могу бити и смртоносни ако се пуца директно у главу, што се обично и дешава (Ross, 2002).

За ватрена оружја дизајнира се и муниција која има за циљ да онеспособи, али не и да убије. Меци се ослањају на пренос кинетичке енергије, тако да од ударца тупим предметима жива сила бива онеспособљена. Овде спадају гумени меци, меци воска, пластични меци, гумени меци са ефектом електрошока и многи други.

Ручне гранате израђују се у неколико мање смртоносних модела, као што су шок бомбе или бомбе пуњене гуменим гелерима.

Шок бомбе користиле су се, с променљивим успехом, у многим сукобима. Било је смртних исхода терориста, цивила, покушаја да се зауставе демонстрације да би на крају демонстранти потерали полицију, па све до 2010. када су полицајци у две европске државе успешно решили кризне ситуације са демонстрантима без повређених, било на једној, било на другој страни. У првом случају, марта месеца те године у Минску белорусска полиција је успешно употребила шок бомбе у смиривању уличних демонстрација. Септембра месеца у Атини грчка полиција је, такође, успешно реаговала без повреда међу демонстрантима.

Водени топови користе се одавно и то за контролу маса и спречавање кретања на одређеном положају. Водени метак је још увек у експерименталној фази развоја.

Малодорантс производи шире тако страшне мирисе да су људи приморани да напусте угрожено подручје. Скунк се такође користи за контролу масе, а име је добио по истоименој животињи. Испаљује се из воденог топа у облику магле, која оставља непријатан мирис трулежи или канализације. Не испира се лако и, по неким подацима, на одећи остаје и до пет година. Научници који су заслужни за откриће овог оружја тврде да је рецепт у потпуности заснован на природним органским састојцима, укључујући квасац и прашак за пециво, не садржи никакве штетне материје, а могу чак и да се уносе у организам без последица.

Бибер спреј, познат и као ОЦ (ОС) спреј или паприка спреј је агенс који иритира очи, изазива сузење, бол и привремено слепило, а користи се за контролу побуна, публике, за личну самоодбрану, укључујући одбрану од животиња. У контакту са овим спрејом капци на очима се аутоматски затварају, тако да се врло брзо изгредник

може савладати. Иако спада у неубојито оружје изражена је забри-  
нутост због великог броја смртних случајева где бибер спреј може  
бити пресудни фактор. Само једињење није смртоносно. Када се до-  
ђе у контакт се спрејом долази до моменталног затварања очију, али  
и отежаног дисања, цурења из носа и кашљања. По неким медицин-  
ским студијама једнократна изложеност ока је безопасна, али понов-  
но излагање може довести до дуготрајне промене рожњаче и трајног  
смањења оштрине вида.

И употреба сузавца као хемијског оружја је под већим надзором  
критике као и бибер спреј, управо због студија које показују озбиљне  
дугорочне споредне ефекте.

Гас за успављивање није се показао као квалитетно решење,  
јер су се при његовој примени, једном приликом, показале све лоше  
стране и за оне који га примењују, али и за оне против којих се при-  
мењује.

Електрошок оружја користи се за онеспособљавање лица дава-  
њем струјног удара, тако да се умањи функција површинских мишића.  
Постоји оружје које може испаливати пројектиле, али и електрошок па-  
лице и појасеви који шоком управљају путем директног контакта.

Енергетско оружје емитује енергију ка наоружаним циљевима, без  
присуства пројектила. Оно може имобилизовати живу силу, као и ма-  
шине и уређаје. Ово оружје укључује електромагнетно оружје, звучно  
оружје и зрак оружје. Електромагнетно оружје не представља претњу  
по здравље људи, али понекад може бити смртоносно (Nutley, 2003).

Оружје усмерене енергије емитује и преноси енергију ка циљу  
како би се изазвао жељени ефекат. Ефекат може бити смртоносан  
или несмртоносан. Поред употребе против људи ово оружје може  
бити искоришћено и против возила, електронских уређаја, као што  
су мобилни телефони.

Long Range Acoustic Device (LRAD) јесте врста акустичног и звуч-  
ног оружја конструисано у истоименој корпорацији. Намењено је сла-  
њу упозорења, порука, тонова на већим удаљеностима него што то  
могу учинити обични звучници. На удаљености од 100 метара прила-  
жење овом систему је изузетно болно, тако да је предвиђена употре-  
ба у кратким рафалима на 300 метара удаљености да би се код људи  
изазвала главобоља. Како би се изазвало трајно оштећење слуха по-  
ребно је бити на удаљености од око 15 метара од уређаја.

Уређај је до данас имао примену у демонстрацијама, против  
пирата који на отвореном мору нападају трговачке и путничке  
бродове, као и против дивљих животиња. Због тога је све чешћа  
примена овог оружја на великим путничким бродовима, као заштита  
од афричких пирата, који наносе велике штете туристичким и  
трговачким компанијама (Beranek, 1986, p.132).

## Закључак

У Центру за решавање конфликта, Одељењу за мировне студије, настао је Бредфорд истраживачки пројекат неубојитог оружја. Пројекат је настао још 1995. године и још увек се реализује, а његови кључни циљеви односе се на преглед и опис оружја које се развија, идентификовање и праћење сличних и сродних истраживачких института који су укључени у развој и производњу оружја, усвајање међународних закона, конвенција и преговора о наоружању, истицање етичких и друштвених питања која се постављају приликом истраживања, развоја, примене и употребе оваквог оружја.

У новије време војне јединице се суочавају са различитим задацима и мисијама, што захтева и осмишљавање нових стратегија и система наоружања. Лабораторије и фабрике оружја имају проблем да усвоје нове програме, али и да задрже своје истраживачке и развојне тимове.

Треба истаћи да је за неубојито оружје заинтересована и војска, као и политичке организације и цивилне агенције. Сви се слажу да је потребно пронаћи хуманији начин и алтернативе за терористичке нападе, контролисање демонстрација и нереда, хапшење насилних криминалаца и ослобађање талаца. Суштина је у томе да се ратови воде на хуманији начин и да буду мање деструктивни по људе и животну средину.

Озбиљне расправе воде се и о питањима – да ли оружје уопште може бити неубојито, да ли свако има за сврху да убије, да ли је можда прикладнији назив мање убојито оружје, што би могло бити предмет других истраживања.

### *Литература / References*

- Beranek, L.L., 1986. *Acoustics*. American Institute of Physics., p.132.
- Bunker, R.J., 1997. Nonlethal Weapons: Terms and References. U *INSS occasional paper*. DIANE Publishing., p.7.
- Nutley, E.L., 2003. *Occasional Paper*. Alabama: Center for Strategy and Technology; Air War College; Air University; Maxwell Air Force Base, PG12.
- Army Guide Monthly magazine, 2012, Peace Support Operations Vehicle, [Internet], Dostupno na: <<http://www.army-guide.com/eng/product3171.html>>, Preuzeto: 24. 03. 2014. godine.
- Ronson, J., 2005. *The Men Who Stare at Goats*. Simon & Schusterp, p.259.
- Ross, E., 2002, Study Says Rubber Bullets Too Dangerous For Civil Crowd Control, [Internet], Dostupno na: <<http://www.mindfully.org/Health/2002/Rubber-Bullets-Israeli-Arab25may02.htm>>, Preuzeto: 24.03.2014. godine.
- Toffler, A., & Toffler, H. 1993. *War and antiwar: Survival at the dawn of the 21st century*. Boston: Little, Brown and Co., pp.125-136.
- [http://www.wired.com/dangerroom/2007/04/pain\\_ray\\_injure/](http://www.wired.com/dangerroom/2007/04/pain_ray_injure/); preuzeto 25. 03. 2014.

## НЕЛЕТАЛЬНОЕ ОРУЖИЕ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

ОБЛАСТЬ: вооружение и военная техника

ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

*Резюме:*

*Оружие нелетального действия или оружие несмертельного действия, как его еще по-другому называют, в отличии от конвенционального вооружения не предназначено для уничтожения, то есть убийства противника. Нелетальное оружие применяется в конфликтных ситуациях. Основная цель использования такого оружия – нейтрализация, а не поражение противника; ущерб здоровью и физическому состоянию людей и количество жертв при этом должен быть сведён к минимуму. Оружие несмертельного действия применяется в ситуациях, где запрещено применение конвенционального оружия. Подобный вид вооружения, как правило, используется миротворческими силами, военной полицией, силами Организации Объединенных Наций. Оно может быть использовано для контроля мирного населения или для охраны запрещенных объектов. Данное оружие применяется при подавлении массовых беспорядков, бунтов заключенных, а также в качестве самообороны. В статье приведена классификация оружия несмертельного действия. Автор предлагает возможность замены нелетального оружия его конвенциональным эквивалентом.*

Ключевые слова: *оружие, нелетальное оружие, военный, принуждение, дефекты, конвенция, конвенциональное оружие.*

## NON-LETHAL WEAPONS AND THEIR CHARACTERISTICS

Dragan Z. Damjanović, Zrenjanin

FIELD: Weapons and Military Equipment

ARTICLE TYPE: Professional Paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

*Summary:*

*Non-lethal weapons, also called less-lethal weapons, less-than-lethal weapons, non-deadly weapons, compliance weapons, or pain-inducing weapons are weapons intended to be less likely to kill a living target than conventional weapons. It is often understood that accidental, incidental, and correlative casualties are risked wherever force is applied, but non-lethal weapons try to minimise the risk as much as possible. Non-lethal weapons are used in combat situations to limit the escalation of conflict where employment of lethal force is prohibited or*



*undesirable, where rules of engagement require minimum casualties, or where policy restricts the use of conventional force.*

#### Examples of non-lethal weapons

*This section is about the weapons and their first application in human history until the modern era.*

*Electronic warfare refers to any action involving the use of the electromagnetic spectrum or directed energy to control the spectrum, attack an enemy, or impede enemy assaults via the spectrum. The purpose of electronic warfare is to deny the opponent the advantage of, and ensure friendly unimpeded access to the EM spectrum. EW can be applied from air, sea, land, and space by manned and unmanned systems, and can target humans, communications, radar, or other assets.*

*EW is employed to support military operations involving various levels of detection, denial, deception, disruption, degradation, protection, and destruction.*

#### Conclusion

*The Centre for Conflict Resolution, Department of Peace Studies, in Bradford created a research project on non-lethal weapons. The project originates back to 1995 and has been functioning today; its key objectives are a review and description of weapons being developed, identification and tracking of similar and related research institutes involved in the development and production of weapons, testing the impact of non-lethal weapons to international laws, conventions and negotiation weapons, highlighting the ethical and social issues raised in the research, development, implementation and use of such weapons.*

*Key words: weapons, non-lethal weapon, military, forcing, disadvantages, conventions, conventional weapon.*

---

Датум пријема чланка / Paper received on: 28. 03. 2014.

Датум достављања исправки рукописа / Manuscript corrections submitted on: 31. 05. 2014.

Датум коначног прихватања чланка за објављивање / Paper accepted for publishing on: 02. 06. 2014.

## AMFIBIJSKA SREDSTAVA ORUŽANIH SNAGA ZEMALJA NATO-a, RUSKE FEDERACIJE I NARODNE REPUBLIKE KINE

Nenad V. Kovačević<sup>a</sup>, Goran M. Lazić<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,  
 Kadetska brigada, Beograd,  
 e-mail: www.inz.84kula@gmail.com

<sup>b</sup> Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,  
 Katedra naoružanja i vojne opreme, Beograd,  
 e-mail: luckysharklg@yahoo.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-5252

OBLAST: naoružanje i vojna oprema

VRSTA ČLANKA: prikaz

JEZIK ČLANKA: srpski

### Sažetak:

*Članak predstavlja kratak pregled modernih dostignuća i pravce daljeg razvoja amfibijskih sredstava za savlađivanje vodenih prepreka u stranim oružanim snagama, pre svega amfibijskih sredstava u oružanim snagama zemalja potpisnicama Severnoatlantskog saveza (NATO), ali i Ruske Federacije i Narodne Republike Kine. Članak prati istorijski put razvoja amfibijskih sredstava, a data je i njihova osnova klasifikacija u stranim oružanim snagama. Pri izradi članka veliki problem predstavljala je novija literatura, pa su korišćeni i podaci sa interneta. Literatura koja postoji u Vojsci Srbije potiče iz sedamdesetih godina prošlog veka, kada se i poslednji put ulagalo u amfibijska sredstva. Poznavanjem amfibijskih sredstava za savlađivanje vodenih prepreka u stranim oružanim snagama mogu se na svrsishodniji način sagledati efekti njihove upotrebe, kao i potreba za inovacijama i ulaganjem u sopstvene resurse.*

Ključne reči: *amfibijska sredstva, oružane snage.*

### Uvod

Pojam „vodena prepreka“ sa stanovišta ratne veštine kao nauke, ali i u pogledu potreba i uslova njenog savlađivanja definiše se kao: reke, jezera, kanali i bare, odnosno svi vodeni objekti koji se moraju savlađivati plovni

sredstvima. Radi uspešnog savlađivanja vodenih prepreka moraju su poznavati određene karakteristike koje bitno utiču na planiranje, organizovanje i izvođenje postupka. Te karakteristike su: širina, dubina, brzina toka, nagib obala, sastav dna, visina obala, prilazni putevi i pošumljenost obala (Pifat, 1980).

Pod pojmom prelaza preko reke podrazumeva se savlađivanje reke od strane jedinica. Pri tome treba razlikovati dva načina savlađivanja reka:

- prelaz preko reka kada suprotnu obalu ne brane neprijateljske snage i
- nasilni prelaz preko reka (forsiranje reke) kada suprotnu obalu brani neprijatelj.

Priroda i veličina prepreke, borbena situacija u kojoj se jedinica nalazi i sredstva koja poseduje su ograničenja koja uslovljavaju mogućnost prelaska. Prema sprovedenim istraživanjima u nekim armija zemalja NATO-a borbene mogućnosti jedinica pri izvođenju borbenih dejstava se smanjuju za 50% (mogućnost kretanja, manevra i drugo) ako na svakih 2 km savlađuju, odnosno organizuju prelaz preko reke, kanala, nasipa ili pruge čije širine nisu veće od 6 m. Izazov je da se smanji uticaj reke na mogućnost manevra. U prošlosti su armije prelazile reke i razne druge prepreke kako bi stupile u borbu ili se povukle. Savlađivanje vodenih prepreka kao element inženjerskih dejstava i protivdejstava u modernom ratovanju zadržalo je epitet jedne od najtežih taktičkih radnji, uprkos činjenici da su uložena enormna finansijska sredstva u pogledu razvoja opreme i sredstava namenjenih za tu svrhu.

Od sredstava za savlađivanje vodenih prepreka u stranim armijama koriste se formacijska i neformacijska sredstva. Pod neformacijskim sredstvima podrazumevaju se sredstva koja se ne nalaze u formaciji jedinice (niti ih jedinice nose sobom), već se nalaze na mestu odnosno u zoni, rejonu, prelaska preko vodene prepreke u društvenom ili privatnom vlasništvu, a imaju istu namenu kao i formacijska sredstva (Pifat, 1980).

U formacijska sredstva za savlađivanje vodenih prepreka u stranim armijama ubrajaju se:

- amfibijski transporter, i
- desantni čamci,
- skele (lake skele, teške samohodne amfibijske skele, skele od pontonskih parkova),
- lebdelice,
- mehanizovani mostovi (teški i laki),
- kompleti pontonskih parkova,
- sklapajući mostovi („Bejli”) i
- laki pešački mostići.

Sve savremene oružane snage pridaju veliki značaj razvoju i usavršavanju formacijskih sredstava za savlađivanje vodenih prepreka, pri čemu je bitno istaći nekoliko:

- masovno uvođenje u operativnu upotrebu plivajućih oklopnih transportera,

- u sve jedinice uvodi se sve veći broj amfibijskih sredstava (točkaša i guseničara),
- razvoj plivajućih skela namenjenih za prevoženje svih vrsta borbene i neborbene tehnike,
- veliki napredak u pogledu usavršavanja lebdelica,
- „vazдушna konjica” – helikopteri u nasilnom prelazu preko reke dobijaju sve važniju ulogu,
- modernizacija tenkova u pogledu sposobnosti za podvodni gaz,
- pontonska sredstva koja se razvijaju na principu plivajućih vozila (guseničara ili točkaša) koja samohodno ulaze u reku, rasklapaju se u vodi i međusobno spajaju u skelu ili most.

## Istorijski razvoj amfibijskih sredstava

Prvo poznato samohodno amfibijsko vozilo, sa pogonom na paru, prezentovao je američki pronalazač Oliver Evans (Oliver Evans) 1805. godine, pod imenom „Orukter Amphibolos”. Godinu dana kasnije Francuzi kombinuju konstrukcijske elemente broda i putničkog vozila i stvaraju preteču savremenim amfibijskim vozilima. Međutim, u to vreme konstruktori nisu adekvatno shvaćeni, pa se za dalji razvoj i usavršavanje amfibijskih sredstava moralo čekati više od jednog veka (Milojević, 2010).

Značaj brzog i bezbednog savlađivanja vodenih prepreka najpre su uvideli Nemci, te u tu svrhu konstruišu prvo pravo amfibijsko vozilo, u svetu uopšte, neposredno pred Drugi svetski rat. Bilo je to „Folksvagenovo” ploveće vozilo (*VW-Schwimmwagen*), izrađeno na šasiji civilnog putničkog folksvagenovog vozila. Vozilima ovog tipa bile su opremljene SS trupe. Vozila su u potpunosti bila mehanička. Prikaz plovećih vozila ovog tipa sa osnovnim taktičko-tehničkim podacima dat je na slici 1.



Slika 1 – „Folksvagenovo” ploveće vozilo  
Figure 1 – VW-Schwimmwagen amphibious vehicle

Osnovni taktičko-tehnički podaci:

- masa: 1362 kg,
- dužina: 3,825 m,
- visina: 1,615 m,
- brzina kretanja na vodi: 10 km/h,
- brzina kretanja na suvom: 80 km/h,
- posada: 4 vojnika
- naoružanje: mitraljez 7,92 mm MG 34

Pripremajući se za vođenje „blickriga” (munjevitog rata), Nemačka je, u okviru priprema za buduću ekspanziju, u naoružanje uvela čitavu paletu novih sredstava za savlađivanje vodenih prepreka – od pneumatskih i jurišnih čamaca, preko amfibijskih transportera do tenkova nosača mosta i prvih plovećih tenkova. Izgled plovećih transportera iz tog vremena prikazan je na slici 2. Tokom Drugog svetskog rata, suočene sa velikim problemima pri savlađivanju vodenih prepreka, sukobljene snage rade na modernizaciji postojećih sredstava, naročito amfibija i kompleta mostova na pontonima. U tom periodu Velika Britanija razvila je i uvela u upotrebu lansirni most tipa „Bejli”.

Suočeni sa problemom savlađivanja velikih rečnih tokova u SSSR-u, snage Vermahta su, takođe, veliki značaj pridavale osavremenjivanju i razvoju pontonskih mostova. Od kompleta mosta nosivosti od 3 do 5 t, sa početka rata, u naoružanje su već 1943. godine uvedeni kompleti mosta čija je nosivost omogućavala uspešno prebacivanje preko vodenih prepreka gotovo svih sredstava vojne tehnike (Babić, Kovačević, 2013, pp 15-22).



Slika 2 – Nemački amfibijski transporteri za vreme Drugog svetskog rata  
Figure 2 – German's amphibious transporters used during II World War

Od četrdesetih godina prošlog veka do danas razvoj nauke i tehnike uglavnom je bio podređen vojnim ciljevima i potrebama. Samim tim, ubrzano su se razvijala i sredstva za savlađivanje vodenih prepreka. Do kraja osamdesetih godina prošlog veka diktirali su ga SAD i SSSR, kao predvodnici dva vojno-politička bloka. Zbog toga se u ovom periodu i nailazi na dva različita pristupa rešavanju problema savlađivanja vodenih prepreka. Sa jedne strane, zemlje zapadnog bloka (NATO) težište u razvoju sredstava za savlađivanje vodenih prepreka usmerile su na razvoj amfibijskih karakteristika

sredstava ratne tehnike i razvoj jurišnih mostova. Sa druge strane, zemlje istočnog bloka, na čelu sa SSSR-om, težište u razvoju sredstava za savlađivanje vodenih prepreka usmerile su na razvoj pontonskih mostova i amfibijskih sredstava za prevoz borbenih oruđa i sistema (Milojević, 2010).

Danas su po pitanju razvoja amfibijskih sredstava, odnosno sredstava za savlađivanje vodenih prepreka, najdalje otišle Oružane snage Sjedinjenih Američkih Država, konkretno rod mornaričke pešadije – USMC (United States Marine Corps). Prikaz jednog amfibijskog sredstva koje je u operativnoj upotrebi u mornaričkoj pešadiji oružanih snaga SAD dat je na slici 3.



Slika 3 – Amfibijsko jurišno vozilo mornaričke pešadije SAD  
Figure 3 – Amphibious assault vehicle USMC

Ipak, iako su se pokazala kao veoma efikasna i pouzdana, moderna vojna industrija najrazvijenijih zemalja planira da u narednih 20 do 30 godina delimično ili čak u potpunosti izbaci iz operativne upotrebe amfibijska sredstva i da njihovo mesto zauzmu lebdelice (<http://www.naval-technology.com/projects/zubr>). Lebdelice su sredstva najnovije tehnologije koje su našle široku primenu pri savlađivanju vodenih prepreka. Pojavile su se još sedamdesetih godina u ratu u jugoistočnoj Aziji. Osnovni problem prvih lebdelica bio je što su bile jako spore i imale mogućnost male nosivosti naspram velike sopstvene mase. Tada su se koristile samo u obalnom delu mora i u slivovima velikih reka. Osnovni princip po kojem rade je kretanje na vazдушnom jastuku.

## Amfibijska sredstva oružanih snaga NATO zemalja

Radi boljeg sagledavanja napretka u pogledu razvoja i inovacija na amfibijskim sredstvima u oružanim snagama NATO zemalja najpre je neophodno izvršiti njihovu sistematizaciju. Amfibijska sredstva delimo na:

- borbeno vozilo amfibije,
- inženjerska sredstva amfibije i
- lebdelice.

Borbena vozila amfibije su sredstva čija osnovna namena je izvršavanje borbenih zadataka, a karakterističan predstavnik jesu amfibijska borbeno vozila pešadije. Ova sredstva imaju prednost pri nasilnom prelasku reka u snagama prvog talasa, pre svega zbog zaštite koju pružaju jedinicama pri nasilnom prelasku preko reke i njihove autonomije u kretanju, kao i mogućnosti vođenja borbe iz vozila i stvaranja mostobrana na onostranoj obali.

Inženjerska sredstva amfibije jesu sredstva čija osnovna namena je da borbeni sistemi i jedinice savladaju vodenu prepreku u što kraćem periodu. Predstavnicima ove vrste amfibijskih sredstava su: amfibijske skele i transporteri. Ova vrsta sredstava je prevashodno namenjena za prevoz tenkova i svih vrsta samohodnih oruđa i vozila, ali i ljudstva i pokretnih stvari radi obezbeđenja jedinica koje savlađuju određenu vodenu prepreku.

Lebdelice su sredstva koja su u povoju i one zapravo predstavljaju budućnost u pogledu sredstava za savlađivanje vodenih prepreka. Za sada se nalaze samo u naoružanju SAD. Zapravo, SAD su i najdalje otišle u pogledu uvođenja u operativnu upotrebu navedenih sredstava.

Oružane snage NATO zemalja prednjače u razvoju i usvršavanju svih vrsta amfibijskih sredstava. Primat u ovoj sferi razvoja i modernizacije naoružanja i vojne opreme drže oružane snage SAD i Ujedinjenog Kraljevstva. Shodno tome, sve ostale članice Severnoatlantskog saveza koriste modele amfibijskih sredstava koji predstavljaju modifikovanu verziju sredstava koja se nalaze u upotrebi u navedenim zemljama.

Ovde je bitno istaći i činjenicu da su i same oružane snage SAD i Ujedinjenog Kraljevstva opremljene i amfibijskim sredstvima koje proizvodi Švedska kompanija „BAE Systems Land Systems Hagglunds” (amfibijska sredstva tipa BVS 10S, BVS 206 i druga). To je bitno jer Kraljevina Švedska nije članica NATO-a pakta. Uzimajući u obzir veliki broj amfibijskih sredstava u oružanim snagama NATO zemalja, ovde su prikazani samo reprezentativni primeri, koji se uostalom i najviše koriste u operativnoj upotrebi i na osnovu kojih su rađene mnoge modifikacije.

Podela na vrste i modele određenih amfibijskih sredstava koja su na upotrebi u oružanim snagama NATO zemalja, koje su otišle najdalje u primeni amfibijskih sredstava u operativnoj upotrebi prikazana je u tabeli 1.

*Tabela 1 – Pregled amfibijskih sredstava u NATO zemljama*  
*Table 1 – List of the amphibious assets in the NATO countries*

Red. broj	Oružane snage	Vrsta amfibijskih sredstava		
		Borbena vozila amfibije	Inženjerska sredstva amfibije	Lebdelice
		Modeli vozila	Modeli amfibija	Modeli lebdelica
1.	SAD	Bradley M2/M3, LAV 25, BV 206S, Fuchs M93A1 Fox, Mowag Piranha I 8x8	AAV7-A1, LVT7	LVA
2.	Ujedinjeno Kraljevstvo	FV 432 ARS, BV 206S, Fuchs M93A1 Fox	Viking BVS 10	-

Red. broj	Oružane snage	Vrsta amfibijskih sredstava		
		Borbena vozila amfibije	Inženjerska sredstva amfibije	Lebdelice
		Modeli vozila	Modeli amfibija	Modeli lebdelica
3.	Francuska	VAB ARS, Panhard VBR, AMX 10RC,	EFA, Gillois-EWK	-
4.	Nemačka	BV 206S, Luchs, Fuchs M93A1 Fox, Fuchs M93A2, Fuchs Panzer	M-2 i M-3	-
5.	Turska	AIFV, ACV – S	Gillois-EWK	-

### **Američki oklopni transporter „Bradley M3”**

„Bradley M3” namenjen je za transport vojnika pešadije i ujedno za vođenje borbenih dejstava u svim uslovima, kao i za podršku. Sva vozila su amfibijska. „Bradley M3” je modifikovana verzija transportera „Bradley M2” s tim da je urađeno ojačanje oklopa i zastora (štitnika) hodnog dela transportera, odnosno gusenica. U vokabularu mornaričke pešadije „Bradley M2” naziva se i pešadijskim vozilom (infantry vehicle), a „Bradley M3” konjičkim vozilom (cavalry vehicle). Prikaz sredstva dat je na slici 4.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- maksimalna brzina na suvom: 66 km/h,
- maksimalna brzina na vodi: 7,2 km/h,
- dužina: 6,55 m,
- širina: 3,61 m,
- visina: 2,565 m.
- autonomija kretanja na kopnu: 483 km,
- posada: 3+2 vojnika (<http://www.army-technology.com>)



Slika 4 – Američki oklopni transporter „Bradley M3”  
Figure 4 – American tracked armoured fighting vehicle „Bradley M3”

### **Nemački oklopni transporter „Fuchs M93A1 Fox”**

Nemačka fabrika „Henschel Defense Systems”, razvila je 1960. godine oklopni transporter „Fuchs” za potrebe oružanih snaga tadašnje Savezne Republike Nemačke. Između 1979. i 1986. godine proizvedeno je oko 996 ovih



transportera. Od tada je proizvodnja nastavljena za strano tržište, uglavnom u varijantama za specijalne namene, kao što je za NHB izviđanje. Tokom Zalivskog rata (1990–1991) ista verzija vozila isporučena je Izraelu, Ujedinjenom Kraljevstvu i SAD. Transporter plovi uz pomoć dva propelera. Standardna oprema uključuje i sistem za NHB zaštitu i opremu za pasivno noćno osmatranje. Savremenija varijanta vozila „Fuchs“ nalazi se kod skoro svih jedinica oružanih snaga Nemačke i opremljena je jačim oklopom i mitraljezom kalibra 7,62 mm, montiranim na prednjem delu krova transportera (<http://www.enemyforces.com>). Prikaz transportera dat je na slici 5.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- posada: 2+10 ljudi,
- naoružanje: mitraljez 7,62 mm,
- masa: 19 000 kg,
- odnos snage motora i mase vozila: 12.47 kW/t,
- dužina: 6,83 m,
- širina: 2,98 m,
- visina: 2,30 m,
- maksimalna brzina: na kopnu 105 km/h, na vodi 10 km/h.



Slika 5 – Nemački oklopni transporter „Fuchs M93A1 Fox”  
Figure 5 – German Armoured Fighting Vehicle „Fuchs M93A1 Fox”

### *Nemačka amfibijska skela M3*

Skela M3 je dostojni naslednik skele M2. Skela je namenjena za prevoz tereta mase do 90 tona. Skele se međusobno mogu spajati, tako da prave most klase 70 tona. Sama posada skele zaštićena je od dejstva NHB oružja. Kabina skele je oklopljena. U odnosu na staru skelu M2, skeli

M3 je potrebno duplo manje vremena i ljudstva prilikom sklapanja mosta. Most dužine 100 m sklapa se sa 24 vojnika za nepunih 15 minuta (<http://www.enemyforces.com>). Izgled skele i mosta prikazan je na slici 6.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- borbena masa: 26 000 kg,
- dužina: 12.8 m,
- širina: 39 m,
- brzina na putu: 85 km/h,
- brzina na vodi: 13 km/h.



Slika 6 – Nemačka amfibijska skela M3  
Figure 6 – German amphibious ferry M3

### *Francuski oklopni transporter „VAB ARS”*

Francuski proizvođač razvio je oklopni transporter „VAB ARS” za potrebe francuskih oružanih snaga. Do sada je isporučeno blizu 4000 transportera, u varijanti 4x4, a još 1000 je pripremljeno za izvoz. Za potrebe oružanih snaga Francuske isporučuje se u varijanti sa mitraljezom kalibra 7,62 mm ili 12,7 mm, dok se za izvoz nudi široka paleta naoružanja, kao što je top kalibra 20 mm sa kupolom. Najveći broj kupaca odlučio se za varijantu 6x6 sa poboljšanim manevarskim sposobnostima. Transporter je u potpunosti amfibijsko vozilo, koji na vodi pokreću dva propelera. Standardna oprema uključuje hidraulično upravljanje točkovima sa potpunim servo dejstvom, a može se naručiti sa dodatnim oklopom, poboljšanom pogonskom grupom, opremom za noćno osmatranje i sistemima za klimatizaciju i centralno podešavanje pritiska u pneumaticima. Transporteri za francuske oružane snage biće poboljšani po mnogim elementima kako bi im se produžio operativni vek. To uključuje novu pasivnu oklopnu zaštitu, poboljšan kočni sistem, novu hidrimehaničku transmisiju sa transformatorom i planetarnim menjačkim prenosnikom sa automatizovanom prome-

nom stepena prenosa, poboljšana sedišta i nova svetla (<http://www.cefa.fr>). Izgled transportera prikazan je na slici 7. Postoje mnogobrojne varijante ovog tipa transportera, kao što su:

- platforma sa lanserima za protivoklopne rakete,
- platforma sa protivavionskim topom kalibra 20/2 mm,
- sa uređajima za elektronsko ratovanje, sa opremom za NHB izviđanje i
- sa sredstvima za tehničko održavanje i opravku. (<http://www.cefa.fr>)

Taktičko-tehničke karakteristike:

- posada: 2+10 ljudi,
- naoružanje: mitraljez 12,7 mm,
- borbena masa: 13 000 kg,
- formula pogona: točkaš 6x6
- motor: šestocilindrični dizel od 147 kW,
- dužina: 5,98 m,
- širina: 2,49 m,
- visina: 2,06 m (bez kupole),
- maksimalna brzina: na kopnu 92 km/h,
- akcioni radijus: 1000 km, mogućnost vazdušnog transporta.



Slika 7 – Francuski oklopni transporter „VAB ARS”  
Figure 7 – French Armoured Fighting Vehicle „VAB ARS”

### *Francuska univerzalna skela „EFA”*

Univerzalno samohodno vozilo točkaš EFA (Enging de Franchissement de l'Avant) karakteriše velika pokretljivost i samostalnost. Potrebno vreme za prevođenje iz marševskog u borbeni položaj sa obučanim ljudstvom iznosi do 5 minuta. Skela može da preveze jedno ili više vozila

nosivosti do 95 tona. Konstrukciono je urađeno da se skele mogu međusobno spajati i praviti most. Opremljena je dugim rampama, tako da nema potrebe uređenja obale prilikom ukrcavanja i iskrcavanja sa skele. Sama skela može se koristiti i na suvom prilikom savlađivanja manjih uvala. Posada je zaštićena oklopom koji efikasno štiti od pogotka zrna kalibra 7,62 mm ispaljenog sa daljina do 500 m. Pruža potpunu zaštitu od NHB oružja. Sredstvo je veoma izdržljivo i zahteva minimalno održavanje (<http://www.cefa.fr>). Prikaz skele dat je na slici 8.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- posada: 4 člana,
  - savlađuje uspon: do 50%,
  - autonomija na putu: 700 km,
  - autonomija na vodi: 12 h,
  - most dužina 100 m sklapa se od 4 skele za manje od 15 minuta,
  - brzina na vodi (prazna): 3,8 m/s,
  - brzina na vodi (natovarena ): 3,1 m/s,
  - brzina na drumu: 70 km/h.
- |                          |                  |               |
|--------------------------|------------------|---------------|
| ➤ broj prelaza za 1 sat: | 100 m reke ..... | 10–12 vozila, |
|                          | 200 m reke ..... | 8–10 vozila.  |



Slika 8 – Francuska univerzalna skela „EFA”  
Figure 8 – French universal ferry „EFA”

### ***Amfibijsko oklopno vozilo za sve terene „Viking” (BVS10) oružanih snaga Ujedinjenog Kraljevstva***

„Viking” je amfibijsko vozilo namenjeno za sve terene. Predstavlja modifikovanu verziju oklopnog transportera „BV 206S”. To je zapravo komplet koji čine dva vozila u koje je uključen sistem za kormilarenje. Nalazi se u sastavu mornaričkih komandosa Ujedinjenog Kraljevstva. Oklopljen je čeličnom konstrukcijom. Konstrukcijski je izrađeno tako da smanji radarski odraz. Oklop ne može da probije zrna kalibra 7,62 mm iz direktnog pogotka, kao ni geleri od artiljerijskog projektila kalibra 152 mm koji



je pao ne bliže od 10 m do vozila. Ne može ga oštetiti ni nagaz na minu koja u sebi nema više od 0,5 kg eksploziva. Od naoružanja poseduje teški mitraljez kalibra 12,7 mm i mitraljez kalibra 7,62 mm i protivoklopni sistem „Milan”. Može da savlada vodenu prepreku dubine do 1,5 m bez pripreme za plovidbu. Posadu sačinjavaju vozač i tri opremljena marinca, a u drugu kabinu mogu se smestiti 8 kompletno opremljenih marinaca (<http://www.army.mod.uk>). Vozilo je prikazano na slici 9.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- borbena masa: 10 600 kg,
- maksimalna brzina na kopnu: 50 km/h,
- maksimalna brzina plovljenja: 5 km/h,
- pogonska grupa: guseničar, pogon na 4 gusenice,
- maksimalno autonomija: 300 km.



Slika 9 – Amfibijsko oklopno vozilo „Viking” (BVS10) Ujedinjenog Kraljevstva  
Figure 9 – UK amphibious armoured all-terrain vehicle „Viking” (BVS10)

### *Lebdelice oružanih snaga SAD*

Podatke o novim tipovima lebdelica oružane snage SAD još nisu objavile, tako da se o njima mogu pronaći samo slike. Jedino je poznato da se uveliko radi na modernizaciji postojećih sredstava – lebdelice tipa „LAV”. Takođe, radi se i na razvijanju jednog novog tipa lebdelica – „oklopne lebdelice” koje su namenjene za prevoz prvog borbenog ešalona jedinica pri izvođenju desanta sa broda na obalu. Planirana maksimalna brzina na kopnu bila bi oko 90 km/h, a na vodi i do 110 km/h. Sredstvo bi pokretali jaki motori koji bi obezbedili izdizanje lebdelice iznad površine. Ovo sredstvo imalo bi još jednu bitnu karakteristiku savlađivanje minsko-eksplozivnih prepreka lebdenjem iznad njih što je jako povoljno, jer se time dobija na održavanju tempa desanta (<http://www.naval-technology.com/projects/zubr>). Izgled lebdelice prikazan je na slici 10.



Slika 10 – Lebdelice oružanih snaga SAD  
Figure 11 – USA hovercraft

### *Turski oklopni transporter „AIFV”*

Turska kompanija RN55 razvila je „AIFV” – gusenično borbeno oklopno vozilo pešadije koje odgovara operativnim zahtevima oružanih snaga Turske. Prvi transporteri kompletirani su davne 1992. godine. Transporter ima kupolu (za jednog nišandžiju) sa topom kalibra 25 mm i spregnutim mitraljezom 7,62 mm. Najnovija varijanta ovog transportera duža je za jedan potporni točak sa svake strane, čime je povećana ukupna dužina, a time i višenamenska upotreba. Transporter je amfibijski, a standardna oprema uključuje uređaj za pasivno noćno osmatranje, sistem za NHB zaštitu i lansere za izbacivanje dimnih granata. Varijanta za tursku pešadiju uključuje kupolu sa mitraljezima kalibara 12,7 mm i 7,62 mm, postolje za minobacač 81 mm ili lanser za protivoklopne rakete (<http://www.enemyforces.com>).



Slika 11 – Turski oklopni transporter „AIFV”  
Figure 11 – Turkish armoured vehicle „AIFV”

Transporter je prikazan na slici 11.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- posada: 3+10 osoba,
- dužina: 5,26 m,
- širina: 2,82 m,
- visina: 2,62 m (sa kupolom),
- akcioni radijus: 490 km, mogućnost vazdušnog transporta,
- odnos snage motora i mase vozila: 16,12 kW/t,
- motor: dizel tipa 6V-53T od 220 kW,

## Amfibijska sredstva oružanih snaga Ruske Federacije

Oružane snage Ruske Federacije dugi niz godina nisu radile na poboljšanju stanja i inovacijama u pogledu razvoja amfibijskih sredstava, tako da veliki deo sredstava zapravo predstavlja modifikovanu verziju iz osamdesetih godina prošlog veka. Sa intenzivnijim radom na polju razvoja amfibijskih sredstava kreće se početkom XXI veka. Tada se počelo sa projektom razvoja novog tipa lebdelica, ali i sa izbacivanjem iz operativne upotrebe amfibijskih sredstava koja su proglašena neperspektivnim za dalja ulaganja – modernizaciju i održavanje. Ovde je dat samo kratak pregled predstavnika grupa amfibijskih sredstava koji se danas koriste u oružanim snagama Ruske Federacije.

Radi lakšeg praćenja teksta pregled vrsta i tipova amfibijskih sredstava koja se koriste u oružanim snagama Ruske Federacije dat je u tabeli 2.

*Tabela 2 – Pregled amfibijskih sredstava u Ruskoj Federaciji*  
*Table 2 – List of the amphibious assets in the Russian Federation*

Red. broj	Oružane snage	Vrsta amfibijskih sredstava		
		Borbena vozila amfibije	Inžinjerijska sredstva amfibije	Lebdelice
		Modeli vozila	Modeli amfibija	Modeli lebdelice
1.	Ruska Federacija	T77 - 2, IRM Zhuk, BMD-2, 3, 4, 4M BTR – 70, 80A, 90 BMP-1, 2, 3	PTS – M, PTS - 2, 3, 4, 4s GSP - 55	Pomornik

### Oklopno vozilo T77-2

Oklopno amfibijsko vozilo T77-2 rađeno je po nacrtu amfibijskog tenka T-63. Nalazi se u jedinicama mornaričke pešadije, mada ima i ulogu u ispomoći za prevoz drugih jedinica. Velike su mu mogućnosti, što pokazuju njegove karakteristike. U njega se može ukrcati 20 vojnika sa opremom ili protivoklopni top kalibra 85 mm sa poslugom od 8 vojnika ili haubica od

120 mm, takođe sa poslugom od 8 vojnika, a mogu se prevoziti i tri ranjenika na nosilima ili 3 t tereta. Posadu sačinjavaju vozač i komandir vozila (<http://www.sinodefence.com>). Izgled sredstva prikazan je na slici 12.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- borbeno masa: 18 500 kg,
- dužina: 7,15 m,
- širina: 3,2 m,
- visina: 2,16 m,
- autonomija: kreće se od 340 km do 370 km,
- maksimalna brzina na putu: 36 km/h,
- maksimalna brzina plovljenja: 12 km/h.



Slika 12 – Oklopno vozilo T77-2  
Figure 12 – Armoured vehicle T77-2

### ***Borbena desantno vozilo BMD-2***

Vozilo BMD-2 namenjeno je za popunu vazdušnodesantnih jedinica i pomorske pešadije, za prevoženje i vođenje borbe u uslovima primene svih vrsta konvencionalnog i NHB oružja. Posadu čini 7 članova: vozač, nišandžija i borbeno grupa od pet vojnika (<http://www.desant.com.ua>). Vozilo je prikazano na slici 13.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- borbeno masa: 8 000 kg,
- maksimalna brzina na suvom: 60 km/h,
- maksimalna brzina na vodi: 9–10 km/h,
- dužina: 5,4 m,
- širina: 2,63 m,
- pogon na vodi: pomoću dva vodomlazna pokretača,
- oklop: aluminijumska legura.





Slika 13 – Borbeno desantno vozilo BMD-2  
Figure 13 – Desant fighting vehicle BMD-2

### *Borbeno vozilo pešadije BMP-3*

Vozilo BMP-3 namenjeno je za: prevoženje borbene grupe i podršku vatrom iz vozila, za osiguranje, izviđanje, prevoženje tereta i ujedno za vođenje borbenih dejstava u svim uslovima kako zemljišnim, tako i vremenjskim. Posadu čini 9 članova: komandir, vozač, nišandžija, pomoćnik nišandžije i grupa od 5 vojnika (<http://www.desant.com.ua>). Izgled sredstva prikazan je na slici 14.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- borbeno masa: 18 700 kg,
- maksimalna brzina na kopnu: 70 km/h,
- maksimalna brzina na vodi: 10 km/h,
- dužina: 7,2 m,
- širina: 3,3 m,
- visina: 2.65 m,
- autonomija kretanja na kopnu: 600 km.



Slika 14 – Borbeno vozilo pešadije BMP-3  
Figure 14 – Infantry fighting vehicle BMP-3

## Oklopno amfibijsko vozilo „IRM Zhuk”

Oklopno amfibijsko vozilo IRM Zhuk zapravo je oklopni amfibijski transporter, koji ima dvostruku namenu:

- za vršenje inženjerskog izviđanja i
- za prevoženje inženjerskog odeljenja.

Vozilo se proizvodi od 1986. godine i nastalo je kao kombinovana modifikovana konstrukcija izvedbi vozila BMP-1 i 2. Nalazi se u sastavu inženjerskog bataljona. Posедуje laku izviđačku opremu koja je postavljena i podešena tako da omogućuje dobijanje podataka o karakteristikama vodenih prepreka (širina, dubina, brzina toka, karakteristike dna, debljina leda, postojanost eksplozivnih punjenja u vodi i na zemlji). Poseduje sistem za zaštitu od NHB oružja. U okviru vozila urađeni su kanali za izbacivanje vode. Naoružan je mitraljezom PKT MG 7,62 mm. Na vodi ima pogon pomoću dva propelera, a na suvom preko gusenica. Otkriva protivtenkovske metalne mine na daljini od 3 m i dubini od 0,3 m (<http://www.worldweapon.ru>). Vozilo je prikazano na slici 15.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- posada: 6 vojnika,
- masa: 17 000 kg,
- dužina: 8,22 m,
- širina: 3,15 m,
- visina: 2,40 m,
- maksimalna brzina na kopnu: 52 km/h,
- maksimalna brzina u vodi: 12 km/h.



Slika 15 – Oklopno amfibijsko vozilo IRM Zhuk  
Figure 15 – Armoured amphibious vehicle IRM Zhuk

## Amfibijski transporter PTS-M

Amfibijski transporter PTS-M smatra se rodonačelnikom ovog tipa sredstava u ruskim oružanim snagama. Dokaz kvaliteta ovog sredstva jeste činjenica da su oružane snage Ruske Federacije razvile i četvrtu generaciju sredstava ovog tipa. Ministarstvo odbrane Ruske Federacije najavilo je da će u 2014. godini predstaviti verziju poslednje generacije ovog sredstva pod oznakom PTS-M 4s. Iako odavno nije u operativnoj upotrebi u ruskim oružanim snagama, u članku je prikazan jer Vojska Srbije i dalje u pontonirskim bataljonima raspolaže ovim sredstvom. Amfibijski transporter PTS-M namenjen je za prevoženje vozila točkaša i guseničara, guseničnih tegljača, artiljerijskih oruđa (topova, minobacača) i ljudstva koje prelazi desantom. Može se upotrebiti i kao plovno sredstvo za obavljanje različitih poslova prilikom uređenja i eksploatacije mesta prelaska (kao plovno sredstvo u sastavu stanice za spašavanje, rečnih straža i druge poslove pri izvođenju radova na reci). Nalazi se u sastavu naših jedinica (amfibijskih), kao i mnogih armija sveta, uglavnom zemalja koje su nastale raspadom SSSR-a (Tehničko uputstvo Amfibijski transporter PTS-M, 1973). Transporter je prikazan na slici 16.



Slika 16 – Amfibijski transporter PTS-M  
Figure 16 – Amphibious armoured personnel carrier STM-M

Taktičko-tehnički podaci vezani za amfibijski transporter PTS-M:

- masa: 17 t,
- dužina: 11,426 m,
- šrina: 3,30 m,
- visina: 2,65 m,
- Dubina 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,
- akcioni radijus: a) pri kretanju na suvom sa teretom 5 t: 480–500 km,  
b) pri kretanju na vodi sa teretom 10t: 14–15 h,
- posadu PTS-M čine dva člana: komandir i vozač.

### *Amfibijska skela GSP-55*

Amfibijska skela GSP-55 nije više u operativnoj upotrebi u oružanim snagama Ruske Federacije, ali se takođe smatra osnovnom verzijom sredstava ovog tipa. Oružane snage Ruske Federacije razvile su treću generaciju ovih sredstava, koja su umnogome slična osnovnoj verziji. U Vojsci Srbije je do pre nekoliko godina amfibijska skela GSP-55 bila u operativnoj upotrebi. Nameњena je za prevoženje tenkova i samohodnih oruđa preko reke i drugih vodenih prepreka. Skela se sastoji od amfibijskog vozila, dve poluskele (dva velika pontona, koja su napunjena plastikom-stiroporom) i rampe. Desna i leva skela nisu uzajamno zamenjive, a sklapanje skele vrši se na vodi. Može se kretati na suvom i po vodi (Tehničko uputstvo Amfibijska skela GSP, 1970). Od 2003. godine ovo sredstvo nije više u upotrebi u Vojsci Srbije. Izgled skele prikazan je na slici 17.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- borbena masa: 17 t,
- nosivost: 52 t,
- širina sa spuštenim rampama: 21,5 m,
- dužina: 12 m,
- brzina na putu: 45 km/h
- brzina na vodi: 10 km/h
- akcioni radijus: a) pri kretanju na suvom 500 km,  
b) pri kretanju na vodi 8–10 h.



Slika 17 – Amfibijska skela GSP-55  
Figure 17 – Amphibious ferry GSP-55



## Lebdelice

Oružane snage Ruske Federacije su 2004. godine uvele u operativnu upotrebu lebdelice tipa „Pomornik”, koje su rađene na osnovu već postojeće verzije lebdelica tipa „Zubr Class”. Poznato je da je nakon izrade ovog tipa lebdelice, u kooperaciji sa oružanim snagama Indije, napravljeno još 2 do 3 vrste lebdelica, ali o njima još uvek nema zvaničnih podataka već su samo na internet forumima prikazane slike sredstava (<http://www.naval-technology.com/projects/zubr>). Lebdelica „Pomornik” prikazana je na slici 18.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- deplasman (pun): 535 000 kg,
- posada: 27 ljudi,
- dužina: 56,2 m,
- širina: 22,3 m,
- brzina na putu: 85 km/h,
- brzina na vodi: 60 čvorova,
- motor: gasna turbina,
- autonomija rada sa maksimalnom brzinom: 300 nautičkih milja.



Slika 18 – Lebdelica „Pomornik”  
Figure 18 – Hovercraft „Pomornik”

## Amfibijska sredstva oružanih snaga Narodne Republike Kine

Narodna Republika Kina je u skladu sa svojim državnim uređenjem, ali i ekonomskim vezama, nakon Drugog svetskog rata u jedinice svojih oružanih snaga uvela isključivo naoružanje i opremu iz tadašnjeg SSSR-a. Nakon raspada SSSR-a uspešna saradnja je nastavljena sa Ruskom Federacijom. Na osnovu toga kompletno naoružanje i vojna oprema oružanih snaga Kine zapravo su esencijalno vezani za naoružanje oružanih snaga Ruske Federacije.

Zahvaljujući ekonomskom bumu s kraja XX i u prvoj dekadi XXI veka oružane snage Kine napravile su enormni napredak u smislu modifikovanja postojećih sredstava, ali i u planiranju, organizovanju i proizvodnji novih i originalnih sopstvenih sredstava. Ovde ne treba zanemariti činjenicu da je uticaj „ruske tehnologije” i dalje jako prisutan u kineskoj vojnoj industriji.

U pogledu amfibijskih sredstava kineski konstruktori su morali da postojeća ruska rešenja umnogome redizajniraju, kako bi se mogla prilagoditi konfiguraciji kineskog zemljišta, pri čemu se misli na velike reke i njihove doline, ali i na veliku akvatoriju kojom Kina raspolaže. Ovde su prikazane samo originalne konstrukcijske izvedbe kineskih amfibijskih sredstava.

### *Oklopni transporter „WMZ 551”*

Transporter WMZ 551 namenjen je za: prevoženje borbene grupe i podršku vatrom iz vozila, za osiguranje, izviđanje, prevoženje tereta i druge zadatke. Posadu čine ukupno 13 lica: vozač, nišandžija i borbena grupa od 11 vojnika (<http://www.worldweapon.ru>). Transporter je prikazan na slici 19.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- borbena masa: 15 000 kg,
- maksimalna brzina na suvom: 90 km/h,
- maksimalna brzina na vodi: 8,5 km/h,
- dužina: 6,73 m,
- širina: 2,86 m,
- visina: 2,1 m,
- autonomija kretanja na kopnu: 800 km.



*Slika 19 – Oklopni transporter „WMZ 551”*  
*Figure 19 – Armoured personnel carrier „WMZ551”*

## Amfibijski tenk „TIP – 63A”

Veliki broj vodenih prepreka u Kini nametnuo je potrebu da se tenk „TIP – 59” povuče iz operativne upotrebe i zameni. Naime, tenk „TIP – 59” rađen je na šasiji ruskog tenka T-55. Tako je šezdesetih godina Kina počela da proizvodi odlične amfibijske tenkove „TIP-63”, naoružane topom 76 mm koji su zapravo modifikovana verzija sovjetskog amfibijskog tenka PT-76.

„TIP-63A” je redizajnirana verzija amfibijskog tenka „TIP-63”. Redizajn se ogleda u sledećem: ugrađena su dva balastna tanka radi dodatne stabilnosti tenka, a veliki, moćni dizel motor daje tenku plovnu brzinu od 14 km/h. Opremljen je i GPS sistemom za globalno pozicioniranje. Snažniji motor, veća vatrena moć i bolja stabilnost pri nemirnoj vodenoj površini govori da nije reč samo o tenku koji prelazi reke, već i o ofanzivnom tenku za mornaričko-pešadijska iskrcavanja. Fascinantna činjenica je da „TIP-63A”, iz topa kalibra 105 mm može da ispaljuje i laserski vođene protivoklopne rakete u trenutku dok plovi. To predstavlja veliku inovaciju u pogledu razvoja amfibijskih sredstava, jer ovaj amfibijski tenk, koji je prerastao u pravi srednji tenk, sposoban je da se nosi i sa najsavremenijim oklopnim vozilima sveta. Oružane snage Kine danas raspolažu sa otprilike oko 400 amfibijskih tenkova tipa „TIP-63A” (<http://www.arms-expo.ru>). „TIP – 63A” prikazan je na slici 20.

Taktičko-tehničke karakteristike:

- motor: turbo dizel,
- snaga motora: 426,47 kW,
- brzina kretanja na vodi: 14 km/h,
- naoružanje: rakete „bastion AT-10” sa poluaktivnim laserskim vođenjem i
- top kalibra 105 mm,
- domet raketa: do 500 m.



Slika 20 – Amfibijski tenk „TIP-63A”  
Figure 20 – Amphibious tank „TYPE – 63A”

## Zaključak

Sve savremene armije sveta daju veliki značaj razvoju sredstava za savlađivanje vodenih prepreka. Pravci njihovog daljeg razvoja usmereni su ka konstruisanju sredstava sa težištem na ispunjavanju sledećih uslova:

- da se kreću velikim brzinama,
- da su male težine,
- da imaju mogućnost velike nosivosti,
- da su jako oklopljena i
- da ispunjavaju uslov u pogledu jednostavnosti održavanja i rukovanja.

U svim modernim armijama primenjuju se novi lagani materijali pri izradi sredstava za savlađivanje vodenih prepreka. Materijali moraju biti lagani, ali i čvrsti i sposobni da podnesu velika opterećenja, kao i da pruže zaštitu posadama. Traži se i da se od amfibijskih sredstava mogu sklopiti skele i mostovi različite nosivosti sa dva ili više kolovoza (Milojević, 2010).

Međutim, i dalje ostaje nerešen problem da se pronađe način kako da se borbeni delovi združenih jedinica učine nezavisnim od amfibijskih sredstava i pontonskog materijala i da se sopstvenim pogonom prebace preko vodene prepreke. Na osnovu toga u godinama koje dolaze posebno mesto u daljem razvoju sredstava ratne tehnike namenjeno je inovacijama u pogledu konstruisanja lakih i teških oklopnih amfibijskih transportera, protivoklopnih samohodnih amfibijskih oruđa i tenkova sposobnih za podvodnu vožnju. Ova sredstva će istovremeno omogućavati brz prelaz preko vodenih prepreka, zaštitu ljudstva, ali i mogućnost aktivnog i snažnog dejstva po neprijatelju.

## Literatura

- Babić, B., Kovačević, N., 2013, Uticaj amfibijskih sredstava na zaštitu životne sredine, pp.15-22, *Rizik i bezbednosni inženjering*, Kopaonik, Februar 02-06
- Milojević, D., 2010, Tendencije u razvoju sredstava za savlađivanje vodenih prepreka u savremenim armijama, *Novi glasnik Vojske Srbije*, 1 (1), p.125.
- Pifat, V., 1980, *Prelaz preko reka*, Beograd, Vojnoizdavački zavod.
- Tehničko uputstvo, 1973, *Amfibijski transporter PTS – M, knjiga 1. i 2.*, Beograd, Vojna štamparija.
- Tehničko uputstvo, 1970, *Amfibijska skela GSP, knjiga 1. i 2.*, Beograd, Vojna štamparija.
- <http://www.naval-technology.com/projects/zubr>
- <http://desant.com.ua>
- <http://worldweapon.com>
- <http://www.army-technology.com>
- <http://www.enemyforces.com>
- <http://www.cefa.fr>
- <http://www.army.mod.uk>
- <http://www.arms-expo.ru>
- <http://www.sinodefence.com>



АМФИБИЙНАЯ ТЕХНИКА ВООРУЖЕННЫХ СИЛ СТРАН-ЧЛЕНОВ  
НАТО, РФ И КНР

ОБЛАСТЬ: вооружение и военная техника

ВИД СТАТЬИ: обзор

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

*Резюме:*

*В статье представлен краткий обзор современных достижений и тенденций в развитии амфибийной техники — средств преодоления водных преград вооруженных сил за границей. В первую очередь, имеются в виду десантные средства вооруженных сил стран-членов Организации Североатлантического договора (НАТО), а также Российской Федерации и Китайской Народной Республики. В статье прослеживается исторический путь развития десантных средств, разработана основная классификация амфибийной техники, используемой вооруженными силами за границей. В связи с проблемой доступа к современной литературе, авторы статьи использовали интернет ресурсы. Литература, имеющаяся в наличии Вооруженных сил Республики Сербия, в основном относится к периоду развития амфибийных средств, то есть, к 70-ым годам прошлого века. Изучение амфибийной техники — средств преодоления водных преград вооруженных сил за границей, дает нам возможность реально оценить целесообразность ее применения, а также необходимость инвестиций в развитие собственных десантных ресурсов.*

Ключевые слова: амфибийная техника, вооруженные силы.

AMPHIBIOUS ASSETS OF THE ARMED FORCES OF THE NATO  
COUNTRIES, THE RUSSIAN FEDERATION AND THE REPUBLIC  
OF CHINA

FILED: Weapons and Military Equipment

ARTICLE TYPE: Review

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

*Summary:*

*The article presents a brief overview of modern developments and directions of further development of amphibious assets for overcoming water obstacles in foreign armed forces, notably the amphibian assets of the armed forces of the Parties of the North Atlantic Treaty Organization (NATO), the Russian Federation and the People's Republic of China. The article follows the historical path of the development of amphibious assets. The paper deals with the classification of amphibious assets in foreign armed forces. In preparing the article, there was a big problem to find the latest literature so data from the Internet was largely used. The literature that exists in the Army of Serbia is related to the seventies of the last century, when there was the last investment in amphibious assets. The knowledge on the amphibious assets for*

*overcoming water obstacles in foreign armed forces can be seen as a help in assessing the effects of their use and the need for innovation and investment in the country's own resources.*

#### Introduction

*The introduction explains the very concept of water hazard and its characteristics. It also explains the importance of water obstacles in the development of military equipment, but also in terms of the execution of tactical operations and procedures.*

#### Historical development of amphibious assets

*This section shows the historical development of amphibious assets from the early nineteenth century through World War II and Cold War until today. The historical development of amphibious assets is shown through figures 1 to 3. The classification of amphibious assets in foreign armed forces is given as well.*

#### Amphibious assets of the armed forces of the NATO countries

*The amphibious assets of the armed forces of the NATO countries shown here are representative for the armed forces of the NATO countries. The assets of the armed forces of the United States, the United Kingdom, France, Turkey and Germany are given in figures 4 to 11 and explained with their tactical - technical data.*

#### Amphibious vehicles of the armed forces of the Russian Federation

*The amphibious vehicles of the armed forces of the Russian Federation displayed here are representative for the armed forces of the Russian Federation. The displayed assets are just modified versions of the eighties assets, primarily due to the minimal investment of the Russian armed forces into the sector of weapons and equipment. The assets are given in figures from 12 to 18 and explained with their tactical - technical data.*

#### Amphibious assets of the armed forces of the People's Republic of China

*The amphibious assets of the armed forces of the People's Republic of China shown here are representative for the armed forces of the People's Republic of China. Only the original assets of Chinese production are shown since all other assets come from the Russian armed forces. They are shown in Figures 19 and 20 and followed with their tactical - technical data.*

#### Conclusion

*The conclusion discusses the tendency of further development of amphibious assets in foreign armed forces.*

*Key words: amphibious vehicles; armed forces.*

---

Datum prijema članka / Paper received on: 28. 12. 2013.

Datum dostavljanja ispravki / Manuscript corrections submitted on: 12. 03. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on: 14. 03. 2014.

## 17. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA ICDQM-2014 (PRIKAZ ZBORNIKA RADOVA)

Slavko J. Pokorni  
Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije,  
Beograd,  
e-mail: slavko.pokorni@its.edu.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-6438

OBLAST: menadžment, kvalitet, pouzdanost, računarske nauke,  
informacione tehnologije

VRSTA ČLANKA: prikaz

JEZIK ČLANKA: srpski

### Sažetak:

*U ovom prikazu date su osnovne informacije o ukupnim rezultatima, značaju, međunarodnom programskom odboru i oblastima rada 17. međunarodne konferencije „Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću” ICDQM-2014 i 5. međunarodne konferencije „Upravljanje i inženjerstvo životnog ciklusa” (radovi su na engleskom jeziku), koja je održana pod istim nazivom ICDQM-2014. Navedeni su broj i struktura radova obe konferencije, a prikazani samo radovi pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane Republike Srbije u sekcijama: vojno inženjerstvo, inženjerstvo kvaliteta, inženjerstvo pouzdanosti, industrijsko inženjerstvo, sistemsko inženjerstvo i energetska efikasnost. Na ovoj konferenciji, objavljeno je najviše radova pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane Republike Srbije do sada.*

Ključne reči: *kvalitet, pouzdanost, vojno inženjerstvo, konferencija, prikaz.*

U Beogradu je, od 27. do 28. juna 2014. godine, po treći put zaredom, u prostorijama poznate domaće kompanije iz oblasti informacionih tehnologija ComTrade, održana 17. međunarodna konferencija „Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću ICDQM-2014” (17<sup>th</sup> International Conference Dependability and Quality Management) i, istovremeno, 5. međunarodna konferencija „Upravljanje i inženjerstvo životnog ciklusa” (5<sup>th</sup> DQM Life Cycle Engineering and Management) ICQDM-2014).

Organizator konferencije je, kao i do sada, DQM istraživački centar (Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću) iz Prijedora kod Čačka.

Konferencija obuhvata oblasti inženjerstva kvaliteta, inženjerstva pouzdanosti, industrijsko inženjerstvo (prethodnih godina je bilo pod nazivom konkurentno inženjerstvo), sistemsko inženjerstvo (ranije pod nazi-

vom inženjerstvo sistema), vojno inženjerstvo i energetska efikasnost (uvedena kao oblast prošle godine). Do sada je u zbornicima ove konferencije publikovano 1982 rada.

Oblasti ICDQM konferencije su veoma interesantne i značajne i za pripadnike Vojske Srbije i Ministarstva odbrane Republike Srbije (MO), pa na konferenciji postoji i posebna oblast *Vojno inženjerstvo* (uvedena kao sekcija pre 6 godina), zbog značaja radova i kontinuiteta učešća pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane.

Programski odbor 17. konferencije o upravljanju kvalitetom i pouzdanošću čini 25 naučnih radnika iz 9 zemalja (10 iz Srbije, 3 iz Rusije, 3 iz Velike Britanije, po 2 iz Indije, Izraela i Kanade i po 1 iz BiH, SAD i Španije).

Za konferenciju o inženjerstvu životnog ciklusa, gde se radovi objavljuju na engleskom jeziku, programski odbor čini 30 članova iz 14 zemalja (Austrija 1, Bosna i Hercegovina 1, Holandija 1, Hrvatska 2, Indija 6, Izrael 2, Jordan 1, Rusija 6, SAD 1, Srbija 4, Španija 1, Švedska 2, Ukrajina 1, Velika Britanija 1).

I ove godine je Komisija programskog odbora, od radova saopštenih na prošlogodišnjoj konferenciji, proglasila dva najbolja rada, jedan iz oblasti akademskih istraživanja, a jedan iz oblasti primenjenih istraživanja u privredi. U oblasti naučnih istraživanja nagrađen je rad pod naslovom: "The Selection of Leaders for Management in Nonlinear World" čiji je autor *Manojlo Zrnić* iz Javne ustanove Sportski centar Borik iz Banja Luke. U oblasti primenjenih istraživanja, nagrađen je rad pod naslovom: "Automatizacija i primena robota u proizvodnji" čiji su autori *Ljubinko Janjušević*, *Pavle Hadžić* i *Miroslav Radosavljević* iz Instituta Goša, iz Beograda.

Za konferenciju su štampana dva zbornika radova, a postoje i na CD-ima. U zbornicima ima ukupno 160 radova, autora iz 9 zemalja, što je nešto manje nego prošle godine kada je bilo 180 radova.

U zborniku radova „17. DQM međunarodna konferencija Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću ICDQM2014” (na srpskom jeziku) objavljeno je 119 radova (prošle godine 114), i to 3 plenarna saopštenja, 37 radova u sekciji inženjerstvo kvaliteta (Quality Engineering), 9 u sekciji inženjerstvo pouzdanosti (Reliability Engineering), 24 u sekciji industrijsko inženjerstvo (Concurrent Engineering), 15 u sekciji inženjerstvo sistema (Systems Engineering), 22 u sekciji vojno inženjerstvo (prošle godine 9), 5 u sekciji energetska efikasnost, i 4 dopunska saopštenja.

U zborniku radova „5<sup>th</sup> DQM International Conference Life Cycle Engineering and Management” (na engleskom jeziku) objavljen je 41 rad (prošle godine 65), od čega 14 plenarnih saopštenja (6 radova autora iz Indije, 1 iz Kanade, 1 iz Rusije, 5 iz Srbije, 1 iz Švedske), 12 u sekciji Quality Engineering, 6 u Reliability Engineering, 4 u Industrial

Engineering, 2 u Systems Engineering 1 u Military Engineering, 1 u sekciji Energy Efficiency, 1 u Additional Papers. Treba dodati da, u ovim sekcijama, ima radova i autora iz Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Hrvatske i Rumunije.

Zvanični jezici konferencije bili su engleski, ruski i srpski. Neki od domaćih autora su, zbog prisustva stranih autora, izlagali na engleskom jeziku, ili su prezentaciju pripremili na engleskom, a izlagali na srpskom, tako da su strani autori ipak mogli uspešno da prate njihova izlaganja.

Pripadnici Vojske, odnosno Ministarstva odbrane Srbije, imaju ukupno 42 rada, što je najviše od početka održavanja konferencije. U tabeli 1 prikazani su broj radova pripadnika Vojske Srbije i MO i ukupan broj radova na konferenciji u poslednjih 6 godina, od kada postoji sekcija *Vojno inženjerstvo* (Pokorni, 2013). Osim toga, ove godine je uravnotežen broj radova pripadnika Vojske i MO u sekciji vojno inženjerstvo i ostalim sekcijama.

*Tabela 1* – Pregled broja radova pripadnika VS i MO i ukupnog broja radova na ICDQM  
*Table 1* – Overview of the papers of the Serbian Army and MoD members and the overall number of papers at the ICDQM

	Godina					
	2014.	2013.	2012.	2011.	2010.	2009.
Sekcija Vojno inženjerstvo	22	9	6	6	18	12
Ostale sekcije	20	21	10	8	10	2
Ukupno VS i MO	42	30	16	14	28	14
Ukupno ICDQM	160	180	155	141	162	148

Navešćemo ukratko sadržaj radova pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane Republike Srbije, po tematskim oblastima konferencije, redosledom kako su dati u zbornicima radova, koji su štampani pre održavanja konferencije.

Pripadnici Vojske i MO Republike Srbije, ove godine su, od ukupno 42 rada, napisali 6 radova na engleskom jeziku (prošle godine 3). Radovi na engleskom jeziku štampani su u zborniku „5<sup>th</sup> DQM Life Cycle Engineering and Management) ICQDM-2014”.

U tematskoj oblasti *inženjerstvo kvaliteta*, objavljena su četiri rada (2 na engleskom i 2 na srpskom jeziku). Na engleskom jeziku su objavljeni radovi:

Milinko Veličković, Univerzitet Megatrend, Beograd,  
 Danko Jovanović, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd,  
 Marjan Mirčevski, Velibor Jovanović, Vojska Srbije, Beograd

### *Effects of cultural factors on business excellence*

U radu su predstavljeni rezultati istraživanja uticaja faktora kulture na motivaciju zaposlenih, produktivnost, a time i poslovnu izvrsnost, u četiri radne organizacije. Pokazalo se da motivacija zavisi od nekoliko faktora, a da je kultura važan faktor. Tvrdi se da je kultura za organizaciju ono što je lik za pojedinca.

Valentina Rapajić, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

### *Linguistic illustrations concerning former Yugoslavia in two dictionaries for foreign learners of english*

U radu su analizirana dva rečnika engleskog jezika s obzirom na opcije pretraživanja, kao i broj, tematske oblasti i semantiku lingvističkih ilustracija gde su entiteti bivše Jugoslavije spomenuti ili implicirani. Rezultati ukazuju na tehničke prednosti pretraživanja u LDOCE (Longman Dictionary of Contemporary English) u odnosu na MEDAL (potpuniju pokrivenost entiteta bivše Jugoslavije u LDOCE u odnosu na skoro potpuno odustvo u MEDAL, itd.).

Na srpskom jeziku su objavljeni radovi:

Biljana Ivanova, Novica Conić, Milan Mladenović, Igor Epler,  
 Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

### *Organizaciono povezivanje ekonomskih subjekata koji posluju sa inostranstvom*

U rezimeu se tvrdi da povezivanje privrednih subjekata u klastere pruža mogućnost efikasnijeg nastupa privrednih subjekata na uvozno-izvoznim poslovima, da klastere treba gledati kao način organizovanja privrednih subjekata koji omogućava da se udruže i upotrebe zajedničke sposobnosti i kao takvi daju više nego što bi pojedinačno dali, da uloga države u formiranju klastera može biti presudna za uspešno funkcionisanje klastera, da povezivanje klastera u organizacionu celinu treba da bude takvo da svi mogu da zadovolje svoje ciljeve, te da bi klasteri predstavljali funkcionalne organizacije, bitno je da finansiranje bude dobro organizovano i da funkcioniše.

Milinko Veličković, Univerzitet Megatrend, Beograd,  
Danko Jovanović, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd  
Marjan Mirčevski, Velibor Jovanović, Uprava za logistiku,  
Generalštab Vojske Srbije, Beograd

### *Kulturološki aspekti radne motivacije*

U radu se polazi od toga da ljudi prirodno teže da kulturološke aspekte i druge oblike kulture posmatraju kroz prizmu sopstvenih pogleda i saznanja, ograničavajući time sebe njenim obimom, te da je značajne neuobičajenih reči, ponašanja i dela teško razumljivo i prihvatljivo, pa se rukovodioci u radnim organizacijama moraju pripremiti i učiniti sebe kompetentnim da rešavaju i usklađuju interkulturalne aspekte kako bi radna motivacija bila na željenom nivou. U radu su prikazani uticaji kulturoloških aspekata na radnu motivaciju, na osnovu istraživanja obavljenog u četiri radne organizacije Republike Srbije, sa 1326 ispitanika neformalizovanom anketom sa 24 pitanja na koja je dalo odgovor oko 75% ukupno zaposlenih, od kojih su 714 muški, a 612 ženski ispitanici.

U tematskoj oblasti *inženjerstvo pouzdanosti*, takođe su objavljena četiri rada (2 na engleskom i 2 na srpskom jeziku). Na engleskom jeziku objavljeni su radovi:

Stevan Mušicki, Ministarstvo odbrane, Vojna akademija, Beograd,  
Goran Janačković, Dejan Vasović, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš

### *Safety life cycle of integrated safety systems*

U radu se polazi od toga da je životni ciklus bezbednosti proces inženjerstva kojim se optimizira i povećava nivo bezbednosti sistema i da se primenjuje sistemski pristup u toku analize složenih sistema i identifikacije ključnih indikatora performansi. U radu je definisan životni ciklus bezbednosti integrisanih sistema i opisani su osnovni koraci životnog ciklusa.

Stevan Mušicki, Ministarstvo odbrane, Vojna akademija, Beograd,  
Suzana Savić, Dejan Vasović, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš

### *Application of the Bayesian paradigm in risk assessment*

U radu se tvrdi da većina inženjera i analitičara rizika koristi klasičan pristup analizi rizika, koji iako ima važnu ulogu u identifikaciji rizika i bezbednosti, ima glavni nedostatak statičnost, te da je Bajesova teorija koristan alat u dinamičkoj proceni rizika. U radu se predstavljaju prednosti i nedostaci Bajesove teorije u proceni rizika sistema.

Na srpskom jeziku objavljeni su radovi:

Sreten Ilić, Miodrag Šikić, Marjan Mirčevski, Uprava za logistiku,  
Generalštab Vojske Srbije, Beograd,  
Danko Jovanović, Vojna Akademija, Beograd

*Praktična rešenja upravljanja hemijskim udesima u zemljama  
Evropske unije*

U radu se polazi od konstatacije da je upravljanje rizikom od hemijskih udesa složen sistem, koji predstavlja kombinaciju više raznih odluka i analiza, a obuhvata planiranje mera za prevenciju udesa, izradu plana zaštite i pripravnosti, odgovor na udes i sanaciju posledica udesa. Sve to ima za cilj bezbedno korišćenje opasnih hemijskih materija. To je stalan proces, a provera validnosti celokupnog sistema događa se u praksi. Takav jedan praktično dokazani efikasan sistem se već duže vreme primenjuje u Saveznoj Republici Nemačkoj. U radu je obrađen sistem brze i neposredne pomoći, prilikom transporta opasnih materija u udesnim situacijama. Takođe, obrađena je organizacija rada subjekata sistema, pri čemu su definisana prava, nadležnosti i obaveze u upravljanju hemijskim udesima. Autori na kraju zaključuju da se nameće potreba za uspostavljanjem sličnog sistema i u Republici Srbiji, kao budućoj članici Evropske unije, radi unapređenja zaštite ljudi i zaštite životne sredine od hemijskih udesa.

Marjan Milenkov, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd,  
Dejan Nikolić, Garda, Vojska Srbije, Beograd,  
Milić Milićević, Vlada Sokolović, Univerzitet odbrane,  
Vojna akademija, Beograd

*Karakteristike logističkih sistema*

U radu su razmatrani različiti pristupi određenju logističkih sistema, njihove karakteristike i kriterijumi za uspešno funkcionisanje. Na osnovu navedenih pristupa i tumačenja, autori smatraju da bi se moglo zaključiti da se logistika može posmatrati i kao naučna disciplina i savremena poslovna funkcija, a glavni predmeti njenog proučavanja su logistički tokovi, logističke operacije, logističke funkcije, logistički principi, logistički troškovi, logistički sistemi, itd.

U oblasti *vojno inženjerstvo* objavljena su 22 rada pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane (1 na engleskom jeziku i 21 na srpskom jeziku). Na engleskom jeziku objavljeni su radovi:



Nebojša Nikolić, Ministarstvo odbrane, Institut za strategijska istraživanja, Beograd

*Contracted logistic support - achievements in the maintenance function for the Stryker brigade*

Contracted Logistics Support je koncept koji ima za cilj postizanje boljih performansi. Primenjen je na održavanje Stryker brigade. Stryker brigade nastala je početkom prošle decenije, kao odgovor na nove izazove na savremenom, a kao prethodnica budućih jedinica tzv. mrežnocentričnog ratovanja. Treba da je brza i mobilna, tehnološki superiorna i ubojita. Osnovna tehnička komponenta brigade je borbeno oklopno vozilo poznato kao Stryker. Razvijeno je i uvedeno u upotrebu za veoma kratko vreme. Glavna razlika, u odnosu na drugu vojnu opremu, jeste novi pristup logističke podrške vozila Stryker, koje daje visoku operativnu raspoloživost od 96%. Međutim, i troškovi su veoma veliki.

Na srpskom jeziku objavljeni su radovi:

Radovan Damnjanović, Generalštab, Vojska Srbije, Beograd,  
Aleksandar Miletić, Vojna akademija, Beograd,  
Marjan Mirčevski, Generalštab, Vojska Srbije, Beograd,  
Danko Jovanović, Vojna Akademija, Beograd

*Mogućnost implementacije koncepta Lean Six Sigma u sistem odbrane*

U uslovima ograničenih resursa od presudne važnosti je učiniti sistem odbrane efektivnim, efikasnim i ekonomičnim. Primena koncepta Lean Six Sigma može dovesti do racionalnijeg korišćenja resursa. Autori u radu teže da odgovore na pitanje da li se koncept Lean Six Sigma, kao alat poslovne transformacije, može iskoristiti radi optimizacije procesa u sistemu odbrane i na koji način bi trebalo koristiti koncept Lean Six Sigma kao strategiju transformacije.

Aleksandar Miletić, Vojna akademija, Beograd,  
Radovan Damnjanović, Generalštab, Vojska Srbije, Beograd,  
Miloš Tomašević, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd

*Određivanje ciljeva sistema odbrane*

Autori polaze od stava da je za utvrđivanje ciljeva organizacije neophodno da se, osim pridržavanja već profilisanih koraka u datom procesu, izvrši i adekvatno formulisanje ciljeva prema različitim kriterijumima uz primenu odgovarajućih vrsta metoda. Upravljanje pomoću ciljeva pred-

stavlja koncept koji obuhvata postupak postavljanja ciljeva i definisanja planova sa svrhom da se unapredi sistem upravljanja u organizaciji. Upravljanje pomoću ciljeva je pristup prema kojem su ciljevi definisani uz pomoć svih učesnika i gde svaka aktivnost u okviru organizacije treba da doprinese ostvarivanju određenih ciljeva.

Igor Epler, Marko Andrejić, Vojna akademija, Centar za istraživanje u oblasti logistike odbrane, Beograd,  
Ljubomir Lukić, Mašinski fakultet, Kraljevo,  
Novica Conić, Vojna akademija, Centar za istraživanje u oblasti logistike odbrane, Beograd

### *Lean koncept kao osnova održavanja tehničkih sistema specijalne namene u Vojsci Srbije*

Autori smatraju da Total Quality Management (TQM), kao eksplicitni model, u teoriji menadžmenta još uvek nije u potpunosti definisan, i da se nivo njegove primene u praksi vrednuje kriterijumima poslovne izvrsnosti po raznim modelima (EFQM, Demming Prize i drugi modeli). Dalje smatraju da Lean koncept u proizvodno-remontnim sistemima doprinosi unapređenju vrednosti nekih kriterijuma u modelima poslovne izvrsnosti, čime se neposredno utiče na dostizanje višeg nivoa TQM. Radom žele ukazati na mogućnosti primene Lean koncepta na unapređenje kvaliteta funkcije održavanja u organizacijama za održavanje tehničkih sistema specijalne namene (TSSN) u Vojsci Srbije i na potencijalne efekte te primene.

Dragiša Jaćimović, Marjan Mirčevski, Miodrag Šikić, Uprava za logistiku, Generalštab Vojske Srbije, Beograd  
Danko Jovanović, Univerzitet odbrane, Vojna Akademija, Beograd

### *Model upravljanja rizikom u sistemu vojne logistike*

Autori su realizovali svoj rad na sledeći način. Zbog svoje kompleksnosti sistem vojne logistike uzrokuje različite vrste i nivoe rizika. U osnovi, procena rizika u sistemu vojne logistike sprovodi se kroz detekciju i analizu stanja, prikupljanje relevantnih podataka za procenu, analizu sprovedenih postupaka procene i propisivanje korektivnih mera. Danas se upravljanje logistikom na bazi rizika zasniva na metodama logističkog inženjerstva i zaštite na radu, u delu metoda procene tehničko-tehnoloških rizika, a obuhvataju delom funkcionalnu analizu postojećih vojnih logističkih organizacionih sistema i modelovanje logističkog i inženjerstva zaštite na bazi potencijalnih rizika. U radu su težišno zastupljene empirijske metode koje daju realne pokazatelje u datim uslovima ograničenja, sa prisutnim velikim brojem uzročno-posledičnih veza stohastičke prirode.

Aca Randelović, Tugomir Kokelj, Nenad Komazec, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

*Tačnost skraćene pripreme početnih elemenata posrednog gađanja minobacačem 120 mm*

U radu je izvršena detaljna analiza tačnosti skraćene pripreme početnih elemenata posrednog gađanja minobacačem 120 mm. Postojećom metodologijom i delimičnom automatizacijom proračuna, primenom računara i Excel programa, određene su srednje verovatne greške po daljini i pravcu i njihove težine. Zaključci su izvedeni kritičkom analizom deklariranih tačnosti veličina središnjih grešaka skraćene pripreme početnih elemenata.

Aca Randelović, Tugomir Kokelj, Olgica Lazarević, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

*Određivanje protivoklopnih mogućnosti mehanizovanog bataljona u odbrani*

U radu je prikazano određivanje protivoklopnih mogućnosti mehanizovanog bataljona u odbrani primenom analitičkog modelovanja kao jedne od metoda operacionih istraživanja. Analitičko modelovanje predstavljeno je kroz igru dva igrača čiji su ishodi iskazani u obliku verovatnoće pobeđe i matematičkog očekivanja broja neuništenih borbenih jedinica protivnika i sopstvenih snaga. Na ovaj način došlo se do realnih saznanja o protivoklopnim mogućnostima, što omogućuje kvalitetnije donošenje odluke o upotrebi mehanizovanog bataljona u vođenju protivoklopnih dejstava u odbrani.

Saša Jović, Vojna ustanova "Morović", Morović,  
Branko Tešanović, Slaviša Arsić, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

*Normativno-pravno uređenje prodaje konzumnih jaja u Vojnoj ustanovi „Morović”*

Autori konstatuju da hrana predstavlja faktor stabilnosti u svetu, da se ishrana pripadnika Vojske Srbije (VS) realizuje u okviru intendantske podrške (InPo), u skladu sa Pravilnikom o opštim logističkim potrebama u Ministarstvu odbrane (MO) i VS i Planom ishrane u VS, da proizvodnju konzumnih jaja za potrebe MO i VS vrši Vojna ustanova „Morović” (VU „Morović”) sa 7% svojih proizvodnih kapaciteta, a preostalih 93% proizvedenih konzumnih jaja prodaje na civilnom tržištu, te da neophodnost primene vojnih propisa u domenu prodaje konzumnih jaja na civilnom tržištu smanjuje finansijski rezultat poslovanja VU „Morović”.

Marko Andrejić, Igor Epler, Novica Conić, Dejan Despić, Vojna akademija, Centar za istraživanje u oblasti logistike odbrane, Beograd

### *Koncept razvoja logističke preventive u sistemu odbrane*

Autori konstatuju da logističku preventivu treba posmatrati kao sistem (sačinjen od podsistema i elemenata), kao funkciju (grupa srodnih zadataka grupisanih po određenom kriterijumu) i kao proces (tok uređenih događaja u vremenu). Logistička preventiva je deo ukupne logističke podrške sistemu odbrane koji sprečava da se naruše projektovane, odnosno postojeće performanse sistema koji se podržava i njegovih elemenata (objekata delovanja logistike), odnosno koji utiče na unapređenje performansi sistema koji podržava. Logistička preventiva, kao funkcija, podrazumeva sve mere i aktivnosti koje planiraju i organizuju logistički organi, a realizuju logistički organi, jedinice i nelogističko osoblje i te mere su usmerene na sprečavanje nastupanja pojava i procesa koji negativno deluju na sposobnosti i performanse sistema odbrane. U vremenu intenzivnih organizacionih promena u sistemu odbrane sistemskom uređenju logističke preventive treba dati adekvatan značaj i posvetiti naročitu pažnju. Principi koji se odnose na projektovanje, pripremu i funkcionisanje logistike odbrane u celini, odnose se i na projektovanje, pripremu i sprovođenje logističke preventive.

Hajradin Radončić, Mile Jelić, Rade Slavković, Dragan Bojanić, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

### *Funkcionisanje menadžmenta u odbrani u kriznim situacijama*

U radu se tvrdi da krizni menadžment tokom razvoja i smirivanja krize doživljava značajne funkcionalne i institucionalne promene. Postoji više organizacionih i funkcionalnih svojstava menadžmenta za slučaj kriznih situacija koje su prikazane na osnovu iskustava. Posebno se ukazuje na subjekte i delove kriznog menadžmenta i način razrešavanja kriznih situacija.

Vlada Sokolović, Srđan Ljubojević, Marjan Milenković, Milić Milićević, Univerzitet odbrane, Vojna akademija Beograd

### *Analiza troškova naoružanja i vojne opreme*

Autori konstatuju da u situaciji kada su budžetska izdvajanja za odbranu sve restriktivnija, svako ulaganje u akviziciju sredstava naoružanja i vojne opreme (NVO) predstavlja pitanje koje ne dopušta greške u odlukama, pa shodno tome ulaganje mora biti i ekonomski opravdano. U

ovom slučaju, ekonomska opravdanost ne iskazuje se eksplicitno – razlikom u novčanoj masi na početku ulaganja i na kraju životnog veka sredstva, već implicitno – odnosom nematerijalnih koristi i ostvarenih ciljeva prema ulozenim novčanim sredstvima. U radu je naglašen pojam opremanja sredstvima NVO, sa aspekta troškova u tom procesu, i prikazan je sveobuhvatni pristup analizi troškova sredstava u životnom veku.

Dejan Kurtov, Darko Božanić, Dragan Pamučar, Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Beograd

#### *Izbor rejona vatrenog položaja brigadne artiljerijske grupe u odbrambenoj operaciji primenom metode VIKOR*

U radu je primenjena metoda VIKOR za izbor rejona vatrenog položaja brigadne artiljerijske grupe u odbrambenoj operaciji jedinica Vojske Srbije.

Dejan Nikolić, Garda, Vojska Srbije, Beograd,  
Marjan Milenkov, Milić Milićević, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

#### *Unapređenje kvaliteta logističke podrške jedinica Vojski Srbije*

U radu se polazi od konstatacije da je unapređenje kvaliteta jedan od osnovnih zahteva standarda QMS. Dat je prikaz suštine, filozofije i metodologije unapređenja kvaliteta logističke podrške jedinica Vojske Srbije.

Rade Slavković, Mile Jelić, Hajradin Radončić, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

#### *Timski rad u planiranju, pripremi i izvođenju (vojnih) operacija*

U rezimeu rada autori konstatuju: poslove u planiranju, pripremi i izvođenju operacije menadžment tretira kao projekte i omogućava da se upravlja operacijom kako bi se efektivno i efikasno dovela do cilja, što zahteva novi (naučni) pristup operaciji kao složenom projektu i upravljanju tim projektima. Organizacija rada na projektu (operaciji) uslovljena je dodeljenom misijom, zadacima i ciljevima koje treba ostvariti operacijom. S obzirom na načela organizovanja Vojske Srbije (VS), neophodno je definisati funkcionalnu organizaciju za upravljanje operacijom. Funkcionalna (timska) organizacija rada u komandama jedinica VS omogućava integrisanje napora različitih snaga u procesu operativnog planiranja i efikasno angažovanje svih resursa u planiranju, pripremi i realizaciji operacije.

Milan Mladenović, Novica Conić, Biljana Ivanova, Igor Epler,  
Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

### *Elementi za izračunavanje troškova u borbenim operacijama vojske*

U rezimeu rada se konstatuje: donošenje vojnih odluka je težišna aktivnost u okviru komandovanja i rukovođenja jedinicama u realizaciji operacija. Da bi donete odluke u vojnim operacijama bile u skladu sa ekonomijom snaga, neophodno je da sam proces kalkulacije troškova, a naročito borbenih, bude naučno utemeljen. Limitirana i, po pravilu, ograničena sredstva nameću stalnu potrebu za ekonomičnim angažovanjem raspoloživih snaga, a da bi se to postiglo, potrebno je izračunati cenu operacije. Da bi se došlo do planske cene operacije, potrebno je odrediti i standardizovati elemente koji bi se koristili u tom postupku.

Novica Conić, Milan Mladenović, Biljana Ivanova, Igor Epler,  
Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

### *Logistička podrška vojnih operacija*

Autori u rezimeu rada konstatuju: izbor i donošenje prave odluke za organe odlučivanja na bilo kom nivou komandovanja predstavlja vrhunac umešnosti i znanja potrebnih za realizaciju date operacije. Dobre pripreme olakšavaju realizaciju operacije, pa je od značaja posedovanje potrebnih znanja i postupaka pri planiranju logističke podrške operacije. Donetu odluku treba preneti na potčinjene organe i sastave i veliki značaj se mora pridati kvalitetu logističkih dokumenata kao nosiocima informacija. Definisane potrebne dokumenata i njihov sadržaj uveliko olakšava rad organa na izradi dokumenata i ubrzava prenošenje informacija na potčinjene sastave.

Tatjana Višacki, Jovanka Šaranović, Institut za strategijska istraživanja, Beograd

### *Sociodemografske varijable kao determinante zadovoljstva poslom zaposlenih u vojnoj sredini*

Cilj istraživanja, u ovom radu, jeste da se utvrdi stepen i priroda zadovoljstva poslom pripadnika/ca sistema odbrane u odnosu na njihove sociodemografske podatke. Primenjena je Kuperova skala za merenje zadovoljstva poslom, na reprezentativnom uzorku pripadnika/ca Ministarstva odbrane i Vojske Srbije, a dobijeni rezultati ukazuju da je najveće zadovoljstvo ispitanih odnosom koji imaju sa kolegama/koleginicama i svojim prvopretpostavljenim, a zatim i stepenom u kojem posao koji oba-

vljaju zahteva osobine za koje oni/one smatraju da ih poseduju. Na nivou celog uzorka ispitanici/ce ispoljavaju nezadovoljstvo visinom plate i mogućnošću ličnog usavršavanja i napredovanja. Statistički značajne razlike na pojedinim aspektima zadovoljstva poslom postoje između pripadnika/ca različitog pola, starosnih kategorija i čina/statusa.

Uroš Živković, Svetlana Janković, Institut za strategijska istraživanja, Beograd

#### *Organizacija naučnoistraživačke delatnosti iz polja društveno-humanističkih nauka u sistemu odbrane Republike Srbije*

Autori ukazuju na važnost naučnoistraživačke delatnosti u sistemu odbrane Republike Srbije, daju osnovni pregled strategijsko-normativnog okvira i organizacione arhitekture naučnoistraživačke delatnosti u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije, zatim objašnjavaju načine i metode upravljanja naučnoistraživačkim projektima iz polja društveno-humanističkih nauka, kao i probleme sa kojima se naučnoistraživačke ustanove u MO i VS susreću, a na kraju daju ocenu o naučnoistraživačkoj delatnosti u sistemu odbrane i ukazuju na značaj njenog daljeg razvoja.

Saša Trandafilović, Nebojša Dragović, Univerzitet odbrane, Beograd, Marko D. Andrejić, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

#### *Upravljanje finansijama u funkciji održivog razvoja Ministarstva odbrane i Vojske Srbije*

Autori su za cilj rada postavili identifikovanje osnovnih činioca od kojih zavisi uspešno upravljanje finansijama u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije, kao konstruktivne osnove za dalji razvoj i unapređenje finansijskih funkcija u sistemu odbrane kroz definisanje politike i planiranja raspodele sredstava, načina izvršavanja, kontrole i evidentiranja, kao i zakonito trošenje i postupanje po osnovu izveštaja interne i eksterne kontrole i revizije.

Nenko Brkljač, Tehnički opitni centar KoV, Beograd, Marko Andrejić, Zoran Krsmanović, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

#### *Indikatori performansi kvaliteta u procesu opremanja vojske naoružanjem i vojnom opremom*

U radu su prikazani rezultati istraživanja indikatora performansi kvaliteta u procesu opremanja vojske naoružanjem i vojnom opremom (NVO). Indikatori performansi analizirani su sa aspekta zaštite intere-

sa kupca i krajnjeg korisnika sredstva NVO. Performanse su razmatrane prema ključnim aktivnostima procesa i analizirane kroz aktivnosti planiranja i programiranja, definisanja taktičkih i tehničkih zahteva, ugovaranja, istraživanja, razvoja, ispitivanja, proizvodnje, nabavke, upotrebe, podrške i povlačenja sredstva NVO iz upotrebe. Opis performansi kvaliteta vršen je na dva načina: kroz opis konkretne performanse i opisom indikatora (efekta) koji treba da se dese u procesu opremanja vojske.

Miroslav Terzić, Maja Pavlović Šajtinac, Dejan Inđić, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd,  
Dragan Stevanović, Generalštab Vojske Srbije, Beograd

#### *Prilog modelovanju organizacione strukture vojnoobaveštajne jedinice*

U radu su analizirane operacije združenih snaga i obaveštajno obezbeđenje operacija združenih snaga. Na osnovu tih analiza primenom teorije organizacije predloženi su unutrašnji i spoljašnji činioци koji utiču na modelovanje vojnoobaveštajne jedinice.

Srđan Milenković, Svetlana Janković, Uroš Živković, Institut za strategijska istraživanja, Ministarstvo odbrane, Beograd

#### *Permanentno obrazovanje – potreba u vojsci*

U rezimeu rada autori konstatuju: nivo i kvalitet obrazovanja kadrovske potencijala predstavljaju jedan od osnovnih faktora razvojne politike svakog organizacionog sistema, pa i vojske. Oni prvenstveno utiču na dinamiku projektovanja i primene strukturnih promena, ali i na radne performanse i alokaciju resursa, zbog čega adekvatno planiranje kadrova i celokupan proces inovacije znanja predstavljaju imperativ savremene vojske. Celoživotno (permanentno) učenje i usavršavanje u vojnoj profesiji postalo je integralni deo operativnih sposobnosti vojske, a u krajnjoj instanci, sposobnost vojne organizacije da odgovori dodeljenim joj misijama umnogome zavisi od toga koliko njeni zaposleni uče iz svog iskustva i koliko prihvataju nova teorijska i empirijska saznanja, jer oficir koji se permanentno obrazuje povećava kooperativnost u svom radnom okruženju, redukuje konflikte i poboljšava performanse u kulturi rada, poslovnoj psihologiji i filozofiji uspeha. Stoga je Vojska Srbije razvila takav obrazovni sistem koji je sposoban da kod svojih zaposlenih razvije visok nivo znanja, kao i sklonost ka timskom radu i kooperativnosti, što omogućava profesionalni i obrazovni razvoj na dugi rok.



U tematskoj oblasti *industrijsko inženjerstvo* objavljeno je 8 radova na srpskom jeziku:

Snežana Krstić, Vojna akademija, Beograd,  
Slobodan Andžić, Beogradska poslovna škola, Beograd,  
Milan Mihajlović, Visoka škola modernog biznisa, Beograd

### *Ciklično kretanje savremene privrede i ekonomske krize*

U rezimeu autori konstatuju: sve do velike ekonomske krize 1929–1933. godine koja je uzdrmala ceo svet, u ekonomiji je dominiralo mišljenje da nevidljiva ruka tržišta uravnotežava ponudu i tražnju robe i usluga i odgovara na pitanja šta, za koga i kako proizvoditi. Smatralo se da uplitanje države u privredni život samo koči ekonomiju i da je štetno, tj. vodi neoptimalnim rešenjima, odnosno povećava troškove i cene, smanjuje tražnju, proizvodnju i zaposlenost. Međutim, stihijnost tržišta u uslovima sve izraženije centralizacije i koncentracije kapitala na osnovama tehničkog progressa vodila je do sve dubljih kriza i poremećaja društvene reprodukcije. Tržište i slobodnokonkurentski model privrede postaju sve više stihijski, te se ne mogu kontrolisati, a sam makroekonomski rast nije bio zadovoljavajući. Na kraju autori zaključuju „pozitivni i revolucionarni potencijal ekonomske krize mogao bi da se iskoristi u pravcu trasiranja jednog stabilnijeg i koherentnijeg ekonomskog sistema, kao i održivog načina privređivanja i razvoja uopšte”.

Milislav Terzić, Vojnoobaveštajna agencija, Ministarstvo odbrane,  
Beograd  
Predrag Jovičević, Milan Mihajlović, Visoka škola modernog biznisa,  
Beograd

### *Finansijski položaj preduzeća*

U rezimeu rada autori konstatuju: finansijski položaj preduzeća predstavlja najznačajniji pokazatelj finansijskog zdravlja koji govori o mogućnostima kojima raspolaže preduzeće u određenom momentu posmatranja. To se prevashodno odnosi na pribavljanje sredstava za odvijanje normalnog procesa proizvodnje i poslovanja, odvajanje sredstava za neophodan rast i razvoj, kao i pokazatelj odnosa između sopstvenih i pozajmljenih izvora finansiranja. Sam finansijski položaj u mnogome zavisi od menadžmenta preduzeća, jer najveća uloga pripada menadžerima koji svojim vizijama i pravilnom upotrebom finansijskih sredstava moraju da obezbede normalan rast i razvoj preduzeća i time da stvore zadovoljavajući finansijski ugled.

Slavko Vukša, Univerzitet Alfa, Beograd,  
 Milisav Terzić, Vojnoobaveštajna agencija, Ministarstvo odbrane,  
 Beograd,  
 Miloš Lutovac, Beogradska poslovna škola, Beograd

#### *Sistem federalnih rezervi kao instrument monetarne politike SAD*

U radu se rezimira da sistem federalnih rezervi (FED) predstavlja glavnu komponentu nervnog sistema bankarskog sektora SAD. Primarni motiv osnivanja pronađen je u sprečavanju kriza u finansijskom sistemu koje su se dešavale skoro svake decenije. Današnja uloga sastoji se od održavanja dugoročne finansijske stabilnosti SAD.

Ivan Milojević, Vojna akademija, Beograd,  
 Rade Žugić, Inspektorat odbrane, Beograd,  
 Radoja Janjetović, Univerzitet za poslovne studije, Banja Luka

#### *Makroekonomski modeli privreda u tranziciji*

U rezimeu rada autori konstatuju: zemlje u procesu tranzicije kontinuirano rešavaju dva osnovna ekonomska pitanja i to: makroekonomsku stabilnost i strukturnu transformaciju tržišnog ambijenta. Makroekonomska stabilizacija treba da doprinese uspostavljanju poremećene privredne ravnoteže, a rešavanje problema strukturne transformacije treba da omogućiti ovim zemljama efikasno i racionalno privređivanje, što zahteva formulisane makroekonomske politike sa efikasnijim merama, mehanizmima i instrumentima za realizaciju izabranih ciljeva i zadataka.

Milan Mihajlović, Vojna akademija, Beograd,  
 Teo Burić, Univerzitet za poslovne studije, Banja Luka,  
 Snežana Krstić, Vojna akademija, Beograd

#### *Menadžment operativnim rizikom u bankarskom poslovanju*

Autori polaze od konstatacija: platni promet obavlja se u gotovo svim tržišno opredeljenim privredama najvećim delom preko banaka. Stoga u zavisnosti od njihove stabilnosti i sigurnosti zavise i rizici u poslovanju gotovinom i očuvanje monetarne stabilnosti države. Suštinu rizika u platnom prometu čini menadžment rizicima, odnosno identifikovanje, merenje i rukovođenje njima. U radu se analizira rizik obavljanja platnog prometa, posebno u poslovanju gotovinom, imajući u vidu da problem proizilazi iz podatka da svake godine raste broj fizičkih napada u institucijama koje obavljaju platni promet gotovinom, što predstavlja izazov, rizik i pretnju po bezbednost države uopšte.

Milica Radojković, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd,  
Rade Žugić, Ministarstvo odbrane RS, Inspektorat odbrane,  
Beograd,  
Marko Andrejić, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

### *Kontrole u budžetskom sistemu Republike Srbije*

U rezimeu rada autori konstatuju da bi se javna sredstva pravilno koristila neophodno je uspostaviti kvalitetan, opravdan, izvodljiv i na duže vreme održiv sistem kontrole budžeta. Postojanje adekvatnog koncepta, a zatim razvoj i uspostavljanje sistema, koji uvažava hijerarhiju organizacije države i sve stekholdere, nužan je uslov za efikasnu i efektivnu kontrolu. Kvalitetan koncept kontrole treba da olakša kreiranje i sprovođenje procesa koji obezbeđuje dostizanje proklamovanih ciljeva, uz odgovarajući kvalitet, vezanih za raspolaganje javnim sredstvima od strane korisnika budžetskih sredstava. Kontrola kao procesna i područna funkcija upravljanja realizuje se kroz više faza: utvrđivanje ciljeva, planova, politike, standarda, normi, pravila odlučivanja, kriterijuma i metoda (referentnih vrednosti); merenje rezultata; upoređivanje rezultata sa standardima i korekcija tekućih aktivnosti, radi dostizanja željenih ciljeva. U radu se analizira kontrola u budžetskom sistemu, po nivoima, radi davanja doprinosa boljoj operacionalizaciji Zakona o budžetskom sistemu.

Olgica Lazarević, Vojislav Batinić, Aca Ranđelović, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

### *Procena štetnosti vibracija po zdravlje rukovaoca hidrauličkog bagera*

U radu je proučavan uticaj vibracija na ljudski organizam s obzirom na štetnost po zdravlje rukovaoca hidrauličkog bagera koji je izložen vibracijama za vreme rada mašine. Izvršena su eksperimentalna merenja vibracija, pri radu na hidrauličkom bageru točkašu i guseničaru. Za izmerene vibracije urađena je procena na nivou „kvaliteta zdravlja” i „kvaliteta komfora”.

Saša Đorđević, Vojnobezbednosna agencija, Ministarstvo odbrane, Beograd

### *Značaj i uloga informacije u ekonomskom nadmetanju*

Autor u rezimeu rada konstatuje: značaj tačne i pravovremene informacije u ekonomskom nadmetanju ravan je značaju kapitala koji je uložen u izvesnu ekonomsku operaciju. Većina informacija može se naći u otvorenoj formi, ali informacije najvećeg značaja mogu se dobiti isključivo

korišćenjem specijalizovanih organizacija obaveštajnog karaktera. Prema tome, ekonomsko nadmetanje je u tesnoj sprezi s obaveštajnim sukobljavanjem oko poverljivih informacija koje se mogu iskoristiti protiv konkurenata, a u interesu svojih korporacija, iz čega proizlazi potreba za naročitom zaštitom značajnih ekonomskih informacija.

U tematskoj oblasti *sistemska inženjerstvo (Systems Engineering)* nema radova pripadnika Vojske i MO.

U tematskoj oblasti *energetska efikasnost* objavljen je jedan rad na srpskom jeziku:

Saša Đorđević, Vojnobezbednosna agencija, Ministarstvo odbrane, Beograd

#### *Geoekonomski značaj resursa*

Autor u rezimeu rada konstatuje: u procesu globalizacije jedan od najvažnijih zadataka na ekonomskom planu je kontrola materijalnih i energetskih resursa, što predstavlja stalan izvor opasnosti od kriza u svetskoj privredi. Za sada su nafta i prirodni gas najveći izvor komercijalne energije, a njihov geoekonomski značaj je vidljiv u realizaciji spoljne politike razvijenih zemalja. Na osnovu sistematizovanih podataka o resursima i potrebama za njihovom kontrolom, dobrim delom su izgrađene i strategije nastupa prema određenim svetskim regionima. Početkom XXI veka shvaćeno je da dosadašnji ekonomski model intenzivnog korišćenja ograničenih resursa nije u stanju da ispuni sve veće potrebe sedam milijardi ljudi na planeti.

U tematskoj oblasti *dopunska saopštenja* objavljena su 3 rada (1 na engleskom i 2 na srpskom jeziku). Na engleskom jeziku objavljen je rad:

Dragoljub Vujić, Vojnotehnički institut, Beograd

#### *Structural health monitoring in the next generation of aircraft design and maintenance*

U radu se prvo konstatuje da vazduhoplovna industrija pokušava da smanji operativne troškove i troškove održavanja, a da je izazov projektovanje lakih struktura letelica sa smanjenim troškovima održavanja, te da je važno održavati nivo borbene spremnosti starijih letelica uz smanjenu dokapitalizaciju. Rad se bavi novom oblašću prediktivnog održavanja poznatom kao Structural Health Monitoring (SHM). SHM pomaže u realizaciji lakih struktura sa smanjenim utroškom goriva, smanjenim troškovima životnog ciklusa i produženjem veka rada letelica.

Na srpskom jeziku objavljeni su radovi:

Vojkan Radonjić, Tehnički remontni zavod "Čačak", Čačak,  
Saša Petrović, Vojska Srbije, Uprava za logistiku, Beograd,  
Marko Andrejić, Danko Jovanović, Univerzitet odbrane,  
Vojna akademija, Beograd

*Izbor optimalne organizacije održavanja uređaja posebne namene primenom metode višekriterijumske analize PROMETHEE II*

Rad je nastao u okviru sveobuhvatnog istraživanja čiji je cilj bio uspostavljanje optimalne organizacije održavanja uređaja posebne namene. Korišćenjem metode višekriterijumske analize, uz pretpostavljeni model upotrebe uređaja, pomoću metode PROMETHEE II, izabrana je najbolja od pretpostavljenih varijanti održavanja uređaja. Na osnovu dobijenih rezultata može se izabrati optimalna organizacija održavanja uređaja posebne namene.

Vojkan Radonjić, Tehnički remontni zavod „Čačak”, Čačak,  
Saša Petrović, Vojska Srbije, Uprava za logistiku, Beograd,  
Marko Andrejić, Danko Jovanović, Univerzitet odbrane,  
Vojna akademija, Beograd

*Model koncepta održavanja prema stanju uređaja posebne namene*

U radu su realizovana istraživanja i prikazani rezultati primene optimalnog modela koncepta održavanja savremenih uređaja posebne namene. Model se zasniva na konceptu preventivnog održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti, pri čemu se koriste mnogobrojne pozitivne konstrukciono-tehnološke mogućnosti uređaja, radi sveobuhvatnog smanjenja troškova održavanja, uz postignuti nivo zadate vrednosti pouzdanosti uređaja.

Na kraju, može se konstatovati da je konferencija ICDQM 2014 među tri najbrojnije po ukupnom broju radova, a najbrojnija po broju radova pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane Republike Srbije. I dalje se uočava saradnja autora iz raznih institucija Vojske i MO Srbije. Takođe, nastavlja se i tendencija saradnje autora iz Vojske i MO Srbije sa autorima iz civilnih institucija u Srbiji, ali i van Srbije. Većina radova predstavlja kolektivno delo više autora. Međutim, nekoliko istih autora potpisuje više od 3 rada (na većini naučnih skupova je ograničeno da se isti autor može pojaviti na najviše 2, a na nekim na 3 rada), među kojima 1 autor na 5, a 2 autora na 7 radova. Treba dodati da su, kao i prethodnih godina, na

konferenciji učestvovali i izlagali radove, uključujući i plenarna izlaganja, i nekadašnji pripadnici Vojske, koji su, zbog smanjivanja vojske, odlazili po potrebi službe, ali sada rade u visokoobrazovnim institucijama u civilstvu. Međutim, zbog ograničenog obima ovog prikaza nismo ih predstavili.

### Literatura

ICDQM. 2014. 17. DQM međunarodna konferencija Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću, 27-28. jun 2014, Beograd, Srbija, zbornik radova.

ICDQM. 2014. 5th DQM International Conference on Life Cycle Engineering and Management, 27-28 June 2014, Belgrade, Serbia, Proceedings.

Pokorni, S. 2013. 16. međunarodna konferencija ICDQM 2013 (prikaz naučnog skupa). *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 61(4), str.256-270. doi:10.5937/vojtehg61-4150.

#### 17. МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ICDQM-2014 (ОБЗОР СБОРНИКА СТАТЕЙ)

ОБЛАСТЬ: менеджмент, качество, надежность, компьютерные науки, информационные технологии

ВИД СТАТЬИ: обзор

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

#### Краткое содержание:

*Данный обзор включает основную информацию о результатах работы и значимости 17-ой Международной конференции "Управление качеством и надежностью" – ICDQM-2014 и 5-ой Международной конференции «Управление и инженерия этапами жизненного цикла» (доклады на английском языке), которая была проведена под одноименным названием «ICDQM-2014». В обзоре приведены: номер и структура докладов, зачитанных на конференциях, но рассматриваются исключительно статьи, авторами которых являются военнослужащие, представители Министерства Обороны Республики Сербия. Работы распределены по следующим секциям: военная инженерия, инженерия качества, инженерия надежности, промышленная инженерия, системная инженерия и энергоэффективность. Настоящий сборник является ведущим по количеству опубликованных статей, авторами которых являются военнослужащие, представители Министерства Обороны Республики Сербия.*

Ключевые слова: качество, надежность, военная инженерия дело, конференция, обзор.

17<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABILITY AND  
QUALITY MANAGEMENT ICDQM-2014 (PROCEEDINGS REVIEW)

FIELD: Management, Quality, Reliability, Computer Sciences,  
Information Technology  
ARTICLE TYPE: Review  
ARTICLE LANGUAGE: Serbian

*Summary:*

*The article presents the basic information about the overall results, significance, international programme committee and working areas of the 17<sup>th</sup> DQM International Conference on Dependability and Quality Management ICDQM 2014 and 5<sup>th</sup> DQM International Conference on Life Cycle Engineering and Management (papers printed in English), which was held under the same acronym ICDQM-2014. The number and structure of papers of both conferences are given, as well as a review of the papers presented only by the participants from the Armed forces and the Ministry of Defense of the Republic of Serbia in Sections: Military Engineering, Quality Engineering, Reliability Engineering, Industrial Engineering, Systems Engineering and Energy Efficiency. This year conference has had the highest number of papers from the participants from the Armed forces and the Ministry of Defense of the Republic of Serbia so far.*

*Key words: quality, reliability, military engineering, conference, review.*

---

Datum prijema članka / Paper received on: 13. 07. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on:  
30. 09. 2014.

САВРЕМЕНО НАОРУЖАЊЕ И ВОЈНА ОПРЕМА  
 MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT  
 СОВРЕМЕННОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

*Potpisan ugovor za opremanje evrofajtera AESA radarom kaptor E<sup>1</sup>*



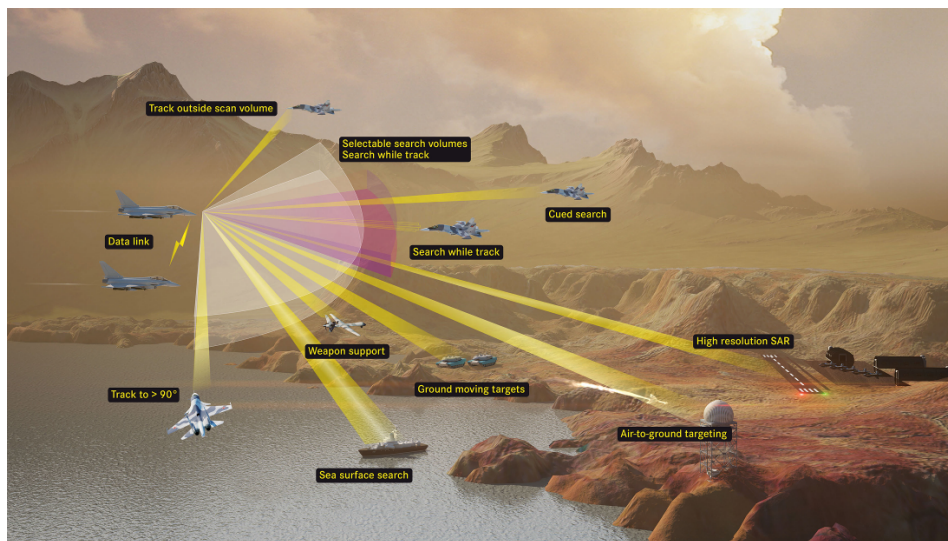
Ministri odbrane Nemačke, Španije, Italije i Velike Britanije prisustvovali su, 19. novembra 2014. godine u Edinburgu, potpisivanju ugovora između konzorcijuma Evrofajter (*Eurofighter Jagdflugzeug GmbH*) i Agencije NATO-a za upravljanje programima Evrofajter i Tornado (*NATO Eurofighter and Tornado Management Agency – NETMA*) za integraciju radara sa aktivnim elektronskim skeniranjem (AESA) kaptor e-sken (*Captor E-Scan*) na višenamenske borbene avione tipa evrofajter tajfun (*Eurofighter Typhoon*). Vrednost ugovora je milijardu evra, a nosilac proizvodnje je firma Evroradar (*Euroradar*).

Radar kaptor e-sken treba evrofajteru da obezbedi zadržavanje pozicije među savremenim borbenim avionima kroz značajno unapređenje borbenih sposobnosti. Novi radar namenjen je aparatima iz druge i treće partije (*Tranche 2*,

<sup>1</sup> <http://www.eurofighter.com/news-and-events/2014/11/eurofighter-and-netma-sign-one-billion-euro-radar-contract> [posećeno: 20.11.2014]



*Tranche 3*), uključujući i mogućnost modernizacije već proizvedenih evrofajtera iz ovih partija. U odnosu na prethodnika iz „porodice”, kaptor e-sken ima veću daljinu otkrivanja i praćenja ciljeva, napredne sposobnosti u režimu vazduh-zemlja (voda) i bolju zaštitu od elektronskog ometanja, zadržavajući arhitekturu prethodnika. Pokretna antena velikih dimenzija omogućila je da zona osmatranja (*Wide Field of Regard – WFoR*) ovog radara iznosi 200°, kao i veći broj primopredajnih modula.



S obzirom na aktuelne probleme sa trupom, održavanjem i raspoloživošću već isporučenih aviona, proizvođačima evro-lovca potpisivanje ovog ugovora ima i dodatni značaj, budući da su time ipak demonstrirali predanost programu u kojem je do sada već isporučeno 420 aparata za šest vazduhoplovstava, koji su od 2003. godine naleteli 268.000 časova. Pored toga, ne treba pominjati kolika je za države učesnice važnost četristo kompanija koje obezbeđuju preko 100.000 radnih mesta.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### *U planu palubna verzija višenamenskog borbenog aviona PAK-FA<sup>2</sup>*

Ruska ratna mornarica planira da za potrebe svoje mornaričke avijacije razvije palubnu verziju višenamenskog borbenog aviona nove generacije PAK-FA (T-50), saopštio je kontraadmiral Viktor Bursuk, zamenik glavnokomandujućeg Ratne mornarice za naoružanje.

<sup>2</sup>

[http://ria.ru/defense\\_safety/20141025/1030053844.html#14143197954703&message=resize&elto=register&action=addClass&value=registration#ixzz3HFKYpl2m](http://ria.ru/defense_safety/20141025/1030053844.html#14143197954703&message=resize&elto=register&action=addClass&value=registration#ixzz3HFKYpl2m) [posećeno: 20.11.2014]



Verzija Suhojevog novog višenamenskog aviona za ratno vazduhoplovstvo uveliko prolazi kroz letna ispitivanja, a prvi serijski primerci, prema sadašnjim planovima, očekuju se tokom 2016. godine. Mornarički PAK-FA koji bi zamenio postojeće palubne lovce Su-33 i lovce-bombardere MiG-29KR/KUBR, prema do sadašnjim izjavama, trebalo bi da uđe u naoružanje mornaričke avijacije posle 2030. godine, kada se očekuje i uvođenje u naoružanje novog nosača aviona.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### *Leteći automobil iz Slovačke<sup>3</sup>*

Iako ne spada u domen vazduhoplovne ratne tehnike, ambiciozni projekat koji dolazi iz Slovačke Republike raspaljuje maštu i svakako zaslužuje pažnju vazduhoplovnih stručnjaka i zaljubljenika u avijaciju. Iza oznake *AeroMobil 3.0* krije se najnoviji korak u razvoju ideje projektantskog tima prilično šarenolikog sastava koju razvijaju još od 1990. godine. Vođeni „proročkim” rečima Henrija Forda, izrečenim daleke 1940. godine, tim iz Bratislave pokušava da izgradi pravi leteći automobil i očekuju da je AeroMobil 3.0 upravo prevozno sredstvo koje će izazvati revoluciju u vazdušnom i drumskom saobraćaju.

<sup>3</sup> <http://aeromobil.com/> [posećeno: 21.11.2014]



Radi se o dvosedu, visokokrilcu sa promenljivom geometrijom krila, čeličnom „karoserijom” i oplatom od ugljeničnih kompozita. Dužina AeroMobila 3.0 iznosi 6.000 milimetara, širina trupa u automobilske konfiguraciji 2.240 milimetara, a razmah krila pri uglu strele krila  $\Phi=0^\circ$ , odnosno u „avionskom režimu”, iznosi 8.320 milimetara. Pogonsku grupu čini klipni četvorocilindarski, četvorotaktni motor sa vazdušno-vodenim hlađenjem tipa Rotax 912, snage 100 KS, austrijske proizvodnje koji se primenjuje na lakim avionima. Četvorokraka elisa smeštena je na repu vozila između dva vertikalna stabilizatora koji istovremeno služe za smeštaj zadnjih točkova. AeroMobil 3.0 kao vazduhoplov razvija maksimalnu brzinu od preko 200 km/h, a kao drumsko motorno vozilo više od 160 km/h. Minimalna brzina za vazduhoplov iznosi 60 km/h, a brzina poletanja 130 km/h. Dolet iznosi 700 kilometara, a radijus kretanja kopnenim putevima 875 kilometara. Potrošnja goriva u vazduhoplovnoj konfiguraciji iznosi 15 litara po času leta, a u automobilske 8 litara na 100 kilometara. Kao vazduhoplov, AeroMobil 3.0 može da se koristi kako sa poletno-sletnih staza sa veštačkim zastorom, tako i sa travnatih pista, pa i prethodno uređenih drugih površina dužine nekoliko stotina metara.

Prototip verzije 3.0 prvi put je prikazan javnosti u oktobru 2014. godine na festivalu pionira u austrijskoj prestonici Beču, a letna ispitivanja počela su neposredno nakon toga. Za sada se ne zna da li će i kada ovo interesantno prevozno sredstvo ući u proizvodnju i naći se na tržištu. Ako ovaj projekat zaista bude uspešno realizovan nije daleko ni trenutak kada će se početi razmišljati i o vojnoj upotrebi „letećeg automobila”, posebno za izvođenje specijalnih dejstava izviđačko-diverzantskog karaktera.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### Prvo sletanje F-35C na nosač aviona<sup>4</sup>



Početak novembra 2014. godine palubni višenamenski borbeni avion F-35C lajtnening II (*Lockheed Martin F-35C Lightning II*) izvršio je prvo sletanje na nosač aviona „Nimitz“ (*USS Nimitz – CVN 68*) uz primenu kuke i sajle za zaustavljanje (tzv. *arrested landing*). Planirano je da ispitivanja na nosaču „Nimitz“ traju dve sedmice.

Tokom prve nedelje na otvorenom moru, dva opitna F-35C izvela su 102 avio-poletanja uz primenu katapulte i 104 sletanja uz upotrebu zaustavne kuke. Pored toga, jedan od aviona izvršio je i prvi noćni let sa nosača.

Prema očekivanjima Ratne mornarice SAD, F-35C trebalo bi da postigne početnu operativnu raspoloživost (*initial operational capability – IOC*) između avgusta 2018. i februara 2019. godine, ako do tada eskadrila od deset aparata bude operativna, što podrazumeva osposobljenost ljustva i tehnike za izvršenje zadataka neposredne vatrene vazduhoplovne podrške kopnenim snagama, izolacije bojišta na taktičkoj i operativnoj dubini, izviđanja, lovačke pratnje jurišnih letelica, te defanzivnih i ofanzivnih lovačkih dejstava. S obzirom da druga dva vida oružanih snaga SAD očekuju da njihove varijante lajtneninga II postignu *IOC* do kraja 2016. godine, mornarička avijacija najverovatnije za svoje avione čeka novi avionski softver partije 3f (*Block 3F software*).

Mladen Tišma, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

<sup>4</sup> *IHS Jane's Defence Weekly*, Vol. 51(46), p.4.



*Kineski borbeni avion J-31 zvanično predstavljen javnosti<sup>5</sup>*



Tokom vazduhoplovne izložbe u Žuhaiju (*Zhuhai Airshow China 2014*), održane početkom novembra 2014. godine, svetskoj javnosti službeno je predstavljen novi kineski borbeni avion pete generacije J-31 falkon igl (*J-31 Falcon Eagle*), poznat i kao F-60. Avion je učestvovao u letačkom programu izložbe, te su strani analitičari i vojni predstavnici imali priliku da bolje ocene taktičko-tehničke karakteristike, pre svega letne performanse aviona na koji se na zapadu gleda kao na kineski odgovor na američki F-35, ali i prodor kineske vazduhoplovne industrije u oblast letelica sa smanjenim radarskim odrazom (*stealth*). Izvozna verzija, koja se reklamira kao višenamenski srednji borbeni avion četvrte generacije, nosiće oznaku FC-31, a pakistanski zvaničnici potvrdili su da ova zemlja pregovara sa Kinom oko kupovine trideset do četrdeset aviona ovog tipa za potrebe svog ratnog vazduhoplovstva.

Pored prvog prototipa, ev.br. 31001, koji je učestvovao u letačkom programu, u okviru izložbenog štanda SAC-a (*Shenyang Aviation Company*) prikazana je maketa FC-31 u razmeri 1:2, koja u odnosu na prototipsku letelicu ima turelu ispod trupa za smeštaj optoelektronskog i senzorskog sistema (*electro-optical and sensor system* – EOSS), što bi budućem avionu trebalo da omogući bolje sposobnosti u dejstvima po ciljevima na zemlji, odnosno vodi, čime bi opravdao svoju višenamensku ulogu. Procenjuje se da bombaluk, koji se pruža jednom

<sup>5</sup> <http://news.yahoo.com/china-shows-off-stealth-fighter-101940905.html> [posećeno: 20. 11. 2014]; <http://ria.ru/east/20141110/1032522061.html> [posećeno: 20.11.2014]; *IHS Jane's Defence Weekly*, Vol. 51(47), p. 6.

trećinom ukupne dužine letelice, ima ukupnu nosivost od 2.268 kilograma vazduhoplovnih ubojnih sredstava (VUbS), a za sada se ne zna da li će avion imati i spoljne nosače VUbS. Kada je reč o zmaju, prikazana maketa ne odudara od prototipa, izuzev manjih izmena na repnim površinama.

Istovremeno, predstavnici ruskog Rosobroneksporta na izložbi potvrdili su da će J-31 biti pogonjen motorima RD-93. Motori RD-93 predstavljaju dalji razvoj baznog motora RD-33 sa lovačkih aviona tipa MiG-29.

*Mladen Tišma, e-mail: mladen.tischma@t-online.de*

### *Embraer predstavio prototip transportnog aviona KC-390<sup>6</sup>*



Brazilski vazduhoplovni gigant Embraer predstavio je, krajem oktobra 2014. godine, prvi od dva prototipa novog srednjeg transportnog aviona KC-390.

Pogonsku grupu čine dva turboventilatorska motora IAE V2500-E5, svaki potiska 129 kN, kakvi se koriste i na civilnom putničkom avionu erbas A320. Kada su u pitanju dimenzije, raspon krila iznosi 35,05 m, ukupna dužina je 33,92 m, a visina 10,67 m. Masa praznog aviona iznosi 24.000 kg, a maksimalna masa u poletanju je 81.000 kg. Masa unutrašnjeg goriva iznosi 33.929 kg, a maksimalni koristan teret je 23.600 kg (odnosno 26 t kada je teret koncentrisan iznad težišta). Krstareća brzina iznosi 850 km/h ( $Ma=0,8$ ), a vrhunac leta 10.973 m. Maksimalni dolet u preletu iznosi 6.019 km, sa 13.335 kg tereta 4.815 km, a sa 23.600 kg tereta avion može da preleti 2.593 km.

Dimenzije teretnog prostora su: 17,75 m (dužina); 3,35 m (širina) i 2,9 m (visina). Avion KC-390 može da ponese 84 vojnika ili 66 padobranaca. U sanitet-

<sup>6</sup> IHS Jane's Defence Weekly, Vol. 51(44), p. 4, Arsenal, 2014(95), p. 14-17.

skoj varijanti kapacitet letelice je 74 nosila sa sanitetskim osobljem i potrebnom medicinskom opremom. U avionu ima mesta za tri vozila tipa HMMVW ili jedno oklopno vozilo točkaš VBTR-MR *Guarani* ili jedan helikopter UH-60 *Black Hawk* bez elisa glavnog rotora. Opterećenje repne utovarno-istovarne rampe ograničeno je na 4,5 tone.

Pored zadataka prevoženja ljudstva i materijalnih sredstava, svi KC-390 biće opremljeni i za ulogu aviona-cisterne. Manevar dopune drugih letelica gorivom izvodiće se pri brzinama od 220 km/h, na visinama ispod 3.000 m.

Prema već potpisanom ugovoru, za potrebe brazilskog ratnog vazduhoplovstva biće proizvedeno 28 aparata kojima će se, posle završetka svih letnih ispitivanja i remonta pridružiti i oba prototipa. Interes za nabavku KC-390 službeno su izrazile Kolumbija (12 aparata), Argentina (6), Čile (6), Portugal (6) i Češka Republika za dva aviona. Pored toga, predstavnici Angole, Azerbejdžana, Izraela, Južnoafričke Republike, Katara, Kazakshtana, Saudijske Arabije i Velike Britanije prisustvovali su predstavljanju prototipa javnosti, što, takođe, može biti znak interesovanja za nabavku aviona ovog tipa. Krug potencijalnih kupaca obuhvata i SAD, s obzirom na to da Boeing učestvuje u programu, i Švedsku od koje Brazil kupuje višenamenske borbene avione JAS 39.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

*Rusija razvija novi avaks pod oznakom A-100<sup>7</sup>*



Ruska Federacija krenula je u razvoj novog aviona za rano otkrivanje, upozoravanje i kontrolu iz vazdušnog prostora (takozvani avaks). Novi avion sa oznakom A-100 biće razvijen na bazi transportnog aviona Il-76MD-90A (poznat i

<sup>7</sup> <http://www.janes.com/article/46098/russia-to-develop-a-100-awacs-based-on-upgraded-il-76md-90a-airlifter> [posećeno: 27. novembar 2014]

kao Il-476), a trebalo bi da u ruskim vojno-vazduhoplovnim snagama (VVS) zameni flotu od dvadeset letelica A-50 (NATO kod: *Mainstay*). Prema izveštavanju medija, avion koji će poslužiti za izradu prototipa novog ruskog avaksa već je stigao u Vazduhoplovni naučno-tehnički kompleks „Berijev” u Taganrogu, na obalama Azovskog mora.

Za sada nema dostupnih detalja o projektu, ali se zna da će A-100 biti opremljen AESA radarom, a zapadni analitičari pretpostavljaju da se radi o radaru vega premijer (*REC Vega Premier*). Novi radar predstavlja ogromno unapređenje sposobnosti otkrivanja i praćenja, kako ciljeva u vazdušnom prostoru, tako i onih na kopnu. Pored toga, novi avion-platforma opremljen je novom avionikom što će kao rezultat imati i manji broj potrebne posade, a manja potrošnja goriva smanjuje troškove eksploatacije i obezbeđuje duže vreme trajanja leta.

U ovom trenutku nije poznato kada bi A-100 trebalo da uđe u proizvodnju, odnosno u naoružanje VVS, kao ni planirani broj aviona. Do sada su VVS Rusije naručile 39 transportnih aviona Il-76MD-90A, a ukupni planovi podrazumevaju stotinu aparata ovog tipa, pri čemu u taj broj najverovatnije ne ulaze i avaksi.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### *Poleteo prvi modernizovani bombarder Tu-160<sup>8</sup>*



Sredinom novembra 2014. godine poleteo je prvi modernizovani stratejski bombarder Tupoljev Tu-160. Prvi let unapređenog „belog labuda” trajao je jedan čas i četrdeset minuta.

<sup>8</sup> <http://www.janes.com/article/46087/russia-flies-first-radar-and-avionics-upgraded-tu-160-bomber> [posećeno: 27. novembar 2014]



Iako nisu objavljeni detalji, zna se da ovaj paket modernizacije najvećeg bombardera na svetu obuhvata ugradnju novog radara i bolje avionike. Pored toga, u toku je i program modernizacije VUbS kroz integraciju konvencionalnih sredstava, pre svega dvanaest krstarećih raketa dugog dometa tipa H-555 (NATO kod: AS-15 *Kent*) i laserski vođenih avio-bombi. Pored toga, radi se i na modernizaciji pogonske grupe, a očekuje se da ovi programi budu završeni do 2020. godine.

Flota od 16 aviona Tu-160 trebalo bi da ostane u naoružanju VVS Rusije do 2030. godine, kada se očekuje uvođenje u naoružanje bombardera nove generacije pod razvojnom oznakom PAK-DA. Do tada, sa doletom (bez dopune gorivom u vazduhu) od 12.297 km, maksimalnom brzinom od preko 1.800 km/h i impresivnom nosivošću VUbS od 40.000 kg, Tu-160 ostaje jedan od najrespektabilnijih aviona u naoružanju oružanih snaga Ruske Federacije.

*Mladen Tišma*, e-mail: mladen.tischma@t-online.de

*Iran izvršio uspešna letna ispitivanja bespilotne letelice nastale od američke RQ-170<sup>9</sup>*



Iranska državna televizija prenela je izjavu komandanta vazduhoplovstva elitne Revolucionarne garde, generala Amira Ali Hadžizadeha (*Amir Ali Hajizadeh*), da je uspešno obavljen opitni let iranske letelice nastale reverzibilnim inženjeringom iz Lokid-Martinove bespilotne letelice RQ-170 *Sentinel* zarobljene 2011. godine.

Prema navodima istog zvaničnika, Iran je spreman i za otvaranje proizvodne linije. Pojedini zapadni analitičari ocenili su da se radi o umanjenom modelu američke letelice, a ne replici istih dimenzija.

*Mladen Tišma*, e-mail: mladen.tischma@t-online.de

<sup>9</sup> <http://defenceradar.com/2014/11/10/iran-carries-successful-test-flight-of-reverse-engineered-rq-170/> [posećeno: 27. novembar 2014]; *IHS Jane's Defence Weekly*, Vol. 51(47), p. 3.

*Rusija i Kina zajednički razvijaju najveći  
i najsnažniji helikopter na svetu<sup>10</sup>*



Ruska Federacija i Narodna Republika Kina udružile su resurse u poduhvatu razvoja novog najvećeg transportnog helikoptera na svetu, „titule” koju sada drži Mil-ov Mi-26, ako izuzmemo, takođe, sovjetski V-12 koji je proizveden u dva prototipska primerka.

Novi teški transportni helikopter razvija se prema taktičko-tehničkim zahtevima koje je postavila kineska strana, a preliminarni nacrti očekuju se u prvom kvartalu 2015. godine.

Drugi detalji, za sada, nisu poznati.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

*Litvanci razvijaju novi VHF radar za rano upozoravanje<sup>11</sup>*

Litvanska kompanija Litak-Tak predstavila je na međunarodnom sajmu odbrambene industrije MSPO 2014, održanom u Kielcu u Poljskoj svoj najnoviji radar *Amber-1800*. Razvoj ovog radarskog sistema započeo je 2010. godine i sada se nalazi u prototipskoj fazi.

<sup>10</sup> <http://foxtrotalpha.jalopnik.com/china-russia-team-up-to-build-worlds-largest-most-po-1661471905> [posećeno: 27. novembar 2014]

<sup>11</sup> *IHS Jane's International Defence Review*, 2014, Vol. 47, p. 8; <http://www.litak-tak.eu/en/products/radars/amber-1800/> [posećeno: 27. novembar 2014]



Radi se o mobilnom, automatizovanom VHF radaru za vazdušno osmatranje koji radi u opsegu 140–180 MHz sa 200 radnih frekvencija sa pojačanjem od 200 kHz (uz tačnost od 10 kHz). Antenski element, visine 6 do 9 m, sastoji se od 24 modula raspoređena u dva reda. Brzina okretanja antene je šest okreta u minuti. U odnosu na cilj koji leti na visini od 330 stopa, odnosno oko 100 m, minimalni domet radara je 2,7 km, a maksimalna daljina otkrivanja 32 km. Kada je reč o cilju koji leti na visini od oko 500 m, maksimalni domet je između 60 i 70 km. Ciljeve koji lete na visinama preko 10.000 m radar otkriva na daljinama do 500 km. Radar ima tačnost od 180 m po daljini i  $0,4^\circ$  po azimutu, i rezoluciju od 1.100 m po daljini i  $6,5^\circ$  po azimutu. Vreme razmeštanja i dovođenje u operativno stanje iznosi 30 minuta, a za sklapanje i širenje antene potrebno je 20 minuta. Prema tvrdnjama proizvođača, radar može da izdrži vetar brzine 35 m/s i naslage leda na anteni debljine 10 mm. Litvanska kompanija sada traži partnera kako bi započeli serijsku proizvodnju ovog radarskog sistema.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### *Ukrajina razmatra licencnu proizvodnju aviona L-15<sup>12</sup>*

Ukrajina razmišlja o razvoju sopstvene verzije kineskog školsko-borbenog aviona L-15 sa ciljem obezbeđivanja sopstvenom ratnom vazduhoplovstvu jeftinog, a efikasnog borbenog aviona za vatrenu podršku.

<sup>12</sup> <http://www.janes.com/article/45753/airshow-china-2014-ukraine-considers-local-production-of-hongdu-l-15> [posećeno: 27. novembar 2014]



Prema toj ideji, koju su potvrdili predstavnici ukrajinske odbrambene industrije tokom vazduhoplovne izložbe *Airshow China 2014*, Ukrajina bi od Kine nabavljala gotove zmajevе (trup, krila, repne površine) u koje bi zatim ugrađivala sopstvenu avioniku, radar i sisteme naoružanja. Kao naročitu prednost L-15 u odnosu na neke druge avione slične kategorije, Ukrajinci ističu da ovaj avion koristi motor AI-222-25 ukrajinske proizvodnje.

*Mladen Tišma, e-mail: mladen.tischma@t-online.de*

***Nova protivradarska raketa za opremanje aviona PAK-FA ulazi u serijsku proizvodnju 2015. godine<sup>13</sup>***



Ruska korporacija TMC privodi kraju zvanična ispitivanja protivradarske rakete H-58UŠK koja je namenjena za lansiranje iz unutrašnjeg prostora za VUbS Suhojevog borbenog aviona nove generacije T-50, odnosno PAK-FA. Ispitivanja uključuju i opitna lansiranja rakete sa jednog od prototipova T-50.

Radi se o značajno unapređenoj verziji rakete H-58, posebno prilagođenoj smeštanju unutar trupa borbenog aviona. Zbog toga nova raketa ima sklopiva

<sup>13</sup> <http://www.janes.com/article/45773/airshow-china-2014-pak-fa-s-new-anti-radiation-missile-set-for-2015-series-production> [posećeno: 27. novembar 2014]



krila, a od prethodnika je kraća za 0,5 m, odnosno ima dužinu od 4,19 m. Razmah krila iznosi 0,8 m, a prečnik tela rakete je 0,38 m. Ipak, nova raketa moći će da se koristi i sa spoljnih podvesnih tačaka na avionima 4++ generacije, kakvi su MiG-35, Su-30KM, Su-34 i Su-35. Opremljena je savremenim širokopojasnim pasivnim radarskim tragačem, čime je obezbeđeno uspešno dejstvo protiv savremenih zemaljskih radara koji rade na frekvencijama 1,2 do 11 GHz. Projektil ima masu od 650 kg, od čega na bojevu glavu otpada 149 kg. Maksimalna brzina rakete H-58UŠK iznosi 4.200 km/h, a lansira se sa aviona koji leti brzinom od  $Ma=0,47$  do 1,5, sa visina od 20 do 20.000 m. Minimalni domet rakete iznosi 10 do 12 km, a maksimalni, zavisno od visine i brzine pri kojoj je lansirana, varira od 76 do 245 km. Verovatnoća pogotka iznosi 80% sa greškom do 20 m.

Mladen Tišma, e-mail: mladen.tischma@t-online.de

### SAD vrše konverziju televizijski vođenih maverika u laserski vođene rakete<sup>14</sup>



Ratna mornarica Sjedinjenih Američkih Država (*United States Navy – USN*) potpisala je sa kompanijom Raytheon (*Raytheon*) ugovor vredan 49,5 miliona američkih dolara za konverziju stokova starijih verzija poznate rakete vazduh-zemlja AGM-65 maverik (*AGM-65 Maverick*) sa televizijskim vođenjem (AGM-65A/B), kojima su naoružani i naši lovci-bombarderi tipa J-22 orao, u konfiguraciju AGM-65E2 sa laserskim vođenjem.

<sup>14</sup> <http://www.janes.com/article/42795/us-to-convert-older-mavericks-into-laser-guided-missiles-as-strikes-on-is-continue> [posećeno: 27. novembar 2014]



Prema ugovoru, do kraja januara 2017. godine trebalo bi da bude izvršena modifikacija 500 projektila. Na taj način, mornarička avijacija USN zadovoljila bi potrebe za ovom vrstom VUbS, posebno imajući u vidu da se maverici obimno koriste u dejstvima protiv terorističke „Islamske države” u Iraku i Siriji.

Na ovaj korak USN se odlučila posle odluke američkog ratnog vazduhoplovstva da ponovo u naoružanju svojih borbenih aviona koristi laserski vođene maverike, označene kao AGM-65L, s obzirom na pozitivna iskustva iz operacije „Iračka sloboda” (*Iraqi Freedom*) tokom koje su maverici demonstrirali svoju preciznost i relativno veliki domet u odnosu na brzopokretne ciljeve koji dejstvuju u urbanom okruženju. Zbog toga američki stručnjaci smatraju da je modernizovani maverik pravi izbor (*weapon of choice*) za trenutne sukobe u Iraku i Siriji. Pored toga, na odluku je uticala i pouzdanost raketa, budući da su i maverici kojima je istekao rok rada i bez remonta sposobni za bezbednu operativnu upotrebu.

Prema tvrdnjama predstavnika izvođača radova na modifikaciji, stepen modernizacije raketa je takav da se može govoriti o novoj raketi u starom „odelu”. Modifikovani maverici obezbediće potrebne rezerve precizno vođenih vazduhoplovnih ubojnih sredstava do uvođenja u naoružanje nove rakete vazduh-zemlja JAGM (*Joint Air-to-Ground Missile*) nakon 2016. godine.

Mladen Tišma, e-mail: mladen.tischma@t-online.de

Lokid Martin oprema lovce F-22 raketama AIM-9X<sup>15</sup>



Kompanija Lokid Martin (*Lockheed Martin*) zaključila je sa Sekretarijatom odbrane SAD (*U.S. Department of Defense*) ugovor vredan 33,4 miliona američkih dolara za opremanje lovačkih aviona pete generacije F-22 raptor (F-22 *Raptor*) IC-samonavodnim raketama vazduh-vazduh kratkog dometa tipa AIM-9X sajdvajnder (*Raytheon AIM-9X Sidewinder*).

Ugovor obuhvata modifikaciju 220 šinastih lansirnih uređaja za AIM-9, čime bi se omogućila upotreba poslednje verzije ove rakete i na avionima F-22. Inače, novi AIM-9X, u odnosu na prethodnike, ima novi upravljački odsek, fiksna krmila, redizajnirani sistem navođenja i novi IC tragač koji obezbeđuju upotrebu sa nišanom na pilotskoj kacigi JHMCS (*Joint Helmet-Mounted Cueing System*). Bojeva glava i raketni motor identični su onima sa prethodnih verzija ove rakete.

Očekuje se da posao bude završen do kraja februara 2017. godine.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

*Kina lansirala nove vojne satelite*<sup>16</sup>

Početakom septembra 2014. godine Kina je iz Centra za lansiranje veštačkih satelita u Taijuanu lansirala raketu *Long March-4B* koja je u kosmos ponela satelite *Yaogan-21* i *Tiantuo-2*.

<sup>15</sup> <http://www.janes.com/article/45114/lockheed-martin-to-upgrade-f-22-for-aim-9x-missile>  
[posećeno: 27. novembar 2014]

<sup>16</sup> *IHS Jane's Defence Weekly*, Vol. 51(41), p. 14.



Eksperimentalni satelit Tiantuo-2 projektovao je Nacionalni univerzitet odbrambene tehnologije (*National University of Defence Technology – NUDT*) za potrebe naučnih ogleda, istraživanja prirodnih bogatstava, procenu prinosa useva i pomoć u katastrofama. Strani analitičari smatraju da će satelit *Yaogan-21* biti korišćen za nadzor okeana.

Samo mesec dana ranije Kina je iz drugog svemirskog centra u Džiuokuanu pomoću rakete-nosača *Long March-4C* u orbitu lansirala satelit *Yaogan-20*. Pojedini izvori naveli su da su tom prilikom lansirana tri satelita.

*Mladen Tišma*, e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### *Ukrajina razvija nove projekte i tragače<sup>17</sup>*

Ukrajinska odbrambena industrija predstavila je na sajmu *AviaSvit* čitav niz poboljšanja u oblasti raketa vazduh-vazduh (v-v) i zemlja-vazduh (z-v).

Kompanija Artem, proizvođač poznate rakete v-v srednjeg dometa R-27 (NATO oznaka: *AA-10 Alamo*), prikazala je novu verziju IC-samovođene varijante ove rakete pod oznakom AR(ZR)-260T koja se od raketa iz familije R-27 vizuelno razlikuje, pre svega po odsustvu krmila u kanar konfiguraciji, umesto kojih se na samom kraju tela rakete, iza krila, nalaze male upravljačke površine i dvo-stepeni motor. Predstavnici Artema priznaju da je nova raketa mnogo manje pokretna od R-27, ali tvrde da ima značajno veći domet od nje. Međutim, bez potrebnih ispitivanja nije moguće dati precizniju procenu povećanja dometa, a tvrdnje proizvođača zasnivaju se na boljem kapacitetu ubrzanja. Raketa AR(ZR)-260T moći će da se koristi i kao raketa zemlja-vazduh. S obzirom na to da još ni-

<sup>17</sup> *IHS Jane's International Defence Review*, 2014, Vol. 47, p. 13.



je izabrana infracrvena glava za samovođenje (IC GSV) moguće su i druge izmene u projektu. Za sada, svoje IC GSV Artemu su ponudili tradicionalni kooperant Arsenal i „jedan evropski dobavljač”.



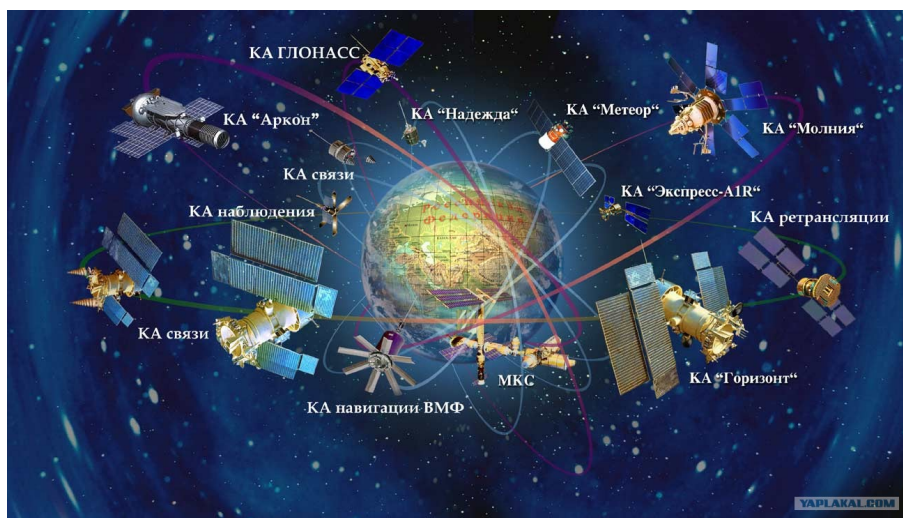
Pomenuti Arsenal predstavio je na istoj sajamskoj izložbi svoju novu IC GSV namenjenu za R-27, iz koje je razvijena i AR(ZR)-260T, pod oznakom A3-20. Novi proizvod zapravo predstavlja dalji razvoj A3-10, koji je predstavljen pre četiri godine. Ova IC GSV obezbeđuje raketi R-27 domet od 30 km, dok većina postojećih raketa sa infracrvenim samonavođenjem ima domet od 15 do 20 km. Model A3-20, kao i prethodni, ima dvobojni/dvopojasni srednjeta-lasni IC tragač, ali sa povećanim vidnim poljem sa 5x5° na više od 6x6°, te unapređenim procesnim modulima i optičkim sklopovima koji daju ugaonu brzinu auto-pretrage od 40° u sekundi. S obzirom na razvoj tehnologije i sve naprednije komponente, u kompaniji ne isključuju mogućnost da se za par godina ne pojavi i savremeniji A3-30.

Kijevski Radioniks (*Radionix*) takođe je predstavio asortiman različitih GSV za rakete klase v-v i z-v. Kao alternativa ruskom proizvodu 9B-1032 za rakete R-27P (NATO oznaka: AA-10 *Alamo-E*) prikazana je pasivno radarski samovođena GSV pod oznakom topaz (*Topaz*) koja, zavisno od meteoroloških uslova, obezbeđuje zahvat cilja na daljinama 70 do 110 km. Prema prospektu ova PR GSV ima masu od 16 kg, a vreme između otkaza iznosi 500 časova. Pored topaza, Radioniks je izložio i svog konkurenta ruskoj GSV AGAT 9B-1348 sa raketa v-v tipa R-77 (NATO oznaka: AA-12 *Adder*) pod oznakom oniks (*Onyx*). Raketa opremljena oniksom, prema tvrdnjama proizvođača, može da pređe do 60 km

pre zahvata cilja od strane GSV uz pomoć datalinka koji šalje radio-korektivni signal, a zatim da GSV otkrije cilj veličine lovca MiG-29 na daljini do 20 km. Ukrajinci računaju na postojeće korisnike familije raketa R-27 kao potencijalne kupce ovih proizvoda.

Mladen Tišma, e-mail: mladen.tischma@t-online.de

### Rusija razvija novu generaciju satelita za rano upozoravanje<sup>18</sup>



Ministar odbrane Ruske Federacije izjavio je, početkom oktobra 2014. godine, da ova zemlja kreće u razvoj novog unificiranog kosmičkog sistema za rano upozoravanje na lansiranje balističkih projektila.

Novi sistem prebalo bi da zameni postojeća sredstva koja datiraju iz vremena bivšeg Sovjetskog Saveza i uključivaće satelite nove generacije, modernizovane kontrolne položaje i savremene računarske mreže. Sistem za rano upozoravanje treba da otkriva sva lansiranja balističkih projektila, uključujući i one kratkog dometa, bez obzira na to da li se lansiraju sa zemlje ili sa podmornica, kao i da detektuje raketne probe u drugim zemljama. Lansiranje prvih satelita za rano upozoravanje u orbitu očekuje se tokom 2015. godine.

Dok novi sistem ne postane operativan, Snage vazdušno-kosmičke odbrane Ruske Federacije (*Во́йска воздушно-космической обороны*) oslanjaće se na mrežu zemaljskih radarskih sistema Voronjež-M/DM. Trenutno su operativni radari u Sankt Peterburgu i Armaviru, a obavljena su testiranja sistema u Irkutsku i Kalinjingradu. U toku je izgradnja položaja u Barnaulu, Orsku i Jenisejsku, a planiraju se i radari na ruskom Arktiku. Nakon prisajedinjenja Krima Ruskoj Federaciji započela je i modernizacija starog postrojenja za nadzor i kontrolu satelita u Jevapatoriji.

Mladen Tišma, e-mail: mladen.tischma@t-online.de

<sup>18</sup> IHS Jane's Defence Weekly, Vol. 51(42), p. 8.

## Visokoenergetsko lasersko oružje spremno za isplavljanje<sup>19</sup>



*Program američke ratne mornarice LaWS upotrebljava jeftinu tehnologiju fiberoptičkih lasera kao osnov za lasersko oružje koje bi bilo integrisano na postojeću platformu Phalanx*

Američka ratna mornarica po prvi put je na korak od uvođenja visokoenergetskog laserskog oružja u operativnu upotrebu, a nedavno je objavila planove za testiranje prototipa elektromagnetskog šinskog topa na plovilu.

O opremanju brodova laserima, pulsним energetskim sistemima i električnim oružjem u američkoj ratnoj mornarici govori se decenijama. Određeni broj vrlo atraktivnih teoretskih prednosti – skoro neiscrpna punjenja, jeftini projektili i brza isporuka na cilj – vodili su odbrambenu nauku i tehnološku zajednicu ka investiranju značajnih sredstava u dizajniranje, razvoj i demonstraciju relevantnih tehnologija. Ovaj proces doveo je do velikog broja publikacija i patenata, do određenog broja prototipa, čak i do postavljanja rekorda.

Međutim, dosada su se ova oružja pokazala vrlo kompleksnim i tehnološki vrlo izazovnim za proizvodnju. Nekako su se zakoni fizike nezgodno postavljali na putu naučnog progressa.

Pored toga, američka ratna mornarica ostala je verna fundamentalnoj nauci i pažljivim kanalisanjem istraživanja i alokacijom sredstava uspela da dođe do značajnih rezultata. Američka ratna mornarica je na putu da razvije svoj prvi operativni visokoenergetski laser (*HEL high-energy laser*). Takođe, je planirano postavljanje prvog elektromagnetnog šinskog topa na brod i to tokom 2016. godine.

Treba imati u vidu da se direktna energetska oružja, kao što su visokoenergetski laseri i mikrotalasi visoke snage nalaze u postupku istraživanja već četiri decenije. Na primer, program HEL započet je još davne 1971. godine, a na osnovu njega napravljeno je i testirano oružje snage jednog megavata, demonstrator visokoenergetskog lasera na bazi deuterijum-fluorida.

Priča se nastavlja tokom jula 2004. godine kada je uspostavljena komanda za pomorske sisteme (*Naval Sea Systems Command's NAV-SEA*) i u okviru nje programska kancelarija za direktna energetska i električna oružja (PMS 405).

<sup>19</sup> Jane's International Defence Review June 2014.

Ovaj potez dao je novi impuls razvoju tehnologije i nauke kojima je, ipak, s obzirom na to da su bila klasifikovana kao egzotična, trebalo nekih desetak godina da dođu do izražaja.

Tokom poslednje decenije, PMS 405 je služio mornarici kao fokusna tačka za tranziciju ka tehnologijama direktnog energetskog i električnog oružja od laboratorija do testiranja na moru.

#### *Privlačnosti lasera*

Visokoenergetska oružja nude mnoge povoljnosti u poređenju sa konvencionalnim topovima i navođenom municijom: svetlosna brzina isporuke projektila, skaliran efekat (od smrtonosnog do neškodljivog), vrlo visoka preciznost, ultrabrzo ponovno punjenje oružja i ogromni, odnosno obnovljivi magacini projektila, bezopasni za rukovanje, kao i umanjeње logističkih problema prisutnih kod standardnih eksplozivnih sredstava.

Iznad svega izuzetno je niska cena jednog projektila, odnosno ispaljivanja, mnogo manja od jednog dolara po ispaljivanju.

To bi bile prednosti visokoenergetskog lasera. Sa druge strane, izazovi postavljanja operativnog broskog laserskog oružnog sistema su duže vremena frustrirali fizičare i inženjere. Prvi od velikih izazova bio je prenos snage na cilj: lasersko oružje mora fokusirati visokoenergetski zrak na sitno i precizno definisano mesto na meti radi maksimalnog efekta. Međutim, s obzirom na veliki broj potencijalnih meta i količinu potrebne energije, variraju i daljine na kojima se mogu gađati mete.

Sama snaga uređaja nije jedini problem. Dolazi do termalnog rasipanja kada je ispaljen laserski zrak po istom pravcu tokom određenog perioda, jer zrak zagreva vazduh kroz koji prolazi, što utiče na njegovu disperziju i umanjeње fokusa. Nišanjeње je još teže s obzirom na složenu i dinamičku fizičku prirodu pomorskog okruženja.

Zatim, postoje mnoga pitanja u vezi s različitim integracionim platformama koje je potrebno razmotriti. Prvobitni ogromni prototipi morali su biti smanjeni radi smeštaja na manje platforme. Integracija visokoenergetskih lasera na ratne brodove takođe otvara nova pitanja u vezi s energetskim zahtevima, kao i pitanja upravljanja hlađenjem i disipacijom toplote.

Sredinom 2000-tih godina, laser slobodnih elektrona (*FEL Free Electron Laser*) predstavljao je najbolje dugoročno rešenje sa brodski HEL (visokoenergetski laser), jer bilo je moguće odgovarajuće podesiti talasnu dužinu laserskog zraka u smislu odgovarajućeg prodiranja kroz vazduh.

Na osnovu toga uspostavljen je program razvoja FEL, demonstratora snage od 100 kW sa radnom talasnom dužinom od 1,0–2,2  $\mu\text{m}$ . Kompanijama *Boeing* i *Raytheon* dodeljeni su tokom aprila 2009. godine 12-to mesečni ugovori radi obavljanja preliminarnih projektnih aktivnosti. Kompanija *Boeing* je tokom septembra 2010. prešla u drugu fazu projekta.

Nakon kompletiranja projekta FEL, pomenuta kompanija nastavila je sa radom na proizvodnji demonstratora snage 100 kW koji bi radio na tri talasne dužine. Međutim, kancelarija za pomorska istraživanja (*ONR Office of Naval Research*) prebacila je značajna sredstva za projekat lasera sa čvrstim jezgrom (*SSL Solid State Laser*).

Ovakva preraspodela sredstava odražava sazrelost tehnologije lasera sa čvrstim jezgrom, a time i veću mogućnost skorijeg uvođenja pristupačnog visokoenergetskog laserskog oružja u američku ratnu mornaricu. Ovaj ishod prepoznale su ONR i PMS 405.

Program SSL trenutno ima najveći prioritet u odnosu na druge naučne i tehnološke programe, jer nudi pristupačan odgovor skupim rešenjima odbrane protiv asimetričnih pretnji. Pristupačan u smislu da bi omogućio jedno ispaljivanje po ceni od jednog dolara.

Jedan od primera tehnoloških demonstratora ove tehnologije je pomorska laserska demonstracija (*MLD Maritime Laser Demonstration*) kojom je kompanija *Northrop Grumman* tokom aprila 2011. godine dokazala mogućnost SSL prototipa koji se nalazio na probnom plovilu da onesposobi malu ploveću metu. To je bio prvi put da je HEL sa takvim energetskim napajanjem mogao onesposobiti cilj u pomorskom okruženju.

Demonstracija MLD predstavljala je kulminaciju dvoipogodišnjeg rada projektovanja, razvoja, integracije i testiranja.

U međuvremenu, tokom marta 2007. godine, započet je rad na prototipu laserskog oružanog sistema (*LaWS Laser Weapon System*) zamišljenog kao energetski pandan postojećem topu *Mk 15 Phalanx* 20 mm, sistemu za blisku odbranu. *LaWS* bi koristio prednosti tehnologije komercijalnih fiberoptičkih tehnologija radi savladavanja jeftinih „asimetričnih” ciljeva kao što su male bespilotne letelice i brzi borbeni čamci.

Program *LaWS* je zamišljen kao osnova korišćenja jeftine laserske fiberoptičke tehnologije koja bi mogla biti integrisana u postojeća postolja *Phalanx*. Po tome masa ne bi smela prelaziti 1.200 do 1.500 kg, a pridodato oružje ne bi uticalo na postojeća rešenja u vezi s azimutom, elevacijom ili ubrzanjem.

#### *Energetska ograničenja*

Komercijalna fiberoptička tehnologija predstavlja rešenje koje obećava u okviru postojećih ograničenja. Iako SSL tehnologija poznaje ograničenja u pogledu napajanja, upotreba fiberoptičkih lasera dozvoljava upotrebu jeftine tehnologije, kao i upotrebu postojećih sistema.

Sledeći inicijalni period analiza, procene nivoa opasnosti identifikovanih pretnji, procena kritičnih komponenti, ekipa zadužena za razvoj *LaWS* je kompletirala projekat i napravila prototipni sistem. Radi postizanja dovoljne snage, a time i ubojitosti, ovaj tip oružja je zahtevao združivanje šest odvojenih fiberoptičkih lasera od po 5.4 kW radi postizanja dovoljnog nivoa ozračivanja cilja.

Radi umanjenja troškova, u okviru programa iskorišćen je postojeći hardver koji je već razvijen za druge svrhe. To podrazumeva L-3, postolja za praćenje, teleskop od 500 mm i infracrvene senzore visokih performansi. Neke komponente su pojedinačno nabavljene, kao što su fiberoptički laseri.

Tokom marta 2009. godine, sistem *LaWS* je (sa samo jednim integrisanim fiberoptičkim laserom) uništio minobacačke mine. Zatim, tokom juna iste godine prototip je pratio, zahvatio i uništio pet bespilotnih letelica u letu.

Sledeća serija od pet testova sprovedena je tokom maja 2010. godine u Kaliforniji, gde je *LaWS* uspešno uništio četiri bespilotne letelice u četiri navrata, tokom „borbenih” uslova na daljinama od jedne nautičke milje. Ovaj događaj



označen je od strane ONR kao prvi susret vrste „otkrij i napadni” „borbenih” ciljeva u pomorskom okruženju.

Međutim, tek je testiranje na raketnom razaraču klase DDG-51 USS *Dewey* (DDG 105) tokom jula 2012. godine ulilo poverenje američkoj ratnoj mornarici ka pokretanju ubrzanog razvojnog plana. Tokom testiranja na razaraču *Dewey*, sistem *LaWS* je (privremeno instaliran na brodskoj letnoj platformi) uništio tri bespilotne letelice, što je rezultiralo sa 12 uništenih letelica od 12 lansiranih.

Tokom aprila 2013. godine objavljeni su planovi za instaliranje sistema *LaWS*, sa oznakom AN/SEQ-3 (XN-1), na brod *USS Ponce*, koji je stacioniran u Golfu. AN/SEQ -3 biće razvijen u okviru „Sposobnosti za brzu reakciju”, što će omogućiti američkoj ratnoj mornarici evaluaciju tehnologije u operativnom okruženju. Eksperiment će voditi američka komanda za razvoj pomorskog ratovanja u saradnji sa komandom pete flote.

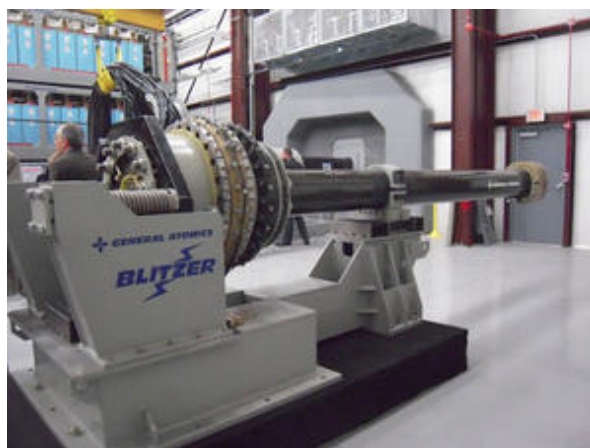
Američki kontraadmiral *Klunder* je, na simpozijumu u Arlingtonu, Virdžinija, tokom januara 2014. godine izjavio da će to predstavljati prvo operativno razvijanje oružja sa usmerenom energijom na svetu. On je dodao da je završeno konačno sklapanje sistema *LaWS*, a da se pomorsko testiranje očekuje tokom trećeg kvartala 2014. godine.

Usmerivač sistema *LaWS* biće montiran na vrhu mosta razarača *Ponce*. Sistem će biti potpuno integrisan sa brodskim postrojenjima, kao i sa brodskim borbenim sistemom i topovima za blisku odbranu.

*LaWS* je unapređen u smislu sposobnosti sistema za blisku odbranu tipa *Phalanx* koji prati i predaje mete laseru radi zahvata i nišanja. Ovim procesom na razaraču *Ponce* upravljace za to određen oficir.

Podaci prikupljeni sa testiranja na razaraču biće prosleđeni programu SSL TL (*Technology Maturation*), odnosno programu razvoja lasera sa čvrstim jezgrom. Ovaj program uspostavljen je 2012. godine, a njegov cilj je prikupljanje i upotreba podataka radi budućeg istraživanja i razvoja.

Odabrane su tri kompanije – *Northrop Grumman*, *BAE Systems* i *Raytheon* koje će razvijati projekat SSL TL. Koncept dizajna mora biti završen do kraja drugog kvartala 2014. godine, a zatim će ONR tokom sledeće godine odlučiti koji će od projekata biti odgovarajući za demonstraciju na moru.





Prva faza razvoja elektromagnetskog topa. Kompanije BAE Systems i General Atomics predale su svoje prototipove na testiranje i evaluaciju.

#### *Šinski top na moru*

Pored lasera, američka ratna mornarica razmatra i elektromagnetski šinski top kao još jedan oružani sistem koji bi potencijalno omogućio ispaljivanje projektila hipersoničnim brzinama na velikim daljinama, sa velikom preciznošću. Mornarički planeri razmatraju inicijalni radijus dejstva od 50 do 100 nautičkih milja koji bi kasnije trebalo da bude proširen na 220 milja.

Elektromagnetski šinski topovi prevazilaze ograničenja konvencionalnih topova (koji upotrebljavaju hemijske propulzive radi izbacivanja projektila kroz cev) i nude veći radijus dejstva, kraće vreme leta projektila i razoran učinak na meti. Upotrebljavajući vrlo snažno napajanje radi stvaranja jakog elektromagnetskog polja, pomorski elektromagnetni top bi mogao lansirati projektil brzinama koje bi se kretale i preko 7 maha. Projektil bi vrlo brzo izašao iz atmosfere, ponovo ulazeći i udarajući metu brzinom većom od 5 maha.

Program pomorskog elektromagnetskog šinskog topa INP uspostavio je ONR tokom 2005. godine, kao fokusnu tačku tehnološkim i naučnim naporima usmerenim ka izgradnji sistema koji bi ušao u operativnu upotrebu u periodu od 2030. do 2035. godine.

Faza 1 INP programa usmerena je na razvoj lansirne tehnologije sa odgovarajućim operativnim vekom, zatim na razvoj tehnologije pouzdanog pulsog pogona, kao i na umanjenje rizika po projektil. Kompanije *BAE systems* i *General Atomics* isporučile su svoje prototipove šinskih topova radi testiranja i evaluacije.

Decembra 2010. godine, u okviru faze 1, dostignut je cilj postizanja energije na ustima cevi od 32 MJ (megadžula), što znači da bi budući oružani sistem sa takvom energijom mogao lansirati projektil na daljinu od 100 nautičkih milja.

Kompanija *BAE systems* je, sredinom 2013. godine, dobila ugovor vredan 34.5 miliona dolara od strane ONR radi izvršavanja faze 2 programa INP, što je značilo da je stavljena ispred rivalske kompanije *General Atomics*. Faza 2 usmerena je ka napredovanju tehnologije na nivo koji je potreban za tranziciju ka programu lansera i pulsog napajanja potrebnog za višestruko ispaljivanje projektila. Tehnike za upravljanje toplotom, koje su potrebne za višestruko ispaljivanje projektila u dužem periodu, biće takođe razvijene za lanser i sisteme za pulsno napajanje. Inicijalni prototipovi biće isporučeni tokom ove godine i to od strane kompanije *BAE Systems* u saradnji sa kompanijama *IAP Research* i *SAIC*.

Pred kraj 2013. godine ONR je dodelio kompaniji *BAE Systems* odvojeni ugovor vredan 33,6 miliona dolara radi razvijanja i demonstracije projektila hipersoničnih brzina (*Hyper Velocity Projectile HVP*). HVP, opisan kao navođeni projektil sledeće generacije, biće modularni projektil kompatibilan sa elektromagnetskim topom, ali i sa postojećim artiljerijskim sistemima 127 i 155 mm.

Rad na inicijalnoj fazi ugovora za HVP završava se polovinom juna 2014. godine. Cilj je proizvodnja koncept dizajna i razvoj ka navođenim letnim probama. Razvoj će sprovesti kompanija *BAE Systems* u saradnji sa kompanijama *UTC Aerospace Systems* i *CAES*.

Projektil elektromagnetskog topa HVP težiće 10,4 kg i koštaće oko 25.000 dolara po komadu, što predstavlja stoti deo troškova postojećeg raketnog sistema.



Američka ratna mornarica planira demonstraciju šinskog elektromagnetnog topa na brodu *USNS Milinocket* tokom 2016. godine.

Tokom aprila 2014. godine, američka ratna mornarica je potvrdila planove za demonstraciju šinskog topa koji će se nalaziti na brodu klase *JHSV 3 (Joint High speed Vessel – plovilo velike brzine) USNS Milinocket* i to tokom 2016. godine.

Ova pomorska demonstracija podrazumevaće šinski top snage 20 MJ (biće izabran između prototipova kompanija *BAE Systems* i *General Atomics*) sa sposobnošću ispaljivanja jednog projektila (ovim topom je već ispaljeno nekoliko stotina projektila u pomorskom centru u mestu *Dahlgren*).

S obzirom na to da za potrebe demonstracije tokom 2016. godine šinski top neće biti integrisan na brodu *Milinocket*, neće biti potrebne ekstenzivne modifikacije samog broda.



Elektromagnetski top će se sastojati od pet elemenata: lansera, sistema za skladištenje energije, projektila visokih brzina i postolja topa.

Za potrebe demonstracije, postolje topa i lanser nalaziće se na letnoj palubi broda *Milinochet*, dok će magacin, sistem za punjenje projektila i napajanje (u vidu jednog broja velikih baterija) biti smešteni ispod palube, verovatno u konektnim modulima, u tovarnom prostoru.

Američka ratna mornarica namerava da tokom 2018. godine ponovo sprovede gađanja elektromagnetskim topom koji će se nalaziti na brodu. Potpuna integracija sistema na brodu očekuje se tokom 2018. godine.

Tokom paralelnog razvoja, američka pomorska laboratorija za istraživanje je početkom ove godine uvela u upotrebu novi mali šinski top (dijametra od jednog inča, 2,5 cm). Prvi hitac bio je ispaljen 7. marta 2014. godine. Razvijen, opet od strane ONR, mali šinski top je eksperimentalni sistem projektovan za ispaljivanje nekoliko projektila tokom jednog minuta sa mobilne platforme, upotrebljavajući tehnologiju naprednih baterija.

*Dragan Vučković*, e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

#### Produžetak resursa evropskih oklopnih borbenih vozila<sup>20</sup>

Evropske armije su radikalno srezale svoje flote teških oklopnih vozila, ponovno oblikovale svoje snage i spremile se za nove, promenjene operativne realnosti.

Do kraja 2014. godine, borbene operacije stranih snaga u Avganistanu biće završene i oklopna borbena vozila biće vraćena kući.

Kao rezultat toga, armije u Evropi rade na rebalansu svojih flota OBV, modernizujući stare OBV koji bivaju unapređeni na ključnim mestima po oklopu, menjajući pogonske agregate, povećavajući faktor mobilnosti i vatrene moći i tako im produžavajući operativni život.

Svi ovi programi uglavnom su usmereni na laka i srednja OBV, na točkaše i guseničare. Neke zemlje, kao što su Francuska i Italija, više se usredsređuju na točkaše zbog veće strateške mobilnosti i potencijalno manjih operativnih troškova održavanja. Sa druge strane, znatno su smanjeni brojevi tenkova, a programi njihove modernizacije stavljeni su van lista prioriteta i ostavljeni sa strane.

Kao rezultat svega toga nije neuobičajeno za evropske armije da operativno koriste vozila koja su projektovana i pre 35 godina. Ona su intenzivno modernizovana, ali će na kraju ipak morati biti zamenjena, jer osnovni dizajn vozila više ne prati današnje potrebe, a podsistemi su davno postali zastareli.

#### *Danski program*

Trenutno najveći projekat u Evropi predstavlja danski program zamene zastarele flote oklopnih transportera M 113. Danska je prvobitno odabrala osam vozila koji bi ispunili danske zahteve za 206 do 420 vozila. Međutim, od prvobitnih osam vozila vojska je testirala samo pet. U tom pogledu Danska je imala prilično otvoren pristup – u obzir su dolazili i točkaši i guseničari.

<sup>20</sup> Jane's International Defence Review June 2014

Razmatrane su dve varijante točkaša: 8X8 *Piranha 5*, kompanije *General Dynamics European Land Systems MOWAG* i *VBCL (Vehicule Blinde de Combat d'infanterie – oklopno vozilo pešadije)* kompanije *Nexter Systems*. Tri verzije guseničara bile su *ASKOD 2*, kompanije *General Dynamics European Land Systems*, *Santa Barbara Sistemas*, *Armadillo*, kompanije *BAE Systems Hagglunds* i *Protected Mission Modular Carrier G 5* (zaštićeni modularni transporter) kompanije *FFG Flensburger*.



*Danski M 113 sa rešetkastim oklopom*

Pored osnovne verzije OBV, Danska ima potrebu i za pet specijalizovanih vozila: ambulantno vozilo, komandno vozilo, inženjersko, samohodni minobacač, vozilo za izvlačenje i popravku. Testiranja su obavljena početkom 2013. godine i završena krajem iste godine. Ugovor je trebalo da bude dodeljen početkom ove godine, ali je to odloženo do polovine 2014. godine.

Kako je to jedno od vrlo retkih nadmetanja u vezi s nabavkom OBV, ulozi su vrlo visoki, naročito za vozila *Piranha 5* i *PMMC G5* kojima bi to predstavljalo prvi ugovor.

Danska vojska u svom sastavu već ima starije točkaše *8X8 Piranha III i Eagle IV* u verziji izviđačkog i komandnog vozila, kao i najnovije vozilo kompanije *BAE Systems Hagglunds* borbena vozilo pešadije CV9035DK.

### Francuski program OBV

Francuska vojska je tokom godina dobila ukupno 406 tenkova *Leclerc* kompanije *Nexter Systems* i 20 oklopnih vozila za izvlačenje.

Francuska flota tenkova *Leclerc* sada je redukovana, a jedan deo tenkova, pod uslovom da sredstva budu obezbeđena, biće modernizovan. Međutim, s obzirom na sadašnje planove, ne očekuje se početak ovog procesa pre kraja ove decenije

Dva prioriteta programa francuske vojske su *Engin Blinde de Reconnaissance et de Combat, EBRC*, (oklopno borbeno i izviđačko vozilo) i *Vehicule Blinde Multi Role VBMR* (višenamensko oklopno vozilo).

Tokom decembra 2013. godine podnet je zahtev za informacije u vezi EBRC i VBMR i očekuje se njegovo ispunjavanje ponudom kompanija *Nexter Systems, Renault Trucks Defense* (koja sada poseduje *Panhard Defense*) i *Thales*. EBRC je planiran kao zamena za oklopno vozilo AMX-10CR 6X6 i za oklopno vozilo *Panhard defense Sagaie* 6X6 sa topom 90 mm.



AMX-10RC 6X6 oklopno vozilo opremljeno kupolom T40M sa oružnom stanicom CTWS CTAI 40 mm i daljinski upravljanim mitraljezom 7.62 mm montiranim na krovu vozila

Zahtev se podnosi za 248 jedinica koje bi ušle u operativnu upotrebu tokom 2020. godine.

Očekuje se da će EBRC biti u konfiguraciji 6X6, sa dvočlanom kupolom, naoružanom sa CTWS (*Case Telescoped Weapon System* – kompaktnim teleskopskim oružanim sistemom) 40 mm i mitraljezom 7.62 mm. Oružani sistem CTWS je već određen za modifikaciju britanskog vozila *Warrior*, kao i za vozilo kompanije *General Dynamics UK Scout – Specialist Vehicle* – izviđačko specijalizovano vozilo).

Kupola može biti opremljena navođenim protivtenkovskim raketama, osposobljavajući vozilo za direktno i indirektno vatreno dejstvo.

Kompanija *Nexter Systems* već je napravila kupolu T40M za dva člana posade, opremljenu topom CTAI 40 mm i mitraljezom 7.62 mm montiranim na krovu. Kupola je instalirana na vozilo AMX-10 RC 6X6 kompanije *Nexter Systems* koje se trenutno nalazi na testiranju.

VBMR je predviđen kao zamena za VAB (*Vehicule de l'Avant Blinde* – jurišno oklopno vozilo) kompanije *Renault Trucks Defence* koje je ušlo u operativnu upotrebu, u francuskoj vojsci u periodu tokom 1976. i 1977. godine. Tokom godina isporučeno je 3.975 vozila za različite misije. VAB je nekoliko puta modernizovan, ali je danas ispod važećih standarda mobilnosti i zaštite, tako da ga je neophodno što pre zameniti.

Očekuje se da će VBMR biti vozilo u konfiguraciji 6X6 sa projektovanim cenom od jednog miliona evra bez dodatne opreme kao što su oružje, komunikacije, sistem za upravljanje bitkom i dodatni applique oklop.

Francuska generalna direkcija za naoružanje finansirala je kompanije *Renault Trucks Defense* i *Nexter Systems* radi dostavljanja demonstratora VBMR 6X6 i trenutno su testiranja u toku.

Rešenje kompanije *Renault Trucks Defense* zove se *BMX01*, a demonstrator kompanije *Nexter Systems* – *BMX02*. Kompanija *Renault Trucks Defense* kompletirala je prvih pet od deset vozila VAB Mk III 6X6.

Francuska vojska primiće isporuke 630 vozila VBC, a od toga: 520 u konfiguraciji BVP i 110 u konfiguraciji komandnog vozila. Konačne isporuke očekuju se tokom prvog kvartala 2015. godine.

Proizvodna linija za VBCI biće upotrebljena za modernizaciju nekih modela koje će omogućiti vozilu da sačuva svoje performanse sa težinom koja će dostići 32 tone kada bude opremljen dodatnim oklopom.



VCI IFV kompanije *Nexter Systems* francuske vojske. Kupola je opremljena komandirovim panoramskim sistemom za osmatranje, montiranom na krovu vozila.

Britanska vojska kasnije tokom godine takođe započinje testiranje vozila VBCI u okviru svog programa *Projected Utility Vehicle* – projektovanog višenamenskog vozila.

Francuska je takođe revitalizovala svoju flotu manjih oklopnih vozila i povodom toga je kompanija *Panhard Defense* do sada francuskoj vojsci isporučila 1.113 vozila *Petit Vehicule Protege* – malo zaštićeno vozilo.

Francuska vojska u svom sastavu ima i veliki broj izviđačkih vozila *Vehicule Blinde Leger* – lako oklopno vozilo (VBL) koje je proizvela kompanija *Panhard Defense*. Poslednje od ukupno 1.621 ovog vozila isporučeno 2011. godine. VBL je izvezen u najmanje 15 zemalja, a najteža varijanta vozila sa oznakom Mk 2, opremljena oružnom stanicom *Kongsberg Protector*, prodata je Kuvajtu.



*Modernizovani francuski VAB 4X4 opremljen applique pasivnim oklopom i oružnom stanicom Kongsberg Protector sa mitraljezom M2 HB kalibra .50*

Francuska vojska završila je prototip modernizovanog vozila i očekuje se da će modernizovati bar jedan deo svoje flote vozila VBL.

Francuska vojska primila je isporuku od 53 švedska terenska zglobna oklopna vozila, iako nije ispunjena opcija o ukupnoj kupovini od 129 vozila. Vojska je takođe primila isporuku od 15 zaštićenih vozila *Aravis* kompanije *Nexter Systems*, baziranih na šasiji vozila *Mercedes Benz Unimog 4X4*. Francuska vojska uvela je u upotrebu dodatak za čišćenje puteva od mina u Avganistanu koji se montira na pomenuti *Aravis*. *Aravis* je opremljen i oružnom stanicom *Kongsberg*, naoružanom mitraljezom kalibra .50 M2 HB.

#### *Modernizacija nemačke vojske<sup>21</sup>*

Nemačka vojska sprovodi dva programa vezana za BVP, kao i jedan broj programa modernizacije.

Flota tenkova *Leopard 2*, kompanije *Krauss-Maffei Wegmann*, vrlo je brzo umanjena sa 4.000 vozila na današnjih 225 tenkova *Leopard 2A6* i 125 tenkova *Leopard 2A5*, od kojih je većina prodana Poljskoj kao dodatak njihovim tenkovima *Leopard 2A4*.

<sup>21</sup> Jane's International Defence Review June 2014



Vojska će dobiti prvu seriju 20 modernizovanih tenkova *Leopard 2A7* – koji predstavljaju modernizovane verzije tenkova *Leopard 2*, a bili su u sastavu vojske Kraljevine Holandije. Nemačka vojska se nada da će u budućnosti stići još takvih tenkova, ali to zavisi od raspoloživih sredstava.

BVP *Marder I*, kompanije *Rheinmetall*, proizveden je još 1971. godine, a od tada je konstantno modernizovan, iako su i dalje ostali isti top 20 mm i 7.62 mm. BVP *Marder I* biće zamenjen sa BVP *Puma* iako je isporuka tog vozila pretrpela određena kašnjenja s obzirom na to da je prvi prototip izašao još 2005. godine. Nemačka vojska očekivala je isporuku 405 BVP *Puma* radi zamene svojih vozila *Marder I*, ali je do sada isporučeno samo 350 jedinica. Poslednje isporuke očekuju se 2020. godine.



Najnovije vozilo nemačke vojske *Boxer MRV* u konfiguraciji *A1*, u upotrebi u Avganistanu sa oružnom stanicom *FLW 2000* i mitraljezom *M2 HB* kalibra *.50*

Višenamensko oklopno vozilo *MultRole Armoured Vehicle – MRV Boxer 8X8* nalazi se u operativnoj upotrebi nemačkih snaga. Poručeno je ukupno 272 jedinice, od kojih su uglavnom sve već isporučene.

Neka od ovih vozila koja se nalaze u Avganistanu prepravljena su u konfiguraciju *A1*, što uključuje oružnu stanicu *FLW 2000* sa mitraljezom kalibra *M2 HB .50* na uzdignutom postolju.

Vojska Kraljevine Holandije primila je isporuku od 200 vozila *Boxer* u različitim konfiguracijama. Oni su identični nemačkim bokserima osim kada je u pitanju komunikaciona oprema i oružna stanica koja je tipa *Kongsberg*, ali naoružana istim tipom mitraljeza kalibra *.50*.

Nemačka vojska zadržaće veliki broj svojih oklopnih transportera *Fuch 1* u različitim varijantama, od kojih je veliki broj doveden do nivoa standarda *A8* koji predstavlja veliko poboljšanje kada je u pitanju preživljavanje.

Kada je u pitanju izvozno tržište, kompanija *Rheinmetall MAN Military Vehicles* razvila je najnoviji *Fuchs 2*, koji je u upotrebi u Ujedinjenim Emiratomima (32 jedinice u *NHB* konfiguraciji) i u Alžiru.



*Prvi norveški CV9030N sa oružnom stanicom Kongsberg Protector RWS montiranom na kupoli i naoružanom mitraljezom kalibra .50*

Nemačka vojska u svom sastavu ima i veliki broj zaštićenih vozila *Dingo* (*All-Protected Vehicle – APV*) i lako- oklopljenih vazdušnodesantnih vozila *Mungo*. Proizvedeno je preko 1.000 vozila *Dingo*.

*Dingo 1* ima posadu od pet ljudi, uključujući vozača. *Dingo 2* je nedavno proizveden, a zasnovan je na šasiji vozila *Unimog U-5000 4X4* i ima posadu od 8 ljudi, uključujući vozača.

Vozilo kompanije *GDELS-MOWAG Eagle III 4X4* odabrano je za potrebe nemačke vojske za zaštićeno komandno vozilo. Poručeno je skoro 500 vozila, a završni radovi biće sprovedeni u Nemačkoj.

#### *Italijansko investiranje u BVP*

Konzorcijum *Iveco Oto* isporučio je 200 tenkova *Ariete* i 200 BVP *Dardo* italijanskoj vojsci, koji će, ukoliko bude sredstava, biti modernizovani u budućnosti.

Takođe, isporučeno je i 400 samohodnih topova *Centauro* u konfiguraciji 8X8 sa topom 105 mm. Ova serija biće zamenjena modelom *Centauro 2 8X8* koji će biti naoružan topom 120 mm sa glatkom cevi.

BVP *Freccia* u konfiguraciji 8X8 ulazi u operativnu upotrebu u sve većem broju, zajedno sa specijalizovanim verzijama koje uključuju samohodni minobacač 120 mm, protivtenkovsku verziju, kao i komandno i izviđačko vozilo. Vojska je takođe primila prve serije vozila *Medium Protected Vehicle – MPV*, srednje zaštićeno vozilo u varijanti ambulantnog vozila, kao i vozila za čišćenje puteva od mina.

Italijanska vojska takođe uskoro dobija i poslednje vozilo *LMV (Light Multipurpose Vehicle MLV – lako višenamensko vozilo)* koje je inače prodato u devet zemalja.

#### *Norveška dobija poslednji CV9030N*

Norveška je izbacila iz operativne upotrebe svoje zastarele tenkove *Leopard 1* i zamenila ih sa 57 tenkova *Leopard 2*. Sva vozila za podršku ove serije, kao što su inženjersko vozilo, vozilo za izvlačenje, nosač mostova, biće zamenjeni onima na bazi tenka *Leopard 2*.

Norveška je bila prvi klijent koji je kupio vozilo CV90 kompanije *BAE Systems* i do sada je primljeno 104 jedinica CV9030N opremljenih kupolom naoružanom prvobitnim naoružanjem, odnosno topom 30 mm i mitraljezom 7.62 mm.

Na osnovu ugovora sa kompanijom *BAE Systems*, koji je sklopljen polovinom 2012. godine, Norveška će u budućnosti raspolagati flotom od 144 vozila CV9030N, što će podrazumevati mešavinu novih i modernizovanih vozila.

Prvi, novi CV9030N predat je norveškoj vojsci u februaru 2014. godine, a naoružan je najnovijim oružnim sistemom ATK 30 mm Mk 44, novim oklopom, digitalnom elektronikom, kamerama koje pokrivaju radijus od 360 stepeni, daljinski upravljanim oružnim sistemom *Protector* naoružanim mitraljezom kalibra .50 M2 HB montiranim na krovu kupole i gumenim gusenicama.

Kada tokom 2017. godine isporuke budu završene, flota CV9030N norveške vojske sastojće se od 74 BVP, 21 izviđačkim vozilom sa sensorima postavljenim na vrhu teleskopske šipke, 15 komandnih vozila, 16 inženjerskih i dva vozila za obuku.

Norveška je najveći korisnik vozila LMV, a prvobitni ugovor podrazumeva isporuku 108 vozila, dok je naredna tura od 62 vozila poručena tokom 2013. godine.

#### *Švedska uvodi novo oklopno borbena vozilo (OBV)*

Švedska vojska trebalo je da uvede u operativnu upotrebu SEP vozilo kompanije *BAE Systems Hagglunds*, ali je program poništen 2008. godine. To je primoralo švedsku vojsku da održi novo nadmetanje koje je dovelo do odabira vozila *Armoured Modular Vehicle – AMV*, oklopnog modularnog vozila *Patria*. Ugovor je podrazumevao inicijalnu isporuku 113 vozila sa opcijom druge tranše, takođe od 113 vozila. Sva vozila dolaze iz Finske, ali su opremljena švedskim pasivnim oklopnim sistemom koji je obezbedila kompanija *Akers Krutburk Protection AB*.

Vozila su, takođe, opremljena oružnim sistemom *Protector*, opremljenim mitraljezom M2 HB kalibra .50 koji predstavlja standard na većini švedskih OBV.



*Švedsko vozilo BvS 10 MkIIIB sa gumenim gusenicama*



Švedska takođe ima potrebu za novim zaštićenim terenskim vozilom. Nakon testiranja vozila *Bronco* kompanije *Singapore Technologies Kinetics* i švedskog *BvS 10 Mk II*, odabran je ovaj poslednji.

Prvih 48 *BvS 10 MkII* isporučeno je tokom 2013. godine. Druga tura od 102 vozila poručena je krajem 2013. godine, što će održati aktivnu proizvodnu liniju do 2015. godine.

Švedska je primila isporuku četiri verzije vozila *BvS 10 MkII* – transporter ljudstva, komandno vozilo, ambulantu i teretnu verziju.

Švedska vozila imaju malo višu liniju krova radi većeg korisnog prostora, a verzija transporter ljudstva opremljena je oružnom stanicom *Kongsberg Protector* naoružanom mitraljezom M2 kalibra .50 i prednjem vozilu i mitraljezom 7.62 mm na zadnjem delu.

Švedska vojska primila je isporuku 509 BVP CV9040 u raznim verzijama i 40 šasija za dvostruke minobacače 120 mm AMOS (*Advanced Mortar System* – napredni minobacački sistem) koji su uskladišteni s obzirom na to da se Švedska povukla iz programa. U međuvremenu očekuje se da će švedska vojska, u drugoj polovini 2014. godine, dodeliti ugovor kompaniji *BAE Systems Hagglunds* u vezi s modernizacijom 384 BVP CV9040.

Svi švedski BVP CV9040, osim specijalizovanih verzija, opremljeni su kupolom sa dva člana posade naoružanom topom *Bofors L70* 40 mm i koaksijalnim mitraljezom 7.62 mm.

Kompanija *BAE Systems Hagglunds* nastavila je rad na BVP CV90, što je rezultiralo vozilom CV9030 i CV9035 koja su uspešno prodana Danskoj, Finskoj, Holandiji, Norveškoj i Švajcarskoj.

#### *Velika Britanija još čeka*

Nakon mnogo godina neinvestiranja u svoju kopnenu flotu, Velika Britanija bi krajem ove decenije trebalo da dobije svoje toliko tražene OBV.

Preostala vozila porodice *Alvis Combat Vehicle* (guseničari), uključujući izviđačko vozilo *Scimitar* koje je ušlo u operativnu upotrebu britanske vojske još davne 1973. godine, biće zamenjena specijalizovanim izviđačkim vozilom kompanije *General Dynamics UK*.

Opitno vozilo izašlo je iz fabrike kompanije *GDELS Steyr Facility* koja se nalazi u Beču i trenutno je, u seriji testova, prešlo 10.000 km.

Nakon test-vozila sledi proizvodnja šest prototipova od kojih će tri biti u izviđačkoj verziji, opremljeni kupolom sa dva člana posade kompanije *Lockheed Martin UK*, naoružanoj topom *CTAI* 40 mm, koaksijalnim mitraljezom 7.62 mm, naprednim optroničkim sistemom, kao i sistemom za upravljanje vatrom kompanije *Thales UK*.

Sledeće tri verzije su: vozilo za opravke, vozilo za podršku i *PMRS (Protected Mobility Recce Support* – zaštićeno vozilo za podršku izviđanju).

Prva oklopna tela za vozila *Scout CV* isporučiće kompanija *GDELS – Santa Barbara Sistemas* koja se nalazi u Španiji, dok će vozilo biti sklapano u fabrici kompanije *Defence Support Group*, u Doningtonu u Velikoj Britaniji.

Drugi veliki program Velike Britanije je WCSP (program modernizacije OBV *Warrior*) u okviru kojeg je glavni ugovarač kompanija *Lockheed Martin*. Program modernizacije biće sproveden u prostorijama DSG, u Donningtonu. Program je vredan oko milijardu britanskih funti (oko 1,7 milijardi dolara), a sastoji se od ne-

koliko potprograma. Radi se o programu za unapređenje borbenih svojstava OBV *Warrior*, modularni zaštitni sistem OBV *Warrior* – koji će omogućiti opremanje OBV *Warrior* različitim paketima oklopa, mešavinom pasivnog i eksplozivno-reaktivnog oklopa i program unapređene elektronske arhitekture OBV *Warrior*, što će omogućiti modernizovanje OBV s razvojem tehnologija.

Program unapređenja borbenih svojstava uključuje modernizaciju, postojeće kupole sa dva člana posade i nestabilisanim topom 30 mm RARDEN, sa topom CTAI 40 mm, dok će ostati postojeći mitraljez 7.62 mm. Proizvedeno je 11 prototipova, uključujući komandnu verziju, verziju vozila za izvlačenje i popravku.

Nakon operativnog iskustva u Iraku i Avganistanu, Velika Britanija uložila je velika sredstva u seriju zaštićenih patrolnih vozila (*Protected Patrol Vehicles – PPV*).

Nakon raspisanog konkursa za zamenu *Land Rover* vozila, Velika Britanija odabrala je vozilo *Ocelot* kompanije *General Dynamics Land Systems (GDLS)*, koje je odmah preimenovano u *Foxhound*. Za sada su ugovori potpisani za 400 jedinica.



*Terrier – borbeno inženjersko vozilo*

Kraljevska inženjerija primila je poslednje tranše od 66 inženjerskih tenkovskih sistema (*Engineer Tank Systems – ETS*) koje se sastoje od 33 vozila *Trojan* i 33 nosača mostova *Titan*.

Kompanija *BAE Systems* će, u avgustu 2014. godine, isporučiti poslednje od poručenih 60 borbenih inženjerskih vozila *Terrier*.

Britanska vojska ima 386 tenkova *Challenger 2* kompanije *Vickers Systems* (sada *BAE Systems Combat Vehicles*), ali se očekuje da će samo 227 tenkova ostati u operativnoj službi. Prvobitno se očekivalo da će ovi tenkovi biti modernizovani u većem broju oblasti, uključujući i olučeni top L 55 120 mm kompanije *Rheinmetall*.

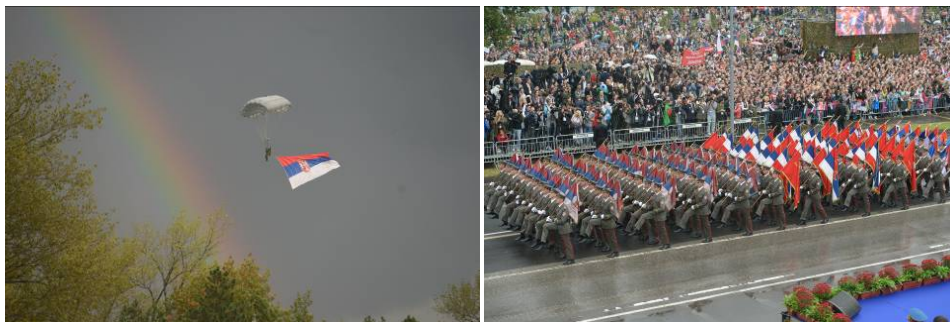
Od svega toga, ostatak tenkova *Challenger 2* proći će kroz program produženja životnog veka koji će biti koncentrisan na zamenu zastarelih podsistema, naročito u kupoli.

Dragan Vučković, e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

## Vojna parada „Korak pobednika“ – arsenal za pet dimenzija odbrane

### Šta parada govori o naoružanju i opremi Vojske Srbije

Nesumnjivo je da je vojna parada „Korak pobednika“, održana 16. oktobra 2014. godine u Beogradu, povodom sedam decenija od oslobođenja prestonice od fašističkih osvajača i stote godišnjice početka Prvog svetskog rata, predstavljala reprezentativan spoj ljudstva i tehnike u stroju koji je gazio jedinstvenim paradnim korakom. I ne samo to, parada je bila i referentni prikaz naših napora i dostignuća da se unapredi vojna organizacija, osavremeni novijom opremom i naoružanjem, predstavi uvežbanost u strojevima radnjama i nekim veštinama koje, posebno vizuelno, razlikuju Vojsku Srbije od drugih armija sveta.



Program je koncipiran tako da predstavi odlučnost i uvežbanost pripadnika Vojske, značajan deo vojne opreme i naoružanja kojim raspolaže, kao i mogućnosti osavremenjavanja i unapređenja savremenom tehnologijom, kako nabavkom tako i uz pomoć sopstvenih naučnoistraživačkih kapaciteta i vlastite privrede. Kako je to zaista reprezentativno video svaki posetilac ili gledalac pred ekranima TV, ova odlika može se preneti i na opštu uvežbanost u rukovanju naoružanjem i opremom i na borbenu osposobljenost. Iako je deo opreme i naoružanja koji je predstavljen bio prikazan i na paradi održanoj 9. maja 1985. godine u Beogradu, to ne znači da je reč o zastarelom ili neefikasnom oružju. Pre bi se moglo reći da je taj deo tehnike, koji je i delo naših vojnih stručnjaka i naših proizvodnih sposobnosti, nadživio svoj vek upotrebe i pokazao koliko su daleko u budućnost gledali naši konstruktori. I još jedan bitan detalj odražava predstavljanje vojnog potencijala naše zemlje. On je kompatibilan sa savremenim tehničkim i borbenim sredstvima treće i četvrte generacije, koja se uvode u naše jedinice. Isto tako upotrebljiv je i u svim dimenzijama savremenog ratovanja.

To nije samo naš recept, već model mnogih svetskih armija, koje zadržavaju i unapređuju oružje, oruđa i opremu, koja je i po nekoliko decenija prevazišla planirani vek upotrebe, ali ne i svoju funkcionalnost. Dakle, kad vojnu opremu i naoružanje predstavljeno na paradi „Korak pobednika“ posmatramo kao proces koji je tekao nekoliko desetina godina, treba imati u vidu da je naša zemlja prošla kroz veoma turbulentno vreme, koje je, nažalost, donelo mnoge nevolje i patnje građanima Srbije i okolnih država, a posebno Vojsci i njenom oficirskom kadru. Ali, to je

vreme pokazalo prednosti i mane mnogih borbenih sistema i utrlo pravce njihovog osavremenjavanja, unapređivanja, modernizacije ili projektovanja nove tehnike koja će adekvatno moći da zameni korišćenu, kada ona ode u „muzej večnosti”.

Svakako najupečatljiviji utisak sa parade jesu aplauzi okupljene publike, koja je na taj način pohvalila ne samo vojnike koji su, čvrsto stežući svoje lično naoružanje, defilovali jedinstvenim korakom, već i nastupe padobranaca, motorizovane i mehanizovane ešalone, brodove Rečne flotile, projekte naše industrije i Vojnotehničkog instituta, a posebno nastupe naše avijacije i ruskih aviona u akrobatskom delu programa.

#### *Kontinuitet razvoja Vojske Srbije*

Svega toga možda i ne bi bilo da nije postojao kontinuitet u viziji izgradnje naše oružane sile, da nije postojala solidna naučno-tehnička i stvaralačka osnova, kao i ideje projektovane za novo vreme i predviđanje, zasnovane na našoj tragičnoj epopeji borbe protiv vekovnih osvajača našeg balkanskog prostora. Možemo reći i to da je parada „Korak pobednika” bila naša projekcija želja i mogućnosti za unapređenje sopstvenih oružanih snaga, i način da se odupiremo svim onim nepovoljnim okolnostima, koje nastoje da umanje našu nepokolebljivost i veru u sebe, sopstvene intelektualne i druge snage.

Pred visokim zvanicama prodefilovalo je 330 sredstava ratne tehnike (vozila i oruđa), 40 aviona i helikoptera i 14 brodova i patrolnih čamaca. Defile Rečne flotile mogao se pratiti na video bilmovima. Angažovano je više od 300 različitih pokretnih sredstava naoružanja i vojne opreme. Oko 3.500 vojnika i starešina učestvovalo je u paradi, na čelu sa načelnikom Generalštaba VS general-pukovnikom Ljubišom Dikovićem, u ulozi komandanta parade.

Kada je, pre više od desetak godina, koncipiran model vojske za 21. vek, bio je to pokušaj da se osavremeni naoružanje, oprema i celokupna struktura oružanih snaga. Model je podrazumevao profesionalnu vojsku, manju i efikasniju.<sup>22</sup> Proces, koji je još 2005. godine nazvan „Transformacija Vojske” predstavljao je ozbiljan i zahtevan posao – stvaranje nove, skladno dimenzionirane, profesionalne Vojske, sposobne da izvrši dodeljene zadatke, koja odgovara potrebama i mogućnostima države. O tome kakva i kolika vojska nam treba odlučivale su najviše državne institucije, s obzirom na to da je reč o nacionalnom projektu i interesu. Vojska Srbije izradila je viziju razvoja, kako bi se planski mogla osavremenjavati i menjati organizacionu strukturu. Uz mnoge projekte osavremenjavanja, unapređivanja i poboljšanja efikasnosti zacrtan je i „Model informacionog sistema za komandovanje” (MAISKO), koji je predviđao vezu optičkim kablovima do komandnog centra u Generalštabu, gde su se nalazili monitori i računari za održavanje neposredne veze sa starešinama jedinica na terenu, u realnom vremenu. Bio je to projekat u duhu savremenog vremena.

<sup>22</sup> Intervju general-majora Petra Radojčića, načelnika Uprave za ljudske resurse GŠ VS magazini „Odbrana”, 05.12.2008, Vojska Srbije, Zvanični veb sajt: [http://www.vs.rs/index.php?interview\\_article=bf2418e4-13f8-102c-b4f2-00199927eaa8](http://www.vs.rs/index.php?interview_article=bf2418e4-13f8-102c-b4f2-00199927eaa8)

Mnogo toga projektovanog se promenilo, ostalo i na papiru, jer je savremeni razvoj zahtevao i veća novčana ulaganja. Kada je 2011. godine koncipiran „Model opremanja vojnika pešadije M21”, to je označilo ostvarivanje osnovne ideje da će se nastaviti sa optimizacijom vojne organizacije kako bi se obezbedila efektivnost i efikasnost u funkcionisanju.<sup>23</sup> Od 2011. do 2015. godine prioritetni zadaci daljeg razvoja organizacije su dogradnja postojeće organizacione strukture Vojske Srbije, optimizacija broja nivoa komandovanja – rukovođenja i precizno utvrđivanje nadležnosti svih organizacionih celina, prema našim mogućnostima i potrebama.

#### *Pogled na paradu*

Vredni pažnje bili su „hameri”, „defenderi”, puške M-21 i avioni „laste”, borbena tehnička sredstva i druga oprema, po kojima se sadašnja vojska vizuelno razlikuje od armije koja je ostala u sećanju starijih generacija. Bila su tu i protivoklopna borbena vozila „POLO” M-83 sa vođenim raketama „maljutka”. Prikazani su skoro svi oružani sistemi naše armije.

Upoređivanje sa paradom održanom 9. maja 1985. godine u Beogradu bilo je neminovno, jer taj defile je poslednji ostao u sećanju. Za nove generacije to je bio prvi susret sa vozilima „puh”, „pinc gauer”, borbenim vozilima – oklopnim transporterima BMP-80 i 80A, „bov”, tenkovima M-84, raketnim sistemom „neva”, avionima „mig-21”, „orao” i helikopterima Mi-8. „Migovi 29”, koji su učestvovali u paradi, uvedeni su u JNA nešto kasnije, a njihovi piloti ušli su u istoriju braneci zemlju tokom agresije NATO-a 1999. godine. Da je modernizovan tip tog aviona i dalje perspektivan, pokazao je nastup ruske akrobatske avio-grupe „Striži”. Mladim i starijim generacijama nove su bile i maskirne uniforme sa takozvanom digitalnom šarom.

„Migovi” i avioni „lasta”, koji su uveličali doživljaj preletajući paradu, od izuzetnog su značaja za Srbiju. U toku je procedura uvođenja aviona „lasta” u operativnu upotrebu. Reč je o najsloženijem proizvodu koji se izrađuje u Srbiji. „Lasta” praktično održava domaće vazduhoplovno inženjerstvo, a uz to pruža mogućnosti prodaje u inostranstvu. Ovaj laki klipni avion namenjen je obuci pilota, a stručnjaci Vojnotehničkog instituta imaju razvijene i druge verzije, kao što je i borbena.

#### EŠALONI

Motorizovani ešalon sastavljen je bio od 14 podešalona različitih borbenih sistema, kao i vojnih i borbenih vozila – tenkova, vozila specijalne namene za izviđanje i za vezu, artiljerijskih oruđa. Predstavljani su samohodni višecelni lanser raketa „oganj”, top-haubica „nora”, tenkovi M-84, raketni sistemi „neva” i „kub”, protivavionski topovi „bofors”.

Vazduhoplovni ešalon sačinjavali su helikopteri tipa „gazela”, M-8 i M-17, lovačko-bombarderska avijacija – avioni „mig 21” i „mig 29”, „orao”, „supergaleb” i transportni avion „An-26”. Piloti aviona i helikoptera Vojske Srbije priredili su svojevrсни defile u vazduhu, uz demonstriranje visokog umeća.

U ešalonu Rečne flotile nalazilo se 14 brodova, desantno-jurišni čamci, minolovci, brod posebne namene „Kozara”, patrolni čamci i rečni brod posebne namene „36 Šabac”.

Građani su izgleda nostalgični, pa su aplauzom pozdravili vojnike na dobrovoljnom služenju vojnog roka, koji su se vozili u amfibijama.

<sup>23</sup> Intervju načelnika uprave za planiranje i razvoj, 15.09.2012, Vojska Srbije, Zvanični veb sajt: [http://www.vs.rs/index.php?news\\_article=a833165a-5475-1030-a9c1-000c29270931](http://www.vs.rs/index.php?news_article=a833165a-5475-1030-a9c1-000c29270931)



Da našim konstruktorima ne nedostaje ideja, videlo se u defileu eksperimentalnih vozila i oruđa. Impresivno deluju samohodne haubice „nora B-52” i „sora”, modularni višecetni raketni sistem „morava”, oklopno vozilo „BOV M-11”, kao i bespilotna letelica „pegaz”. Iako još nijedno od ovih sredstava nije u upotrebi u Vojsci Srbije, njihovo predstavljanje može značiti da su prošla sva opitna ispitivanja i pokazala svoje kvalitete, što ih nesumljivo opredeljuje za najpogodnija nova borbena i neborbena sredstva u našoj vojsci.

Nalet letačke akrobatske grupe „Striži” iz Rusije predstavljao je posebno iznenađenje. Piloti četiri aviona prikazali su vrhunske sposobnosti, kreirajući razne formacije u vazduhu, što je oduševilo građane, isto kao i samostalni let na petom avionu „Striži”. Za građane je bio zanimljiv i prikaz padobranskog desanta koji je izvelo 30 padobranaca.

U komentarima i obaveštenjima u štampi i medijima jednoglasna je ocena da se po uniformama i tehnici videlo da je Vojska Srbije moderna armija.<sup>24</sup>

#### *Model opremanja vojnika pešadije 21. veka*

„Zastavina” automatska puška M21, sa potcevnim bacačem granata, koja koristi municiju kalibra 5,56 milimetara, savremeni šlemovi i pancirni prsluci, nova maskirna uniforma – deo su opreme koju poslednjih godina zadužuju pripadnici Vojske Srbije. Plan je da do 2020. godine novi kompleti naoružanja i sredstava uđu u sve jedinice VS. Reč je o projektu „Model opremanja vojnika pešadije 21. veka”, koji čine četiri vrste sredstava, a imaće ih svaki pešadinac naše vojske. To su nove uniforme za „vojnika 21. veka” sa digitalnom šarom M10, što je, u stvari, digitalni maskirni dezen. Uniforme proizvodi ih fabrika „Jumko” iz Vranja.



Borbene sisteme čini 26 komponenti, među kojima je naoružanje, sistem za upravljanje vatrom, kao i sredstva za preživljavanje na bojištu i obezbeđenje autonomije. To podrazumeva balističku zaštitu, optičke i optoelektronske nišane, uređaje veze i sredstva za ABH zaštitu. Vojnici nose deo opreme i rezervnu pušчанu municiju i projektele za potcevne bacače granata u novom modularnom rancu. Model opremanja zamišljen je tako da vojniku maksimalno smanji moguća opterećenja u borbenim uslovima, omogućujući pokretljivost, izdržljivost i borbenu

<sup>24</sup> Nikolić: Za paradu ocena – odlično, „Na opšte zadovoljstvo svih gradana Republike Srbije, pripadnici VS su pokazali da Srbija ima snažnu, odvažnu i modernu vojsku, čije pripadnike krasi čvrstina, odlučnost i odanost otadžbini.”, 17.10.2014 TANJUG  
<http://www.tanjug.rs/novosti/149571/nikolic--za-paradu-ocena---odlicno.htm>

efikasnost. Ova sredstva razvijena su u Srbiji i gotovo sva se proizvode u domaćim fabrikama. Novu opremu prvi su zadužili vojnici i oficiri koji obezbeđuju administrativnu liniju sa Kosovom i Metohijom, kao i jedinice predviđene za upućivanje u multinacionalne operacije. Uprkos krizi, Vojska Srbije snabdevena je sa 80 odsto sredstava predviđenih modelom opremanja, rečeno je na konferenciji za medije u Ministarstvu odbrane, pred paradu. Sva sredstva su već razvijena, ali pojedina se dodatno usavršavaju kako bi se unapredio kvalitet i efikasnost. Radi se, pre svega, o osavremenjivanju optoelektronskih sredstava, usavršavanju balističke zaštite i proširenju familije municije 40 mm.

### *Jurišna puška M21*

Kragujevačka fabrika „Zastava Arms“ i Uprava pešadije Generalštaba Srbije još su 26. septembra 2001. godine široj javnosti predstavili prototip puške 5,56 mm M21. Ta puška razvijana je kao osnovni podsistem naoružanja u okviru projekta Model NVO vojnika pešadije<sup>25</sup>. Uprava pešadije GŠ je još 1997. godine koncipirala i, u skladu sa savremenim kretanjima u razvoju naoružanja i vojne opreme za vojnike 21. veka, ali i u duhu predstojećih integracionih procesa na ovim prostorima, počela da realizuje novi model. To je bio jedan od prvih koraka ka uklapanju u program „Partnerstvo za mir“ i, u skladu sa tim, razvoja domaćeg programa po uzoru na NATO studijski projekat CRISAT (Collaborative Research Into Small Arms Tehnology) iz 1990<sup>26</sup>. CRISAT se zasnivao na Glavnom američkom planu za razvoj ručnog vatrenog oružja (Small Arms Master Plan, SAMP). SAMP je razbijen na podgrupe individualnog (OICW), kolektivnog (OCSW) i oružja za ličnu odbranu (OPDW odnosno OPW). Opredeljenje za unifikovano pešadijsko oružje na našim prostorima usklađeno je sa STANAG No.4172 od 1. februara 1982. godine.

Puška M21 prvi put je predstavljena javnosti avgusta 2004. godine, a 29. aprila 2004. zvanično je uvršćena u naoružanje Vojske SCG. U nameri da pripadnike vojske SCG i drugih bezbednosnih

#### Najvažnije karakteristike puške M21:

- ergonomski konstruisana, savršeno izbalansirana,
- blagi trzaj,
- laka i kompaktna,
- efikasan i visoko pouzdan sistem bravljenja,
- pouzdan i bezbedan tip mehanizma za okidanje,
- hladno kovana cev, koja omogućava veliku preciznost,
- polimerski kundak sa mogućnošću brze izmene položaja,
- okvir izrađen od visokokvalitetnog polimera,
- izrađena od najkvalitetnijih sirovina,
- ugrađena „Picatinny“ šina, koja omogućava montažu svih optičkih sprava koje odgovaraju NATO standardu

<sup>25</sup> U februaru 2008. godine, na sednici Vojnog saveta Vojske Srbije, doneta je odluka o usvajanju nulte serije automatskih pušaka M21 i dozvoljen prelazak na serijsku proizvodnju. Odluku za serijsku proizvodnju AP M21 fabrika je dobila 26. avgusta. <http://www.zastava-arms.rs/sr/imagetext/1992>

<sup>26</sup> Study „NATO Infantry Weapons Standardization“, CRISAT - Weapons & Sensors Working Group Land Capability Group 1 - Dismounted Soldier, NATO Army Armaments Group <http://www.dtic.mil/ndia/2008Intl/Arvidsson.pdf>

službi, opreme adekvatnim oružijem – automatskom puškom, stručnjaci „Zastave” su, u saradnji sa drugim relevantnim institucijama i službama, pristupili izradi projekta pod popularnim nazivom „Oružje za 21. vek“, što je dovelo do naziva puške – M21.

„Zastava” je automatsku pušku u kalibru 5,56 mm (modifikovana verzija serije M70) pre toga proizvela i ponudila Vojsci i MUP-u, a delom opremila neke sastave i jedinice. U odnosu na to oružje, model M21 je potpuno nova verzija puške, dok je sanduk puške sa unutrašnjim mehanizmom preuzet od ranijeg modela u istom kalibru.

Potreba za novom puškom nastala je kao posledica, savremenih trendova u ratnoj teoriji i taktici, pošto su vojni stručnjaci još mnogo pre izračunali da za menom kalibra (dimenzija i težine metka) omogućavaju vojniku da sa istom težinom ponese veći broj metaka i time poveća svoju vatrenu moć.

Montaža potcevnog bacača granata kal. 40 mm brza je i jednostavna. Gumeni potkov koji se montira na kundak i koji je sastavni deo kompleta omogućava udobnije gađanje kada se koristi bacač granata. Skrivač plamena umanjuje mogućnost da se uoči strelac. U isto vreme, on ima funkciju stabilizatora oružja tokom gađanja.

Opcione karakteristike	
Kalibar (mm)	5,56
Masa (kg) oružje	3,85
Okvir od 30 metaka, prazan	0,185
Dužina (mm) oružje	925
Cev	375
Mehaničke karakteristike	
Način paljbe	poluautomatska i automatska
Specifičnost paljbe	ograničeni kontrolisani rafal od tri hica
Princip rada	pozajmica barutnih gasova
Sistem bravljenja	rotirajući zatvarač
Brzina paljbe (met/min)	560–680
Početna brzina (m/s)	914
Maksimalni efektivni domet (m)	500
Bacač granata	
Kalibar (mm)	40
Masa (kg)	1,5
Ukupna dužina (mm)	323
Dužina cevi (mm)	120
Početna brzina (m/s)	76
Maksimalni efektivni domet(m)	400
Radius ubojnog dejstva (m)	20
Nišanjenje (m)	50–400
– direktno	200–350
– indirektno	
Cev	Kovana, hromirana iznutra, omogućava veliku preciznost



<b>Prateći pribor</b>	Nož sa nožnicom
	Pojačnik trzaja za manevarsku municiju
	Pribor za čišćenje
	Šipka za čišćenje
	Kantica za ulje
	Remnik
	4 rezervna okvira kapaciteta 30 metaka

Komplet podcevnog bacača granata kalibra 40 mm sačinjavaju: Gumeni potkov, četkica za čišćenje, torbica za municiju i futrola.

#### *Vozila i oklopni transporteri*

Od 2012. godine Vojska se oprema uglavnom kod domaćih proizvođača. Međutim, od inostranih borbenih sredstava neophodni su avioni, savremeni sistemi PVO i borbeni točkaši. Kao pomoć u opremanju, iz SAD je dobijen kontingent višenamenskih vozila „hamer” (HUMWE<sup>27</sup>). Ta terenska vozila ušla su u opremu Specijalne brigade u Pančevu, 31. bataljona Treće brigade Kopnene vojske Srbije u Zaječaru, a deo je predat bazi Jug kod Bujanovca. Namera je da se ta vozila koriste i u mirovnim operacijama pod okriljem UN. Sjedinjene Države ukupno su donirale 21 vozilo tog tipa. Ono je konstruisano u kompaniji „AM General”, a namenjeno je za prevoz sofisticiranih sredstava za komunikaciju i različitih vrsta naoružanja. U planu je da se narednih godina u vozilo ugradi i robotizovana tehnologija za autonomno ili daljinsko upravljanje, sistemi za daljinsko detektovanje protivtenkovskih i drugih mina i improviziranih eksplozivnih naprava u zahvatu puta. Vozilo je razvijeno u više modela, specifične namene, kako za kopnenu vojsku, korpus momaričke pešadije, specijalne i intervencionističke jedinice i komande strukture.



U ešalonu su bila i vozila kompanije „Landrover” nazvana „defender”,<sup>28</sup> sa pogonom na sva četiri točka i centralnim diferencijalom, što omogućava kretanje po različitoj konfiguraciji terena.

<sup>27</sup> <http://www.amgeneral.com/vehicles/hmmwv/> , COMPANY INFORMATION, VEHICLES & COMPONENTS, PARTS & LOGISTICS

<sup>28</sup> <http://www.landrover.com/vehicles/defender/index.html>

Naš proizvod je borbeno motorno vozilo pešadije, oklopni transporter BMP M-80 i 80A,<sup>29</sup> o kojem je mnogo pisano i koje je provereno na vežbama i u borbenim aktivnostima naše vojske na ratom zahvaćenim prostorima prethodne Jugoslavije i tokom agresije NATO-a na našu zemlju. To vozilo ima osnovnu konfiguraciju koja je prilagođena, kako za prevoz pešadije, za komandno i vozilo za vezu, u inženjerskim i sanitetskim jedinicama. Postoji petnaest verzija tog oklopnog transportera.



Tenk M84<sup>30</sup> proizvodio se u više fabrika u prethodnoj Jugoslaviji, a najznačajniju modernizaciju doživeo je model M84AB1<sup>31</sup>, koji je bio izvozni adut naše vojne industrije.<sup>32</sup>



<sup>29</sup> <http://www.odbrana.mod.gov.rs/arsenal/11/052%20Odbrana%20Arsenal%202011.pdf>

<sup>30</sup> <http://www.vs.rs/index.php?content=01add3a2-0329-102c-8859-e480d5acdc4a>

<sup>31</sup> <http://www.trzcacak.rs/sr/inzenjering/modifikacije.html>

Višenamensko oklopno vozilo „Lazar” na točkovima otporno je na dejstvo mina i zasedna dejstva. Ima šasiju 8x8, a razvijeno u okviru programa razvoja i proizvodnje složenih borbenih sistema javnog preduzeća Jugoimport-SDPR. Svojim konceptualnim rešenjima i karakteristikama privlači značajnu pažnju partnera iz regiona Bliskog istoka i Afrike, Azije i Latinske Amerike. Pre svega, namenjeno je korisnicima zainteresovanim za oklopno vozilo koje bi se koristilo u mirovnim operacijama i zadacima u oblasti unutrašnje bezbednosti – protivterorističkim i protivpobunjeničkim operacijama.<sup>33</sup>

#### *Artiljerijski topovski i raketni sistemi*

Samohodna haubica „NORA B-52” – novo oruđe artiljerije (kodni naziv NO-RA-A)<sup>34</sup> kapitalno je oruđe iz vlastitih prizvodnih pogona. Razvijeno je u tri varijante – vučna (NORA-A) sa dužinom cevi 39 kalibara, samopokretna (NORA-C) i samohodna (NORA-B) sa dužinom cevi 45 kalibara. Taj proizvod pružio je šansu našoj zemlji za veći i ozbiljniji iskorak na svetsko tržište naoružanja i vojne opreme, krajem devedesetih godina prošlog veka. Jugoimport–SDPR uložio je napor kako bi se oruđe znatno osavremenilo, ali pri tome je očuvan osnovni koncepta ugradnje oruđa na šasiju sa točkovima. Savremena generacija razvoja oruđa, oznake NORA-B52K1, finalizovana je u preduzeću „Lola-sistem” i rezultat je višegodišnjih maksimalnih napora projektnog tima, uz angažovanje razvojnih i opitnih kapaciteta VTI i TOC KoV i saradnju više vodećih preduzeća odbrambene industrije, „MBL Lučani”, „Sloboda”, „Prva petoletka” i dr.



Da bi NORA zadržala visoku efikasnost u uslovima savremenog ratovanja, razvijeni su pojedini podsistemi. Balistički sistem zasniva se na cevi kalibra 155 mm, dužine 52 kalibra, zapremine barutne komore 23 litra, sa dvokomornom gasnom kočnicom visoke efikasnosti. Barutna komora razvijena je na originalnom rešenju samozaptivanja, sa revolverskim nosačem kapsli. Upravo je samohodna varijanta top-haubice (NORA-B) donela priznanje i potvrdila status avangarde našim artiljerijskim stručnjacima, jer se i danas, više od dvadeset godina nakon početka razvoja tog oruđa, potvrđuje ispravnost njihovog razmišljanja i usvojenog koncepta rešenja. Naime, prema raspoloživim izvorima, NORA-B predsta-

<sup>32</sup> <http://www.yugoimport.com/cir/proizvodi/tenk-m-84ab1-0>

<sup>33</sup> <http://www.telegraf.rs/vesti/650665-pomama-za-srpskim-naoruzanjem-lazar-bumbar-i-Lasta-95-zaludeli-vojni-svet-foto-video>

<sup>34</sup> <http://www.odbrana.mod.gov.rs/odbrana-stari/odbrana002/63-65.pdf>

vlja prvo rešenje u svetskim razmerama tzv. otvorene ugradnje osnovnog naoružanja na točkašku platformu, čime je načinjen značajan zaokret u odnosu na do tada usvojen koncept samohodnih oruđa kupolne ugradnje.

Ovo oruđe zapaženo je i u stranoj štampi, pa je čak i reprezentativni britanski vojni magazin „Džejns difens“ (Jane's Defence), iz 2011. godine, objavio duži tekst o vojnoj industriji Srbije i ponudi nekoliko savremenih sistema drugim zemljama, među kojima su samohodna haubica NORA B-52, oklopni transporter „Lazar“ i rakete „atlas“, dometa 25 kilometara<sup>35</sup>.

Posebnu pažnju vojnih stručnjaka iz tog magazina privukla je bitna karakteristika: da je samohodni artiljerijski sistem NORA B-52 sa topom kalibra 155 milimetara, montiranim na vučno vozilo, već u serijskoj proizvodnji. List navodi da je NORA snabdevena sa 36 projektila od 155 milimetara, sa automatskim sistemom punjenja, što omogućava veliku brzinu gađanja. Maksimalni domet haubice zavisi od projektila i kombinacije punjenja, ali sa povećanim punjenjem može se postići domet od 41,2 kilometra. U članku se kaže da se budućim usavršavanjem municije planira domet od 65 kilometara i laserom navođeni projektili preciznijih efekata. Takođe, ističe se da je ovom sistemu potreban samo jedan minut da stupi u dejstvo i isto toliko da bude spreman za pokret, što mu povećava šanse za izbegavanje povratne vatre.

Nabrajaajući karakteristike sistema NORA navodi se i da standardna oprema podrazumeva kompjuterizovani sistem kontrole i zemaljski navigacioni sistem. Istaknuto je, takođe, da su posada i oružje zaštićeni oklopom koji im pruža zaštitu od metaka malog kalibra, šrapnela i mina. Od taktičko-tehničkih osobina naglašeno je da borbeni masa vozila iznosi 34 tone i da dizel motor od 410 hp omogućava maksimalnu brzinu od 80 kilometara na sat i operativni radijus kretanja do 1.000 kilometara.

KARAKTERISTIKE SISTEMA	
Maksimalni domet	21500 m
Učestalost gađanja	2 rakete/s
Broj cevi	24 ili 32
Borbeni komplet	64 rakete
Broj članova posluge	2 + 4
Ukupna masa sistema	22 000 kg
Temperaturni opseg upotrebe	-30 do +40 °C
TEHNIČKI PODACI ZA RAKETU „OGANJ M77”	
Prečnik rakete	128 mm
Kalibar bojeve glave	128 mm
Dužina rakete	2 600 mm
Masa rakete	67 kg
Masa bojeve glave	19,5 kg
Polje dejstva po pravcu	180°
Polje dejstva po elevaciji	0 - 50°
Radijus efikasnog dejstva bojeve glave	40 m
Površina dejstva trenutno fugasne bojeve glave	0,36 ha
Upaljač.	UTU, M77
TEHNIČKI PODACI ZA LANSIRNU CEV	
Unutrašnji prečnik	128 mm
Dužina	2800 mm
Masa cevi sa mehanizmom	40 kg
Pakovanje raketa	jedna u sanduku

<sup>35</sup> <http://www.nezavisne.com/nauka-tehnologija/nauka/Britanski-prikaz-o-haubici-iz-Srbije-82245.html>



Samohodni višecjevni lanser raketa 128 mm M77-„oganj-S”<sup>36</sup> namenjen je za ostvarivanje snažnih, iznenadnih brzih vatrenih udara po površinskim ciljevima na većoj dubini protivnika. Efikasan je protiv svih vrsta ciljeva: žive sile, neoklopljenih i oklopljenih sredstava. Za gađanje iz višecjevnog lansera raketa koristi trenutno-fugasnu raketu M77 („oganj” M77). Podvoz oruđa je vozilo TAM 150 T1 1 BV 6 x 6. Moguća je ugradnja i na druga vozila sličnih karakteristika (na primer FAP 1417). Sistem je modularno koncipiran, tako da se na univerzalni gornji lafet može montirati lansirni uređaj „plamen” sa 32 cevi. Pri projektovanju su zadovoljeni svi ergonomski zahtevi, koji omogućuju komforan i bezbedan rad.



Pogon mehanizma je ručni. Na zahtev korisnika može se prevesti na poluautomatski rad. Vreme potrebno za postavljanje lansera iz marševskog u borbeni položaj, kao i vreme potrebno za napuštanje vatrene položaja iznosi 30 s. Raspored masa obezbeđuje propisan položaj težišta u uslovima vožnje sa kombinacijom puno – 0 prazno, tako što je lansirni uređaj zaokrenut u odnosu na osnovni položaj za 180 stepeni.

*Raketni sistem PVO S-125M  
„Neva-M37”*

Na paradi „Korak pobjednika 2014” predstavljen je i raketni sistem za protivavionsku odbranu teritorije S-125 „Neva”. Ovaj raketni sistem zemlja-vazduh proizveden je

**Karakteristike sistema „Neva”**

Namena: uništavanje ciljeva u vazdušnom prostoru koji lete na vrlo malim, malim i srednjim visinama i uništavanje ciljeva na zemlji i u vodi koji se mogu osmatrati radarom.

Sistem vođenja: poluaktivno radarsko vođenje

Zona uništenja cilja:

– po daljini: od 2.4 do 25 km (u dolasku), 17 km (u odlasku),

– po visini: od 20 m do 18 km,

– na zemlji: od 3,5 do 17 km.

Protivavionske rakete 5B27U/D:

– dužina: 5948 mm,

– startna masa: 952.7 kg,

– masa bojeve glave: 72 kg,

– masa eksplozivnog punjenja: 42 kg,

– brzina leta rakete na kraju aktivnog dela punjenja: oko 700 m/s.

<sup>36</sup> HK „KRUŠIK” a.d., 14000 VALJEVO, [http://www.krusik.rs/wp-content/uploads/2014/04/OGANJ\\_128mm.pdf](http://www.krusik.rs/wp-content/uploads/2014/04/OGANJ_128mm.pdf)

<sup>37</sup> <http://vazduhoplovstvo.wordpress.com/2013/07/02/s-125-neva/>

u Sovjetskom Savezu 60-ih godina 20. veka. I dalje je u upotrebi u mnogim zemljama, uključujući i Srbiju. Naši vojni stručnjaci modernizovali su sistem, što mu omogućuje upotrebu i u današnjim uslovima. NATO ime za sistem je SA-3 Goa.

Dva raketna diviziona naoružana sistemom S-125M „Neva-M” nalazila su se u sastavu 250. raketne brigade PVO. Divizioni Neva-M su od 1982. godine do reorganizacije sprovedene 2007. godine bili razmešteni u prsten oko Beograda, sa zadatkom da brane širi rejon glavnog grada. Tokom odbrambene operacije 1999. godine pripadnici 3. diviziona oborili su po jedan avion F-117A i F-16C iz sastava RV SAD.

Osnovna taktička jedinica sistema S-125M jeste divizion sa četiri lansera 5P73 sa po četiri rakete i baterija za vođenje raketa i kabinom UNK, što je, u stvari, poluprikolica sa sistemima za upravljanje, selekciju pokretnih ciljeva, za TV i optičko navođenje, kao i postoljem UNV sa radarom dometa od 40 do 80 kilometara.



Na sistemu „Neva” modifikacije su pratile trendove u savremenom razvoju protivavionskih sistema, ali kod nas nisu obuhvaćene sve jedinice PVO, što je tokom 1999. godine umanjilo naše mogućnosti borbe sa letelicama NATO 1999. godine<sup>38</sup>.

#### *Avion „lasta” – srpski „fenix”*

Kada je na međunarodnoj izložbi avijacije „Maks 2013” u Moskvi predstavljen srpski školsko-borbeni avion V-54 „lasta”, bio je to dokaz žilavosti i upornosti naših vojnotehničkih stručnjaka i prateće industrije<sup>39</sup>. Bio je to, u stvari, „feniks” koji je, i pored svih privrednih i političkih nedaća na našoj društvenoj sceni, od kojih uveliko zavisi i razvoj i unapređivanje naše vojne opreme i naoružanja, našao put da se predstavi svetskoj javnosti. I pored mnogih zlonamrenih i polemičkih tekstova u našim medijima, posebno kada je 2012. godine tokom ispitnog leta tog aviona došlo do otkazivanja sistema, ovaj avion sve više potvrđuje svoj kvalitet i postaje još jedan izvozni adut naše vojne industrije i naših proizvodnih potencijala.

<sup>38</sup> <http://www.paluba.info/smf/index.php?topic=2690.0;wap2>

<sup>39</sup> [http://www.b92.net/biz/vesti/srbija.php?yyyy=2013&mm=08&dd=30&nav\\_id=748269](http://www.b92.net/biz/vesti/srbija.php?yyyy=2013&mm=08&dd=30&nav_id=748269)

### Karakteristike

„Lasta 95” dugačka je 8,04 m, razmah krila joj je 8,34 m, brzina leta od 110 do 310 km/h, a sa naoružanjem od 125 do 280 km/h. Letelica je izrađena kao dvosedni niskokrilac metalne konstrukcije sa mogućnošću poletanja i sletanja sa piste i travnatih površina. Proizvodi se u fabrici aviona UTVA u Pančevu.

Izrađena su dva prototipa, od kojih je jedan izložen na sajmu „Partner 2007” u Beogradu. Tada su u našoj kompaniji „Utva” izrazili nadu da će prvi od njih poleteti krajem te ili početkom naredne godine. Zavisno od broja naručenih aviona i opreme, cena za domaćeg kupca procenjavana je na oko 500.000 do 600.000 evra po letelici.

„Lasta” je projekat klipnog školskog aviona nastalog osamdesetih godina. Prvobitno je zamišljen kao avion za osnovnu obuku, koji bi u procesu praktičnog obučavanja pilota bio spona između letelica „utva 75” i mlaznog aviona za obuku „super galeb”<sup>40</sup>. Izrađena su dva prototipa i šest predserijskih aviona (tzv. nulta serija), od kojih su dva uništena u udesima tokom ispitivanja – jedan je rashodovan usled oštećenja uzrokovanih prinudnim sletanjem, a drugi u proleće 1997. godine. Preostali primerci, umesto isporuke RV i PVO-u, dočekali su NATO bombardovanje i uništeni u martu 1999. godine. Razvijana je i „lasta 2”, koja je ostala projekat na papiru. „Lasta 95” nastala je po redefinisanim zahtevima koji predviđaju da se koristi i za osnovnu i selektivnu obuku. Za razliku od prve „laste”, novi projekat po letnim osobinama trebalo je, delimično, da oponaša mlazni avion, ali po znatno nižoj ceni. „Lasta 95” projektovana je da bude lakša za letenje i tolerantnija prema greškama pilota početnika, zahvaljujući, pored ostalog, promeni oblika krila i repa.



Kada je modifikovani prototip aviona „lasta V-54” poleteo sa aerodroma Batajnica kraj Beograda 2013. godine, i uspešno se prizemljio nakon 45 minuta, to je bio uspešno izveden probni let školskog aviona domaće proizvodnje. Letna ispitivanja nastavljena su sa inoviranom „lastom”, a Vojska Srbije poručila je 15 aviona tog tipa.

Predstavljena su i bespilotne letelice „vrabac” i „pegaz”<sup>41</sup>, kao i transportni avioni „An-26”.

<sup>40</sup> <http://www.vreme.co.rs/cms/view.php?id=861219>

<sup>41</sup> <http://www.rts.rs/page/stories/sr/story/125/Dru%C5%A1tvo/1722221/Oru%C5%BEje+Vojske+Srbije+na+paradi.html>

O našoj Rečnoj flotili se mnogo zna<sup>42</sup>, a posebno o modifikacijama rečnih minolovaca klase „Neštin”, naoružanih sa po dva topa kalibra 20 milimetara i protivavionskim raketama „strela” 2M. Ti brodovi vuku za sobom elektromagnetne, mehaničke i akustične minolovke, a osposobljeni su i za polaganje rečnih mina.



#### Zaključak

Impresivan doživljaj praćenja parade „Korak pobednika” ne može ostati u senci izložbi i sajмова naoružanja na kojima i naša zemlja predstavlja svoju vojnu opremu i naoružanje. Upoređivanje sa sajmom „Partner” pokazalo bi da naša industrija i razvojni naučnoistraživački kapaciteti poseduju velik potencijal, srazmeran potrebama naše vojske i drugih odbrambenih i bezbednosnih struktura. Velika razlika, koja je istaknuta, spoj je tog naoružanja i ljudi, koji je već mnogo puta predstavljen na vežbama, kao i u zajedničkim aktivnostima sa nekim stranim armijama.

U skladu sa novim konceptima ratovanja, parada je predstavila sva relevantna i još uvek efikasno upotrebljiva borbena sredstva, sisteme, opremu i naoružanje za ratovanje u svim dimenzijama. Naravno, njima se ne može suprotstaviti velikim silama, koje koncepcijom vazdušno-kopnene bitke postupno vode eskalaciju sukoba od vazdušnih napada do kopnenih operacija, trošeći resurse branioca. Ali, uz primenu ratnog lukavstva, mašte i uvežbanosti koji krasi sve naše vojske kroz istoriju, i to oružje i oprema mogu efikasno da se upotrebe.

Odvijajući se pred mnogobrojnom publikom, ovaj reprezentativni paradni prikaz utvrdio je poverenje u oružanu snagu države i njenu bojevu sposobnost.

Čelnici naše države izrazili su zadovoljstvo i pohvalili organizaciju, preciznost i sadržajnost parade, što za vojnike ima veliki značaj i predstavlja podstrek u daljem procesu razvoja, projektovanja i unapređivanja opreme i naoružanja Vojske Srbije.

Tekst: *Nikola Ostojić*, e-mail: nikolaos@sbb.rs  
Fotografije: Foto centar MC „Obrana“

<sup>42</sup> <http://www.vs.rs/index.php?content=568a5f64-f735-102b-bdc2-a0672172d7df>



## *Jurišne puške FN SCAR L*

Iskustva sa ratišta u Iraku u velikoj meri su uticala na rukovodstvo američke Komande za specijalne operacije da otpočne opremanje elitnih snaga pouzdanim puškama najnovije generacije koje bi trebalo da prevaziđu nedostatke tadašnjih modela koji su se javljali u praksi. Tokom 2004. godine komanda (USSOCOM) organizovala je tender, a kao najbolje rešenje uzet je projekat poznate belgijske kompanije „FN Herstal”.

Od proizvođača je zatraženo da ponude modularno oružje predviđeno za NATO kalibre 5,56 x 45 mm, kao i 7,62 x 51 mm, koje bi se odlikovalo pouzdanim radom i dobrom ergonomijom. Takođe, radi racionalizacije obučavanja pripadnika zatraženo je da raspored osnovnih komandi oružja bude postavljen kao kod čuvenih američkih modela AR-15/M-16 koji su u dužem periodu činili osnovno primarno naoružanje američkih oružanih snaga.

Belgijska kompanija ponudila je puške SCAR (Special Forces Combat Assault Rifle) u dva osnovna modela: SCAR L (light) predviđenu za kalibar 5,56 i SCAR H (heavy) koja dolazi u jačem kalibru 7,62 x 51 mm, a oba modela se u velikoj meri sastoje od istih delova, skoro identične ergonomije, što u velikoj meri pojednostavljuje obuku pripadnika i logističke zahteve. Tokom 2009. godine ove puške su prvi put predstavljene, a prva značajnija isporuka od oko 600 pušaka organizovana je bataljonu 75. rendžerskog puka.

Jurišna puška FN SCAR L funkcioniše po principu pozajmice barutnih gasova sa sistemom kratkog trzaja gasnog klipa (što je rešenje koje je usvojeno na pouzdanim serijama HK-416, HK-G36 i drugim) sa rotirajućim zatvaračem kao sistemom bravljenja.

Kao osnovni delovi puške označeni su kundak, sanduk, sklop zatvarača, okidačka grupa i odvojivi okvir.

Pogled posmatrača u velikoj meri privlači nekonvencionalno rešenje kundaka koji je izrađen od polimera. Podesiv je na šest dužina, po visini, i može se preklopiti u desnu stranu, tako da ne ometa rukovanje oružjem u tom položaju. Modularnost je dodatno uvećana i mogućnošću podešavanja obrazine na dve pozicije, dok je amortizer trzaja izrađen od gume reljefne površine i odlično je profilisan.

Sanduk oružja sastoji se od gornjeg dela, izrađenog od kvalitetne aluminijumske legure, u koji su smešteni cev oružja, zatvarač, nosač zatvarača i gasni klip i donjeg dela, izrađenog od kvalitetnog polimera, sa pištoljskim rukohvatom, okidačkom grupom i usadnikom okvira. Pištoljski rukohvat potpisuje kompanija „Magpul” i rađen je po uzoru na provereno dobra rešenja sa AR-15/M-16, a takođe je i šupalj, sa obostranim reljefnim ulošcima (koji nisu predviđeni za demontiranje, niti se nude u različitim veličinama) radi udobnijeg i sigurnijeg hvata. Okidačka grupa smeštena je ispred rukohvata, sa osnovnim komandama raspoređenim kao na AR-15/M-16. Regulator paljbe postavljen je obostrano i predstavljen je polugom koja je lako dostupna, a na prednjoj strani je opremljena jezičkom koji pokazuje na koji režim rada je podešeno oružje. Promenom položaja poluge strelac može izabrati poluautomatsku (jedinačnu) paljbu, označenu brojem 1, zakačen režim (označen slovom „S”), kao i automatsku paljbu, označenu slovom „A”. Optimalno zakrivljen obarač čini okidanje udobnijim i smešten je unutar četvorougaoanog branika. Ispred branika postavljen je usadnik okvira koji

u seriji pušaka FN SCAR L ima kapacitet 30 metaka, poređanih dvoredno. Kao i na modelima AR-15/M-16 taster za otpuštanje okvira postavljen je obostrano, odmah iznad usadnika, lako je dostupan i dobro profilisan, dok se na levoj strani oružja iznad tastera okvira nalazi utvrđivač zatvarača (kao na modelima AR-15/M-16) čijim se pritiskom zatvarač vraća u prednji položaj. Po ispaljenju poslednjeg metka iz okvira zatvarač puške ostaje u zadnjem položaju, pa je po ubacivanju novog okvira dovoljno pritisnuti utvrđivač zatvarača i puška je ponovo spremna za paljbu. Otvor za izbacivanje čaura postavljen je sa desne strane, a odmah iza njega nalazi se dobro profilisani metalni deflektor o koji se odbijaju čaure tokom paljbe i tako ne ugrožavaju lice strelca. Ručica za zapinjanje zatvarača primarno je postavljena sa leve strane, ali je strelac jednostavno može premestiti na drugu stranu i tako oružje dodatno prilagoditi svojim potrebama.



*Leva strana kundaka*

Gornja strana sanduka oružja opremljena je standardnom „Picatinny” šinom koja dozvoljava montiranje dodatne taktičke opreme, najčešće uređaja za nišanje poput neveličavajućih holografskih ili „red dot” nišana, odnosno uveličavajućih nišana predviđenih za potrebe preciznog gađanja. Postavljanjem takvog nišana i montiranjem dvonožnog postolja (bipoda) jurišne puške FN SCAR L mogu se prilagoditi i potrebama preciznog gađanja na srednjim distancama, uz veoma zadovoljavajuće rezultate na polju bliske borbe u urbanoj sredini (engl. Close Quarters Battle). Na gornjoj strani postavljeni su i mehanički prednji i zadnji nišan koji se mogu preklopiti radi montiranja nišanskih uređaja. Standardne šine postavljene su i sa obe strane prednjeg pothvata oružja, kao i ispod cevi,

što dodatno uvećava modularnost ovih pušaka, pa se pored opreme poput taktičkog svetla, laserskog obeleživača cilja, vertikalne drške i sl. može montirati i potcevni bacač granata FN-40 GL u kalibru 40 mm, koji dodatno uvećava vatrenu moć oružja, a montira se na donje šine. Kako bi pothvat oružja bio udobniji po strelca, kao deo standardne opreme kupcima se isporučuju i ergonomske obloge pothvata, koje štite šaku strelca od ivica šina.

Pravolinijska konstrukcija ovih pušaka pozitivno se odražava na preciznost prilikom paljbe, a kupcima se mogu isporučiti u mat crnoj boji („TAN”) koja je namenjena prvenstveno za pustinjske uslove.

Cev puške izrađena je od čelika, hladnim kovanjem, a unutrašnjost je hromirana i ožlebljena, čime se uvećava preciznost i trajnost. Na kraju cevi nalazi se skrivač plamena u vidu tri duboka, dužna proreza. Standardni model ove serije nosi oznaku FN SCAR L STD sa dužinom cevi od 36, 83 cm (14,5 inča), a konstrukcija puške dozvoljava jednostavnu zamenu cevi na terenu u relativno kratkom vremenu, pa se postavljanjem cevi od 25,4 cm (10 inča) puška dodatno modifikuje potrebama CQB, a model sa kraćom cevi nosi oznaku FN SCAR L CQC.

Ovim modelom raspolažu i pripadnici „Kobri” – bataljona Vojne policije specijalne namene Vojske Srbije.







*Puške FN SCAR L CQC u arsenalu „Kobri“*

Pored elitnih jedinica iz Evrope i sveta, modelima serije „Light“ raspolažu i jedinice iz Belgije, Francuske i Nemačke, dok u SAD ovo oružje zauzima važno mesto u mornaričkim SEAL timovima.

Taktičko-tehnički podaci puške:

- princip rada: pozajmica barutnih gasova,
- kalibar: 5,56x45 mm i 7,62x51 mm,
- masa puške: 3,5 kg (L), 3,8 kg (H), sa praznim okvirom,
- dužina puške: 850 mm (maks) i 620 mm (min) za model L,  
997mm (maks) i 770 mm (min) za model H,
- dužina cevi: 254 mm (CQC), 335 mm (Std), 457 mm (LB) za model L,  
330 mm (CQC), 406 mm (Std), 508 mm (LB) za model H,
- teorijska brzina gađanja: 600 met/min.

*Branislav Bulatović, e-mail: bra.bulatovic@gmail.com*

## Заједничка антитерористичка вежба Русије и Србије

Припадници војски Русије и Србије су 14. новембра 2014. године на полигону Техничког опитног центра у Никинцима успешно извели заједничку антитерористичку вежбу „Срем 2014“, највећу те врсте у последње три деценије у Србији.



Вежбу су извела 404 учесника: 197 припадника специјалне бригаде Војске Србије и 207 припадника руске 106. гардијске ваздушнодесантне дивизије из Туле. На високом степену обучености честитао им је министар одбране Србије Братислав Гашић, као и начелник Генералштаба Војске Србије генерал-пуковник Љубиша Диковић и командант Ваздухопловнодесантних снага Русије генерал-пуковник Владимир Анатолијевич Шаманов. Вежби је присуствовао и амбасадор Руске Федерације у Србији Александар Чепурин.

Циљ вежбе био је унапређење способности решавања задатака током извођења противтерористичке операције у мултинационалној операцији. Ради се о операцији одговора на кризу путем превентивног размештања снага на делу територије фиктивне државе и упућивања људства у састав борбених група Уједињених нација у кризно подручје.

Приказано је убацивање извиђачко-падобранске чете применом специјалног десанта, напад на базу терориста, ослобађање талаца и уништење терориста, санитарска евакуација...

Припреме за извођење вежбе почеле су у марту ове године, а завршно увежбавање јединица реализовано је од 7. до 13. новембра на аеродрому Батајница.

На вежби су учествовали авиони Иљушин-76, Ан-26, МИГ-29, хеликоптери МИ-8, МИ-17, газела, као и оклопни транспортери и полицијска борбена возила. Вежба је изведена са бојевом муницијом, а коришћени су и минобацачи, бацачи граната, далекометне пушке, као и беспилотне летелице и моторни змајеви који су служили за извиђање терена.

Најатрактивнији део ове високоризичне вежбе био је ваздушни десант са искакањем падобранаца у више таласа и спуштањем руских оклопних транспортера БМД-2 и БТР-Д теретним системом падобрана. Ова лака борбена возила избачена су из великих транспортних авиона „иљушин“ (Ил-76), из којих су искочили и руски падобранци, док су њихове српске колеге

искочиле из „антонова“ (Ан-26) Војске Србије. Српски војници извели су и хеликоптерски десант, спуштајући се низ ужад из хеликоптера Ми-8 при решавању замишљене талачке ситуације.



Вежба је изведена по сценарију противтерористичких дејстава. Замишљена ситуација била је одбрана снага УН у мултинационалној операцији угрожених добро наоружаним терористичким формацијама.

По налету транспортних авиона, које су штитили „мигови 29“ Војске Србије, српско-руске снаге су „напале“ утврђене објекте терориста који су убрзо уништени.



Током вежбе хеликоптери Војске Србије типа „газела” и Ми-8 дејствовали су по циљевима на земљи ракетама „маљутка” и навођеним ракетним зрнима калибра 57 милиметара.



Руски специјалци користили су и моторни змај за извиђање из ваздуха, а обе војске су у исту сврху употребљавале и мање беспилотне летелице.



Посебно ефектан био је напад руских оклопних транспортера који су уништавали мете топовима калибра 30, као и вођеним ракетама типа „конкурс”. Српски војници користили су лаки ракетни систем „фагот”, старију верзију поменутих руских ракета.





Министар одбране Братислав Гашић нагласио је да су припадници војски Србије и Русије показали „веома висок степен оперативних и професионалних способности“. Уз оцену да су у заједничкој вежби припадници домаћих оружаних снага показали да су способни да сарађују са војскама других држава, он је подсетио да Војска Србије и Министарство одбране имају потписане уговоре о сарадњи са више од 60 земаља света. Према његовим речима, такве вежбе веома су значајне како би се сагледале способности Војске Србије за све три мисије – одбрану земље, помоћ цивилима у случајевима елементарних непогода и учешће у мировним мисијама. Министар Гашић је посебно захвалио припадницима Војске Русије на свему што су током размене искустава са колегама из Србије приказали у нашој земљи.

Начелник Генералштаба Војске Србије генерал пуковник Љубиша Диковић истакао је да борба против тероризма захтева заједничка, брза и свеобухватна дејства са земље и из ваздуха. Нагласио је, такође, да Војска Србије учествује у борби против тероризма и помаже носиоцима у тој борби, као и да се обука наших оружаних снага врши и у том правцу.

Генерал Диковић је вежбу оценио оценом одличан, истакавши да је показано да су снаге за противтерористичка дејства обе државе одлично обучене.

Са генералом Диковићем сложио се и генерал-пуковник Владимир Шамапов, командант ваздушнодесантних снага оружаних снага Руске Федерације, нагласивши значај размене искустава у борби против терористичких активности. „Две државе су се већ суочавале, не једном, од терористичких опасности,



а данас смо поделили искуства која имамо у том сегменту”, рекао је генерал Шалимов, високо оценивши одличну припремљеност припадника Копнене војске и ваздухопловних снага Србије. Генерал Шаманов се у име руске војске захвалио, како је рекао, српској браћи и позвао припаднике Војске Србије у посету ваздушнодесантним снагама Русије. Шаманов је навео да је током боравка у Србији разговарао са генералом Диковићем и о будућој војнотехничкој сарадњи, а по наређењу руског министра одбране Сергеја Шојгуа Војсци Србије предао је пригодан поклон – десет савремених падобрана.



Русија и Србија ће наредне године одржати заједничке антитерористичке вежбе на територији Русије, најављено је из руског Министарства одбране.



*Nebojša Gaćeša*, e-mail: [nebojsa.gacesa@mod.gov.rs](mailto:nebojsa.gacesa@mod.gov.rs)

**ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА**  
**CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS**  
**ПРИГЛАШЕНИЕ И ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ АВТОРОВ РАБОТ**

**ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА О НАЧИНУ ПРИПРЕМЕ ЧЛАНКА**

Упутство ауторима о начину припреме чланка за објављивање у *Војнотехничком гласнику* урађено је на основу Акта о уређивању научних часописа, Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије, евиденциони број 110-00-17/2009-01, од 09. 07. 2009. године. Примена овог Акта првенствено служи унапређењу квалитета домаћих часописа и њиховог потпунијег укључивања у међународни систем размене научних информација. Засновано је на међународним стандардима ISO 4, ISO 8, ISO 18, ISO 215, ISO 214, ISO 18, ISO 690, ISO 690-2, ISO 999 и ISO 5122, односно одговарајућим домаћим стандардима.

**Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier** (втг.мо.упр.срб, www.vtg.mod.gov.rs, ISSN 0042-8469 – штампано издање, e-ISSN 2217-4753 – online, UDC 623+355/359) јесте мултидисциплинарни научни часопис Министарства одбране Републике Србије, који објављује научне и стручне чланке, као и техничке информације о савременим системима наоружања и савременим војним технологијама. Часопис прати јединствену интервидовску техничку подршку Војске на принципу логистичке системске подршке, области основних, примењених и развојних истраживања, као и производњу и употребу средстава наоружања и војне опреме, и остала теоријска и практична достигнућа која доприносе усавршавању припадника Министарства одбране и Војске Србије.

Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, сагласно одлуци из члана 27. став 1. тачка 4), а по прибављеном мишљењу из члана 25. став 1. тачка 5) Закона о научноистраживачкој делатности („Службени гласник РС“, бр. 110/05, 50/06-испр. и 18/10), утврдило је категоризацију Војнотехничког гласника, за 2013. годину:

за област технолошког развој:

– **на листи часописа за материјале и хемијске технологије:**

категирија водећи научни часопис националног значаја (**M51**),

– **на листи часописа за електронику, телекомуникације и информационе технологије:**

категирија научни часопис националног значаја (**M52**),

– **на листи часописа за машинство:**

категирија научни часопис националног значаја (**M52**),

за област основна истраживања:

– **на листи часописа за математику, рачунарске науке и механику:**

категирија научни часопис националног значаја (**M52**).

Усвојене листе домаћих часописа за 2013. годину могу се видети на сајту Војнотехничког гласника, страница Категоризација часописа.

Детаљније информације могу се пронаћи и на сајту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Подаци о категоризацији могу се пратити и на сајту КОБСОН-а (Конзорцијум библиотека Србије за обједињену набавку).

Категоризација часописа извршена је према Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је прописао Национални савет за научни и технолошки развој (Службени гласник РС, број 38/2008).

У складу са овим правилником и табелом о врсти и квантификацији индивидуалних научноистраживачких резултата (у саставу Правилника), објављени рад у Војнотехничком гласнику вреднује се са 2 бода (категирија M51) и 1,5 бод (категирија M52).

Часопис се прати у контексту Српског цитатног индекса – СЦИндекс (база података домаћих научних часописа) и Руског индекса научног цитирања (РИНЦ). Подвргнут је сталном вредновању (мониторингу) у зависности од утицајности (импакта) у самим базама и, посредно, у међународним (Thompson Reuters) цитатним индексима. Детаљи о индексирању могу се видети на сајту Војнотехничког гласника, страница Индексирање часописа.

Радови се предају путем онлајн система за електронско уређивање ASEE-STANT, који је развио Центар за евалуацију у образовању и науци (ЦЕОН).

Приступ и регистрација за сервис врше се на сајту [www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), преко странице ASEE-INSTANT или СЦИНДЕКС, односно директно на линку [aseestant.ceon.rs/index.php/vtg](http://aseestant.ceon.rs/index.php/vtg). (овде је недостајала тачка)

Детаљно упутство о регистрацији и пријави за сервис налази се на сајту [www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), страница Упутство за е-Ур: Електронско уређивање – ASEE-INSTANT.

Војнотехнички гласник објављује чланке на српском, енглеском, руском, немачком или француском језику (arial, српска ћирилица или српска латиница, величина слова 11 pt, проред Single).

Чланак треба да буде написан у складу са **Изјавом о етичком поступању** (<http://www.vtg.mod.gov.rs/izjava-o-etickom-postupanju.html>).

Чланак треба да садржи сажетак са кључним речима, увод, разраду, закључак, литературу и резиме са кључним речима на енглеском језику (без нумерације наслова и поднаслова). Обим чланка треба да буде око једног ауторског табака (16 страница формата А4 са проредом Single), а највише 24 странице.

Чланак треба да буде написан на обрасцу за писање чланка, који се у електронској форми може преузети са сајта на страници Образац за писање чланка.

#### **Наслов**

Наслов треба да одражава тему чланка. У интересу је часописа и аутора да се користе речи прикладне за индексирање и претраживање. Ако таквих речи нема у наслову, пожељно је да се придода и поднаслов. Наслов треба да буде преведен и на енглески језик.

Ови наслови исписују се испред сажетка на одговарајућем језику.

#### **Текући наслов**

Текући наслов се исписује са стране сваке странице чланка ради лакше идентификације, посебно копија чланака у електронском облику. Садржи презиме и иницијал имена аутора (ако аутора има више, преостали се означавају са „et al.“ или „и др.“), наслове рада и часописа и колацију (година, волумен, свеска, почетна и завршна страница). Наслови часописа и чланка могу се дати у скраћеном облику.

#### **Име аутора**

Наводи се пуно име и презиме (свих) аутора. Веома је пожељно да се наведу и средња слова аутора. Имена и презимена домаћих аутора увек се исписују у оригиналном облику (са српским дијакритичким знаковима), независно од језика на којем је написан рад.

#### **Назив установе аутора (афилијација)**

Наводи се пун (званични) назив и седиште установе у којој је аутор запослен, а евентуално и назив установе у којој је аутор обавио истраживање. У сложеним организацијама наводи се укупна хијерархија (нпр. Универзитет одбране у Београду, Војна академија, Катедра природно-математичких наука). Бар једна организација у хијерархији мора бити правно лице. Ако аутора има више, а неки потичу из исте установе, мора се, посебним ознакама или на други начин, назначити из које од наведених установа потиче сваки од наведених аутора. Афилијација се исписује непосредно након имена аутора. Функција и звање аутора се не наводе.

**Контакт подаци**

Адреса или е-адреса свих аутора даје се на првој страници чланка.

**Категорија (тип) чланка**

Категоризација чланака обавеза је уредништва и од посебне је важности. Категорију чланка могу предлагати рецензенти и чланови уредништва, односно уредници рубрика, али одговорност за категоризацију сноси искључиво главни уредник.

Чланци у часописима се разврставају у следеће категорије:

Научни чланци:

1. оригиналан научни рад (рад у којем се износе претходно необјављивани резултати сопствених истраживања научним методом);
2. прегледни рад (рад који садржи оригиналан, детаљан и критички приказ истраживачког проблема или подручја у којем је аутор остварио одређени допринос, видљив на основу аутоцитата);
3. кратко или претходно саопштење (оригинални научни рад пуног формата, али мањег обима или прелиминарног карактера);
4. научна критика, односно полемика (расправа на одређену научну тему, заснована искључиво на научној аргументацији) и осврти.

Изузетно, у неким областима, научни рад у часопису може имати облик монографске студије, као и критичког издања научне грађе (историјско-архивске, лексикографске, библиографске, прегледа података и сл.) – дотад непознате или недовољно приступачне за научна истраживања.

Радови класификовани као научни морају имати бар две позитивне рецензије. Списак рецензената Војнотехничког гласника може се видети на страници сајта Списак рецензената.

Ако се у часопису објављују и прилози ваннаучног карактера, научни чланци треба да буду груписани и јасно издвојени у првом делу свеске.

Стручни чланци:

1. стручни рад (прилог у којем се нуде искуства корисна за унапређење професионалне праксе, али која нису нужно заснована на научном методу);
2. информативни прилог (уводник, коментар и сл.);
3. приказ (књиге, рачунарског програма, случаја, научног догађаја, и сл.).

**Језик рада**

Језик рада може бити српски, енглески или други језик који се користи у међународној комуникацији у одређеној научној области (руски, немачки или француски).

Текст мора бити језички и стилски дотеран, систематизован, без скраћеница (осим стандардних). Све физичке величине морају бити изражене у Међународном систему мерних јединица – SI. Редослед образаца (формула) означава се редним бројевима, са десне стране у округлим заградама.

**Сажетак (апстракт) и резиме**

Сажетак (апстракт) јесте кратак информативан приказ садржаја чланка који читаоцу омогућава да брзо и тачно оцени његову релевантност. У интересу је уредништва и аутора да сажетак садржи термине који се често користе за индексирање и претрагу чланака. Саставни делови сажетка су циљ истраживања, методи, резултати и закључак. Сажетак треба да има од 100 до 250 речи и треба да се налази између заглавља (наслов, имена аутора и др.) и кључних речи, након којих следи текст чланка. Ако је рад написан на српском (руском, немачком или француском) језику пожељно је да се, поред сажетка на српском (руском, немачком или француском), даје и сажетак у проширеном облику на енглеском језику – као тзв. резиме (summary). Овакав резиме треба да буде на крају чланка, након одељка Литература. Важно је да резиме буде у структурираном облику, а његова дужина може бити до 1/10

дужине чланка (опширнији је од сажетка са почетка чланка). Почетак овог резимеа може бити преведени сажетак (са почетка чланка), а затим треба да следе преведени главни наслови, поднаслови и основе закључка чланка (литература се не преводи). Потребно је да се у структурираном резимеу преведе и део текста испод наслова и подналова, водећи рачуна да он буде пропорционалан њиховој величини, а да одражава суштину. Након резимеа на енглеском језику (проширеног сажетка) додаје се његов превод на српском, да би редакција извршила проверу и лектуру.

#### **Кључне речи**

Кључне речи су термини или фразе које адекватно представљају садржај чланка за потребе индексирања и претраживања. Треба их додељивати ослањајући се на неки међународни извор (попис, речник или тезаурус) који је најшире прихваћен или унутар дате научне области. За нпр. науку уопште, то је листа кључних речи Web of Science. Број кључних речи не може бити већи од 10, а у интересу је уредништва и аутора да учесталост њихове употребе буде што већа. Кључне речи дају се на језику на којем је написан чланак (сажетак) и на енглеском језику. У чланку се пишу непосредно након сажетка, односно након резимеа.

Систем ASEESTANT у ту сврху користи специјалну алатку KWASS: аутоматско екстраховање кључних речи из дисциплинарних тезауруса/речника по избору и рутине за њихов одабир, тј. прихватање односно одбацивање од стране аутора и/или уредника.

#### **Датум прихватања чланка**

Датум када је уредништво примило чланак, датум када је уредништво коначно прихватило чланак за објављивање, као и датуми када су у међувремену достављене евентуалне исправке рукописа наводе се хронолошким редоследом, на сталном месту, по правилу на крају чланка.

#### **Захвалница**

Назив и број пројекта, односно назив програма у оквиру којег је чланак настао, као и назив институције која је финансирала пројекат или програм, наводи се у посебној напомени на сталном месту, по правилу при дну прве стране чланка.

#### **Претходне верзије рада**

Ако је чланак у претходној верзији био изложен на скупу у виду усменог саопштења (под истим или сличним насловом), податак о томе треба да буде наведен у посебној напомени, по правилу при дну прве стране чланка. Рад који је већ објављен у неком часопису не може се објавити у Војнотехничком гласнику (прештампати), ни под сличним насловом и измењеном облику.

#### **Табеларни и графички прикази**

Пожељно је да наслови свих приказа, а по могућству и текстуални садржај, буду дати двојезично, на језику рада и на енглеском језику.

Табеле се пишу на исти начин као и текст, а означавају се редним бројевима са горње стране. Фотографије и цртежи треба да буду јасни, прегледни и погодни за репродукцију. Цртеже треба радити у програму word или corel. Фотографије и цртеже треба поставити на жељено место у тексту.

#### **Навођење (цитирање) у тексту**

Начин позивања на изворе у оквиру чланка мора бити једнообразан.

Војнотехнички гласник за референцирање (цитирање и навођење литературе) примењује Харвардски систем референци, односно Харвардски приручник за стил (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual). У самом тексту, у обичним заградама, на месту на којем се врши позивање, односно цитирање литературе набројане на крају чланка, обавезно у обичној загради написати презиме цитираног аутора, годину издања публикације из које цитирате и, евентуално, број страница. Нпр. (Petrović, 2012, pp.10–12).

Детаљно упутство о начину цитирања, са примерима, дато је на страници сајта Упутство за Харвардски приручник за стил. Потребно је да се позивање на литературу у тексту уради у складу са поменутиим упутством.

Систем ASEESTANT у сврху контроле навођења (цитирања) у тексту користи специјалну алатку CiteMatcher: откривање изостављених цитата у тексту рада и у попису референци.

#### **Напомене (фусноте)**

Напомене се дају при дну стране на којој се налази текст на који се односе. Могу садржати мање важне детаље, допунска објашњења, назнаке о коришћеним изворима (на пример, научној грађи, приручницима), али не могу бити замена за цитирану литературу.

#### **Листа референци (литература)**

Цитирана литература обухвата, по правилу, библиографске изворе (чланке, монографије и сл.) и даје се искључиво у засебном одељку чланка, у виду листе референци. Референце се не преводe на језик рада и набрајају се у посебном одељку на крају чланка.

Војнотехнички гласник, као начин исписа литературе, примењује Харвардски систем референци, односно Харвардски приручник за стил (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual).

Литература се обавезно пише на латиничном писму и набраја по абецедном редоследу, наводећи најпре презимена аутора, без нумерације.

Детаљно упутство о начину пописа референци, са примерима, дато је на страници сајта Упутство за Харвардски приручник за стил. Потребно је да се попис литературе на крају чланка уради у складу са поменутиим упутством.

Нестандардно, непотпуно или недоследно навођење литературе у системима вредновања часописа сматра се довољним разлогом за оспоравање научног статуса часописа.

Систем ASEESTANT у сврху контроле правилног исписа листе референци користи специјалну алатку RefFormatter: контрола обликовања референци у складу са Харвардским приручником за стил.

#### **Пропратно писмо**

Поред чланка доставља се пропратно писмо у којем треба истаћи о којој врсти чланка се ради, који су графички прилози (фотографије и цртежи) оригинални, а који позајмљени.

У пропратном писму наводе се и подаци аутора: име, средње слово, презиме, чин, звање, е-маил, адреса послодавца (ВП), кућна адреса, телефон на радном месту и кућни (мобилни) телефон, рачун и назив банке, СО места становања, број личне карте и ЈМБ грађана.

Ако је више аутора чланка, у пропратном писму се наводи појединачни процентуални удео ради обрачуна хонорара.

**Сви радови подлежу стручној рецензији, а објављени радови и стручне рецензије хоноришу се према важећим прописима.**

Адреса редакције:  
Војнотехнички гласник,  
Браће Југовића 19, Дом Војске Србије,  
11000 Београд.  
E-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.

Уредник  
Небојша Гаћеша  
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs  
тел.: 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 9<sup>th</sup> 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 / Vojnotehnički glasnik** ([www.vtg.mod.gov.rs/index-e.html](http://www.vtg.mod.gov.rs/index-e.html), ВТГ.мо.упр.срб, ISSN 0042-8469 – print issue, e-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), in the Russian Science Citation Index (RSCI) and is constantly



monitored depending on the impact within the bases themselves and indirectly in the international (e.g. Thompson Reuters) citation indexes. More detailed information can be viewed on the website of the Military Technical Courier, page Journal indexing.

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](http://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 be written in accordance with the **Publication ethics statement** (<http://www.vtg.mod.gov.rs/publication-ethics-statement.html>).

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 website page 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, University of Defence in Belgrade, Military Academy, Department for Military Electronic Systems). 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 addresses or the e-mail addresses of the authors are given in 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

**ПРИГЛАШЕНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ О ПОРЯДКЕ ПОДГОТОВКИ СТАТЬИ**

Инструкция для авторов о порядке подготовки статьи к опубликованию в журнале «Военно-технический вестник» разработана в соответствии с Актом о редактировании научных журналов Министерства науки и технологического развития Республики Сербия, № 110-00-17/2009-01 от 09.07.2009 г. Применением этого Акта, в первую очередь, обеспечивается совершенствование качества отечественных журналов и их более полного включения в международную систему обмена научной информацией. Инструкция соответствует международным стандартам ISO 4, ISO 8, ISO 18, ISO 215, ISO 214, ISO 18, ISO 690, ISO 690-2, ISO 999, ISO 5122 и соответствующим отечественным стандартам.

**Военно-технический вестник (Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier)**, втг.мо.упр.срб, [www.vtg.mod.gov.rs/index-ru.html](http://www.vtg.mod.gov.rs/index-ru.html), ISSN 0042-8469 – печатное издание, e-ISSN 2217-4753 – online, UDK 623+355/359, является мультидисциплинарным научным журналом Министерства обороны Республики Сербия, публикующий научные статьи и статьи специалистов, в том числе технические информации относительно современных систем вооружения и современных военных технологиях. Журнал отслеживает за единственной интервидовой технической поддержкой вооруженных сил на принципах логистической поддержки, в области основных применяемых научных исследований, а также в области производства вооружений и военного оборудования и остальных теоретических и практических достижений, содействующих повышению квалификаций персонала Министерства Обороны и Вооруженных сил Республики Сербия.

Министерство образования, науки и технологического развития Республики Сербия, согласно решению по ст. 27 абзац 1, пункт 4 и по полученному толкованию ст. 25 абзац 1 пункт 5 Закона о научно-исследовательской деятельности („Службени гласник РС”, № 110/05, утвердило категоризацию Военно-технического вестника за 2013 год:

Категории в области технологического развития:

– **Область материалов и химической технологии:**

ведущий научный журнал национального значения (**M51**),

– **Область электроники, телекоммуникаций и информационных технологий:** научный журнал национального значения (**M52**),

– **Область механики:**

научный журнал национального значения (**M52**).

Категории в области основных исследований:

– **Область математика, компьютерные науки, технические науки:**

научный журнал национального значения (**M52**).

Информацию относительно категоризации за 2013 год можно посмотреть на странице сайта Военно-технического вестника Категоризация вестника.

Более подробную информацию можно прочитать на сайте Министерства образования, науки и технологического развития Республики Сербия.

Информацию о категоризации можно посмотреть и на сайте КОБСОН-а (Консорциум библиотек Республики Сербия по вопросам объединения закупок).

Категоризация вестника проведена согласно Положению о порядке и способе категоризации научно-исследовательских результатов, утвержденному Национальным комитетом по науке и технологиям (Службени гласник РС, № 38/2008).

В соответствии с вышеуказанным Положением и табличкой с показателями классификации и категоризации индивидуальных научно-исследовательских результатов (являющейся неотъемлемой частью Положения), работа, опубликованная в Военно-техническом вестнике, оценивается следующим способом: 2 балла (категория M51) и 1,5 баллов (категория M52).

Журнал соответствует стандартам Сербского цитатного индекса – SCindeks (база данных отечественных научных журналов), а также Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Журнал постоянно оценивается (мониторинг) в зависимости от численного показателя важности научного журнала в самих базах, в т.ч. опосредованно в международных цитатных индексах (Thompson Reuters).

С информацией об индексировании можно ознакомиться на странице сайта журнала «Индексирование вестника».

Работы представляются путем online системой e-Ур: Электронное издательство ASEESTANT, запущенное Центром поддерживающим развитие образования и науки (ЦЕОН).

Права доступа и регистрация в системе оформляются по адресу <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-ru.html>, через страницу «ASEESTANT» или «СЦИНДЕКС» ([aseestant.ceon.rs/index.php/vtg](http://aseestant.ceon.rs/index.php/vtg)).

С инструкцией по регистрации и праву доступа можно ознакомиться по адресу <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-ru.html>, на странице «Инструкция по e-Ур: Электронное издательство ASEESTANT».

Военно-технический вестник выпускает статьи на сербском, русском, английском, немецком или французском языках (Arial, шрифт 11 pt, пробел Single).

Статья должна быть написана согласно с **Этическим кодексом** (<http://www.vtg.mod.gov.rs/etichyeskiy-kodyeks.html>).

Статья должна содержать сюжет с ключевыми словами, введение, разработку, выводы, список использованной литературы и резюме с ключевыми словами на английском языке (без нумерации заголовков и подзаголовков). Объем статьи не должен превышать один авторский лист (16 страниц формата A4 с пробелом Single).

Статья должна быть написана на образце написания статьи, который можно скачать на странице сайта «Правила и образец составления статьи».

#### **Заголовок**

Заголовок должен отражать тему статьи. Интересы журнала и автора состоят в использовании слов, удобных для индексации и поиска. Если такие слова не содержатся в заголовке, то желательно добавить и подзаголовок. Заголовок должен быть переведен на английский язык. Эти заголовки пишутся перед сюжетами на соответствующем языке.

#### **Текущий заголовок**

Текущий заголовок пишется в титуле каждой страницы статьи с целью упрощения идентификации, в первой очереди копий статьей в электронном виде. Содержит в себе фамилию и инициал имени автора (в случае если авторов несколько, остальные обозначаются с «et al.» или «и др.»), заголовки работы и журнала (год, объем, тетрадь, начальная и заключительная страница). Заголовки журнала и статьи могут приводиться в сокращенном виде.

#### **ФИО автора**

Приводятся полная фамилия и полное имя (всех) авторов. Очень желательно, чтобы были приведены и средние буквы авторов. Фамилия и имя отечественных авторов всегда пишутся в оригинальном виде (с сербскими диакритическими знаками), независимо от языка, на котором работа написана.

#### **Наименование учреждения автора (аффилиация)**

Приводится полное (официальное) наименование и местонахождение учреждения, в котором работает автор, а также наименование учреждения, в котором автор провел исследование. В случае сложных организаций приводится общая иерархия (напр. Университет обороны в г. Белграде, Военная академия, Кафедра военных электронных систем). По крайней мере, одна из этих организаций в иерархии должна иметь статус юридического лица. В случае если авторов несколько, и если некоторые работают в одном учреждении, нужно отдельными обозначениями или каким-нибудь другим способом указать в каком из приведенных учреждений работает каждый из приведенных авторов. Аффилиация пишется непосредственно после ФИО автора. Должность и квалификация по образованию не указываются.

#### **Контактные данные**

Почтовый адрес и/или электронный адрес авторов указываются на первой странице статьи.

### Категория (тип) статьи

Категоризация статьей является обязанностью редакции и имеет особое значение. Категорию статьи могут предлагать рецензенты и члены редакции, т.е. редакторы рубрик, но ответственность за категоризацию несет исключительно главный редактор. Статьи в журналах распределяются по следующим категориям:

Научные статьи:

1. оригинальная научная работа (работа, в которой приводятся раньше неопубликованные результаты собственных исследований научным методом);
2. наглядная работа (работа, содержащая оригинальный, детальный и критический обзор исследовательской проблемы или области, в который автор внес определенный вклад, видимый на основе автоцитат);
3. краткая или предварительная информация (оригинальная научная работа полного формата, но меньшего объема или имеющая предварительный характер);
4. научная критика, т.е. полемика (дискуссия на определенную научную тему, обоснованная исключительно на научной аргументации) и беглые обзоры.

Однако, в некоторых областях научная работа в журнале может иметь форму монографической студии, а также критического издания научного материала (историко-архивного, лексикографического, библиографического, обзора данных и т.п.) – до тех пор неизвестного или недостаточно доступного для научных исследований. Работы, классифицированные в качестве научных, должны иметь, по меньшей мере, две положительные рецензии.

Список рецензентов Военно-технического вестника можно посмотреть на странице сайта «Список рецензентов».

В случае если в журнале объявляются и приложения, не имеющие научный характер, научные статьи должны быть сгруппированы и четко выделены в первой части тетради.

Профессиональные статьи:

1. профессиональная работа (приложения, в которых предлагаются опыты, полезные для совершенствования профессиональной практики, но которые не должны в обязательном порядке быть обоснованы на научном методе);
2. информативное приложение (передовая статья, комментарий и т.п.);
3. рецензия (книги, компьютерной программы, случая, научного события и т.п.).

### Язык работы

Работа может быть написана на сербском, английском или другом языке, используемом в международной коммуникации в определенной научной области (русский, немецкий или французский).

Текст должен быть в лингвистическом и стилистическом смысле упорядочен, систематизирован, без сокращений (за исключением стандартных). Все физические величины должны соответствовать Международной системе единиц измерения – СИ. Очередность формул обозначается порядковыми номерами, с правой стороны в круглых скобках.

### Сюжет (абстракт) и резюме

Сюжет (абстракт) является кратким информативным обзором содержания статьи, обеспечивающим читателю быстро и точно оценить его релевантность. В интересах редакции и авторов, чтобы сюжет содержал термины, часто используемые для индексирования и поиска статьей. Составными частями сюжета являются цель исследования, методы и заключение. В сюжете должно быть от 100 до 250 слов, и должен находиться между титулами (заголовков, ФИО авторов и др.) и ключевыми словами, за которыми следует текст статьи. Если работа написана на сербском (русском, немецком или французском) языке, желательно, чтобы кроме сюжета на сербском (русском, немецком или французском) был предоставлен и сюжет в расширенном виде на английском языке – в качестве т.н. резюме (summary). Такой резюме должен находиться в конце статьи, после раздела Литература. Важно, чтобы резюме было в структурированном виде, и его длина



может составлять до 1/10 длины статьи (оно более обширно, чем сюжет из начала статьи). Началом данного резюме может быть переведенный сюжет (из начала статьи), а затем должны следовать переведенные главные заголовки, подзаголовки и основы заключения статьи (литература не переводится). В структурированном резюме нужно перевести часть текста под заголовком и заголовком, принимая во внимание, чтобы она была пропорциональна их размеру и в то же время отражала суть.

#### **Ключевые слова**

Ключевыми словами являются термины или фразы, адекватно представляющие содержание статьи, необходимое для индексирования и поиска. Их надо присуждать, опираясь при этом на какой-то международный источник (регистр, словарь, тезаурус), наиболее приемлемый внутри данной научной области. Число ключевых слов не может превышать 10, а в интересах редакции и авторов, чтобы их частота была как можно больше. Ключевые слова даются на языке, на котором написана статья (сюжет), и на английском языке. В статье они пишутся непосредственно после сюжета, т.е. после резюме.

Программа ASSESTANT предоставляет возможность использования сервиса KWASS: автоматическое фиксирование ключевых слов из источников/словарей по выбору, т.е., которые автор/редактор воспринимает или нет.

#### **Дата получения статьи**

Дата, когда редакция получила статью, дата, когда редакция окончательно приняла статью для опубликования, а также даты, когда за истекший период были предоставлены эвентуальные исправления рукописи, приводятся в хронологическом порядке, на постоянном месте, как правило, в конце статьи.

#### **Выражение благодарности**

Наименование и номер проекта, т.е. название программы, в которой статья возникла, как и наименование учреждения, которое финансировало проект или программу, приводятся в отдельном примечании на постоянном месте, как правило, внизу первой страницы статьи.

#### **Предыдущие версии работы**

В случае если статья в предыдущей версии была изложена в устном обращении (под одинаковым или похожим названием), сведение об этом должно быть указано в отдельном примечании, как правило, внизу первой страницы статьи. Работа, которая уже опубликована в некотором из журналов, не может быть опубликована в Военно-техническом вестнике (перепечатана), ни под похожим названием, ни измененном виде.

#### **Табличное и графическое представление**

Желательно, чтобы названия всех представлений (по возможности и текстуальное содержание) были представлены на двух языках (на языке работы и на английском). Таблицы пишутся таким же способом как и текст и обозначаются порядковыми номерами с верхней стороны. Фотографии и рисунки должны быть понятны, наглядны и удобные для репродукции. Рисунки надо делать в программах Word или corel. Фотографии и рисунки надо поставить на желаемое место в тексте.

#### **Ссылки (цитирование) в тексте**

Оформление ссылок на источники в рамках статьи должно быть однообразным.

Военно-технический вестник для оформления ссылок, цитат и списка использованной литературы пользуется гарвардской системой (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual). В тексте в скобках приводится фамилия цитируемого автора (или фамилия первого автора, если авторов несколько), год издания и по необходимости номер страницы. Например: (Петрович, 2010., pp. 10-20). Рекомендации о способе цитирования размещены на странице сайта «Инструкция по использованию Гарвардского

стиля». При оформлении ссылок, цитат и списка использованной литературы необходимо придерживаться установленных норм.

Программа ASEESTANT предоставляет при цитировании возможность использования сервиса CiteMatcher: фиксирование пропущенных цитат в работе и списке литературы.

#### **Примечания (сноски)**

Примечания указываются внизу страницы, на которой находится текст, к которым они относятся. Могут содержать менее важные детали, дополнительные объяснения, указания об использованных источниках (напр. научном материале, справочниках), но не могут быть заменой для цитированной литературы.

#### **Лист референций (литература)**

Цитированной литературой охвачены, как правило, библиографические источники (статьи, монографии и т.п.) и она представляется исключительно в отдельном разделе статьи, в виде листа референций. Референции не переводятся на язык работы.

Военно-технический вестник для оформления списка использованной литературы применяет гарвардскую систему (Harvard Style Manual). В списке литературы источники даются в алфавитном порядке авторов или редакторов. Рекомендации о способе цитирования размещены на странице сайта «Инструкция по использованию Гарвардского стиля». При оформлении списка использованной литературы необходимо придерживаться установленных норм.

Программа ASEESTANT при оформлении списка литературы предоставляет возможность использования сервиса RefFormatter: контроль оформления списка литературы в соответствии со стандартами Гарвардского стиля.

Нестандартное, неполное и непоследовательное приведение литературы в системах оценки журнала считается достаточной причиной для оспаривания научного статуса журнала.

#### **Сопроводительное письмо**

Кроме статьи предоставляется сопроводительное письмо, в котором нужно указать о каком виде статьи речь идет, которые из графических представлений (фотографии и рисунки) оригинальные, а которые взяты взаймы.

В сопроводительном письме приводятся и сведения об авторе: имя, средняя буква, фамилия, чин, звание, e-mail, адрес работодателя (воинская почта), домашний адрес, служебный телефон и личный (мобильный) телефон, счет и наименование банка, муниципалитет места проживания и единый идентификационный номер гражданина.

В случае если авторов статьи несколько, в сопроводительном письме указывается доля участия каждого из них отдельно в процентах, в целях расчета гонорара.

Все работы подлежат спец. рецензированию, в то время как опубликованные работы и спец. рецензии оплачиваются согласно действующему законодательству.

Почтовый адрес редакции:  
«Војнотехнички гласник»,  
11000 Београд,  
Ул. Браће Југовића 19  
E-mail:vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.

РЕДАКТОР  
Небойша Гачеша  
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs  
тел: +381 11 3349 497, +381 64 80 80 118

## ОБАВЕШТЕЊА САРАДНИЦИМА И ЧИТАОЦИМА INFORMATIONS FOR CONTRIBUTORS AND READERS СООБЩЕНИЯ ДЛЯ ПАРТНЕРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

### *Ћирилични домен Војнотехничког гласника на интернету*

Од 22. 12. 2014. године *Војнотехнички гласник* је доступан на интернету и са ћириличним доменом, на адреси **втг.мо.упр.срб**.

Ћирилични домен .срб је, поред латиничног домена .рс, национални домен Републике Србије, а после руског .рф и други интернет домен на свету на ћириличном писму. Део је породице интернационализованих назива домена (Internationalized Domain Name IDN), односно домена који нису написани енглеским алфабетом.

Ћирилични домен представља велики корак у развоју сајта *Војнотехничког гласника* и доступности часописа на интернету.

Велики значај ћириличног домена огледа се у лакшој интеграцији интернет адреса у текстовима на ћирилици. Ћирилични домен доприноси да се ћирилица афирмише као компјутерско писмо и опстане у компјутерској ери, што је важан корак у очувању српског писма и српске културе.

### *Cyrillic domain of the Military Technical Courier on the Internet*

As of 22 December 2014, the *Military Technical Courier* is available on the Internet in the Cyrillic alphabet as well, at the address **втг.мо.упр.срб**.

Besides the domain .rs in the Latin script, the national Internet domain of the Republic of Serbia is also the Cyrillic domain .срб. This second Internet domain in the Cyrillic characters in the world, after the Russian's .рф, belongs to the family of Internationalized Domain Names (IDN), i.e. to domains written in alphabets other than English.

The Cyrillic domain is a big step forward in developing the *Military Technical Courier* web site and in the journal's availability on the Internet.

The integration of the Internet addresses in texts in the Cyrillic alphabet is now much easier. The Cyrillic domain represents a contribution to promoting the Cyrillic alphabet as a computer alphabet, thus enabling it to find its place in the computer era and, consequently, help in preserving the Serbian alphabet and Serbian heritage.

### *Кириллически интернет-домен журнала «Военно-технический вестник»*

С 22.12.2014г. по адресу <**втг.мо.упр.срб**> начнет функционировать кириллический интернет-домен журнала «Военно-технический вестник».

Кириллически домен .срб, наряду с доменом .rs, является национальным доменом Республики Сербия, а также вторым в мире, после домена .рф, доменом на кириллице. Входит в группу интернационализованных доменных имен (англ. Internationalized Domain Names – IDN), т.е. имен, составленных из букв нелатинских алфавитов, либо из букв не английской версии латиницы. Создание кириллического домена, является огромным шагом в развитии официального сайта журнала «Военно-технический вестник», делая его более доступным для интернет-пользователей.

Большое значение имеет облегчение интеграции доменного имени в текст, составленный кириллическим шрифтом. Создание кириллического домена способствует восприятию букв кириллицы как компьютерных символов (что позволит им сохраниться в эпоху компьютеров), а также является важным шагом по сохранению сербского алфавита и сербской культуры.



### *Vojnotehnički glasnik indeksiran u ruskoj Naučnoj elektronskoj biblioteci i Ruskom indeksu naučnog citiranja*

*Vojnotehnički glasnik* je od 18. 02. 2015. godine indeksiran u ruskoj *Naučnoj elektronskoj biblioteci* (eLIBRARY.RU) i *Ruskom indeksu naučnog citiranja* (RINC). *Vojnotehnički glasnik* je prvi naučni časopis iz Republike Srbije koji je indeksiran u RINC. eLIBRARY.RU je najveća ruska naučna elektronska biblioteka, sa pretraživačem širokih kapaciteta. Biblioteka je integrisana sa Ruskim indeksom naučnog citiranja (RINC), koji je kreiran na zahtev Ministarstva nauke Ruske Federacije.

Ruski indeks naučnog citiranja (RINC) jeste informaciono-analički sistem koji obuhvata 6 miliona naučnih radova, kao i reference iz 4500 naučnih časopisa. Elektronska biblioteka namenjena je za operativna naučna istraživanja. Zahvaljujući obimnom spisku aktuelnih bibliografskih referenci, ona omogućava analizu efektivnosti rada naučno istraživačkih organizacija, naučnika, kao i referentnosti naučnih časopisa.

### *Military Technical Courier indexed in the Russian Scientific Electronic Library and the Russian Science Citation Index*

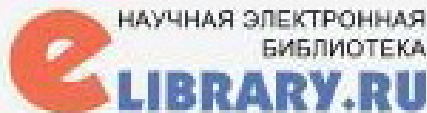
Since 18th February 2015, the *Military Technical Courier* has been indexed in the *Russian Scientific Electronic Library* (eLIBRARY.RU) and the *Russian Science Citation Index* (RSCI). The *Military Technical Courier* is the first scientific journal from Serbia indexed in RSCI. The eLIBRARY.RU is the largest Russian electronic library with a powerful search engine. The Library has been integrated with the Russian Science Citation Index (RSCI), created at the request of the Ministry of Science of the Russian Federation.

The Russian Science Citation Index (RSCI) is an information-analytic system accumulating 6 million scientific publications as well as the references from 4,500 scientific journals. The Electronic Library is designed for operational scientific research. Owing to an exhaustive list of relevant bibliographic references, it enables the analysis of the effectiveness of scientific-research organizations and researchers as well as scientific journals' impact factors.

### *«Военно-технический вестник» интегрирован с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ).*

*«Военно-технический вестник»* с 18.02.2015г. интегрирован с *Научной электронной библиотекой*, а также с *Российским индексом научного цитирования*. *«Военно-технический вестник»* первый сербский научный журнал, размещенный в РИНЦ. eLIBRARY.RU это крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, обладающая богатыми возможностями поиска и получения информации. Библиотека интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) - созданным по заказу Минобрнауки РФ.

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) - это национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций авторов, а также информацию о цитировании этих публикаций из более 4500 журналов. *Научная электронная библиотека* предназначена не только для оперативного обеспечения научных исследований актуальной справочно-библиографической информацией, но является также и мощным инструментом, позволяющим осуществлять оценку результативности и эффективности деятельности научно-исследовательских организаций, ученых, уровень научных журналов.



Nebojša Gaćeša, e-mail: [nebojsa.gacesa@mod.gov.rs](mailto:nebojsa.gacesa@mod.gov.rs)

**СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА**  
**LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER**  
**СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА**

**СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА**

<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail</b>
Пуковник проф. др Марко Д. Андрејић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, начелник катедре логистике	логистика одбране	markodandrejic@hotmail.com
Доц. др Милош Ж. Арсић	Пуковник у пензији	менаџмент саобраћајном подршком	misaarsa@yahoo.com
Ванр. проф. др Војислав Ј. Батинић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, катедра војномашинског инжењерства	опште машинске конструкције	beregvojo@yahoo.com vojislav.batinic@va.mod.gov.rs
Ванр. проф. др Стеван М. Бербер	Универзитет у Окленду, департман електротехнике и рачунарског инжењеринга, Окленд, Нови Зеланд	електроника и телекомуникације	s.berber@auckland.ac.nz
Доц. др Радивоје М. Биљић	Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, катедра за телекомуникације	телекомуникације, нападно навигацијски системи ваздухоплова, микроталасна техника, електромагнетика, сателитски системи	biljic@etf.rs
Проф. др Бранислав А. Боровац	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за индустријско инжењерство и менаџмент, катедра за мехатронику, роботiku и аутоматизацију	роботика	borovac@uns.ac.rs
Проф. др Угљеша С. Бугарић	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за индустријско инжењерство	операциона истраживања, масовно опслуживање, теротехнологија-одржавање, транспортни и складишни системи	ubugaric@mas.bg.ac.rs

<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail</b>
Проф. др Илија Ћосић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, декан факултета	индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент	ftndeans@uns.ac.rs
Пуковник ванр. проф. др Горан Д. Дикић	Министарство одбране, Универзитет одбране, проректор за међууниверзитетску и међународну сарадњу	системи аутоматског управљања, праћење циљева, системи вођења и управљања ракета	goran.dikic@mod.gov.rs
Пуковник доц. др Ненад П. Димитријевић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, руководилац последипломских студија	безбедност у саобраћају, заштита ресурса у саобраћају и транспорту	neshadim@open.telecom.rs
Пуковник ванр. проф. др Раденко С. Димитријевић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, катедра војнохемијског инжењерства	експлозивне материје, муниција, убојна средства	radenkod@beotelnet.rs
Пуковник ванр. проф. др Бобан Д. Ђоровић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, проректор	процеси и методе у саобраћају и транспорту, транспортне мреже, организација транспорта	lukema@ptt.rs
Проф. др Владо П. Ђурковић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, катедра војномашинског инжењерства, начелник одсека заједничких предмета машинства	примењена механика крутог и деформабилног тела	vlado.djurkovic@va.mod.gov.rs djurkovic.vlado@gmail.com
Ван. проф. др Предраг М. Елек	Универзитет у Београду, Машински факултет, Катедра за системе наоружања	балистика на циљу, конструкција пројектила, физика експлозије	pelek@mas.bg.ac.rs

<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail</b>
Доц. др Миљко М. Ерић	Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, катедра за телекомуникације, дописни члан Инжењерске Академије Србије	телекомуникације, дигитална обрада сигнала, електронско извиђање, радио-гониометрија, антенски низови, микрофонски низови, аrray процесинг	meric@open.telekom.rs miljko.eric@etf.rs
Др Милош Р. Филиповић	научни саветник у пензији	енергетски материјали (експлозивни, пиротехника, барути и ракетна горива, сагоревање, детонација, експлозија)	milosf321@gmail.com
Доц. др Зоран Љ. Филиповић	Институт Гоша, научни сарадник	електроника и телекомуникације (авионика, метрологија, телекомуникације)	filipovicz@open.telekom.rs
Ванр. проф. др Васко Г. Фотев	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за ваздухопловство	погон летелица (авионски и ракетни мотори)	vfotev@mas.bg.ac.rs
Проф. др Катарина Д. Герић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за производно машинство, катедра за материјалеи спајање материјала	наука о материјалима, инжењерство материјала, Испитивање материјала	gerick@uns.ac.rs
Пуковник доц. др Љубомир Ј. Гиговић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, катедра природно-математичких наука, руководилац групе наставника за војну географију и топографију	геонауке, геодетско инжењерство	ljgigovic@yahoo.com
Проф. др Миро Ј. Говедарица	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за рачунарство и аутоматику, катедра за системе, сигнале и управљање, руководилац студијског програма геодезија и геоматика	геодезија, геоматика, геоинформатика	miro@uns.ac.rs

<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail</b>
Проф. др Јанко Ј. Ходолич	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука	метрологија, квалитет, прибори и еколошко-инжењерски аспекти	hodolic@uns.ac.rs
Пуковник доц. др Слободан С. Илић	Генералштаб, Управа за планирање и развој (Ј-5), Технички опитни центар, директор	системи одржавања, наоружање	slobodan.ilic@vs.rs
Ванр. проф. др Бранислав В. Јакић	Пуковник у пензији, Алфа Универзитет Београд, Универзитет за пословне студије Бања Лука	логистика, квалитет, стандардизација, метрологија, номенклатура, кодификација, технолошки менаџмент, управљање квалитетом	bjakic@yahoo.com
Проф. др Слободан С. Јарамаз	Универзитет у Београду, Машински факултет, шеф катедре за системе наоружања	унутрашња балистика, конструкција пројектила, физика експлозије, балистика на циљу, сагоревање барута	sjaramaz@mas.bg.ac.rs
Проф. др Радун Б. Јеремић	Пуковник у пензији	муниција, експлозивне материје	radjer@open.telecom.rs
Доц. др Данко М. Јовановић	Генерал мајор у пензији	управљање производњом, логистика, одржавање техничких система, квалитет, ризици, стандардизација	danko.jovanovic17@gmail.com
Доц. др Вукица М. Јовановић	Трајн Универзитет, Факултет за инжењерство и технологију, депарتمان за конструкције и дизајн, Енгола, Индијана, САД	машинство	vukica.jovanovic@gmail.com
Потпуковник доц. др Радован М. Каркалић	Министарство одбране, Универзитет одбране, Војна академија, катедра војнохемијског инжењерства	хемијска технологија (нуклеарно-хемијско-биолошка заштита, детекција, идентификација и деконтаминација)	rkarkalic@yahoo.com
Проф. др Владимир А. Катић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, продекан факултета	енергетска електроника, електричне машине, електромоторни погони, квалитет електричне енергије, обновљиви извори електричне енергије	katav@uns.ac.rs



<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail</b>
Проф. др Срђан Р. Колаковић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, продекан	грађевинарство – хидротехника	kolak@uns.ac.rs
Пуковник др Zbyšek Кореcki	Универзитет одбране Републике Чешке, Факултет за економику и менаџмент, начелник катедре логистике	логистика одбране, мултинационална логистика	zbysek.korecki@unob.cz
Доцент др Мирко С. Козић, виши научни сарадник	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, Војнотехнички институт	механика флуида, нумеричка динамика флуида, аеродинамичка оптерећења	mkozic@open.telekom.rs
Доц. др Никола Л. Лекић	Пуковник у пензији	радарски циљеви, радарске антене, мерење радарских циљева и антена, радарска техника и системи	lekicn@ptt.rs
Проф. др Радо М. Максимовић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за индустријско инжењерство и менаџмент, руководилац студијских програма инжењерски менаџмент	производни системи, организација предузећа, развојни процеси у предузећу	rado@uns.ac.rs
Научни саветник др Стеван М. Максимовић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, Војнотехнички институт, начелник одељења чврстоће	чврстоћа конструкција, механика лома, замор, нумеричке методе	s.maksimovic@open.telekom.rs
Др Василије М. Мановић	Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK	заштита животне средине, хемијско инжењерство	vmanovic@gmail.com
Проф. др Дејан М. Мицковић	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за системе наоружања	конструкција класичног наоружања, аутоматска оружја, унутрашња балистика	dmickovic@mas.bg.ac.rs

<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail</b>
Проф. др Момчило П. Милиновић	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за системе наоружања	ракетни системи, лансери, системи управљања ватром	mmilinovic@mas.bg.ac.rs
Проф. др Зоран Ђ. Миљковић	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за производно машинство	технологија машинске обраде, роботика, вештачка интелигенција, аутономни системи и машинско учење, вештачке неуронске мреже, интелигентни технолошки системи, методе одлучивања	zmiljkovic@mas.bg.ac.rs
Потпуковник доц. др Срђан Т. Митровић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, катедра војноелектронског инжењерства, начелник одсека за електротехнику и електронику	мобилни роботи, управљање у реалном времену, фази логика, фази управљање, микропроцесорски системи, управљање системима (аутоматика), алгоритми навигације возила, бродски борбени и навигациони системи	srdjan.mitrovic@va.mod.gov.rs
Потпуковник доц. др Славко Р. Муждека	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, катедра војномашинског инжењерства, шеф одсека за борбена возила	моторна возила, борбена возила	mslavko@beotel.rs
Проф. др Младен Д. Пантић	Пуковник у пензији	борбена возила	emily983@sbb.rs
Пуковник Зоран С. Патић	Генералштаб Војске Србије, Управа за логистику (Ј-4), начелник 3. одељења	логистика, одржавање, снабдевање, пројектовање организације логистичких система	zpatic@yahoo.co.uk
Потпуковник доц. др Сретен Р. Перић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, начелник катедре војномашинског инжењерства	технологија одржавања моторних возила	sretenperic@yahoo.com

<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail</b>
Проф. др Славко Ј. Покорни	Висока школа струковних студија за информационе технологије у Београду, помоћник директора, пуковник у пензији	поузданост, расположивост и одржавање система (хардвер, софтвер, човек), примена инфрацрвеног зрачења, информационе и комуникационе технологије	slavko.pokorni@its.edu.rs
Проф. др Мирослав В. Поповић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, катедра за рачунарску технику	рачунарска техника и комуникације (инжењеринг система заснованих на рачунарима)	miroslav.popovic@rt-rk.com
Проф. др Југослав Р. Радуловић	Пуковник у пензији	муниција, менаџмент, квалитет	yugoslav@ptt.rs
Научни саветник проф. др Душан С. Рајић	Пуковник у пензији	противхемијска заштита, оружје за масовно уништавање (НХБ борбена средства), теорија решавања иновативних задатака	rajic.dusan1@gmail.com
Пуковник доц. др Зоран М. Рајић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, директор Војнотехничког института	аеродинамика	rajic_zoran@yahoo.com
Пуковник ванр. проф. др Миодраг Д. Регодић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, начелник катедре природно-математичких наука	геонауке, геодетско инжењерство	mregodic62@gmail.com
Др Милорад Д. Савковић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, Војнотехнички институт	ракетни мотори, ракетна и бестрајна средства за ПО борбу	savkovic.milorad@gmail.com
Проф. др Драгољуб Ј. Секуловић	Пуковник у пензији	геонауке, геодетско инжењерство	sekulovicdr@yahoo.co.uk

Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail
Др Срећко С. Стопић	Технички универзитет у Ахену, СР Немачка, Институт за процесну металургију и рециклирање метала, научни саветник, вођа групе за хидрометалургију и нанотехнологију	хидрометалургија, нанотехнологија, хемијске синтезе, рециклирање, заштита животне средине	stopic2003@yahoo.de
Проф. др Томислав Б. Шекара	Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, катедра за сигнале и системе	управљање процесима са концентрисаним и распоређеним параметрима, оптимални индустријски регулатори, фракциони закони управљања са применом у индустрији, карактеризација процеса, адекватна дискретизација и обрада сигнала, сензори и актуатори, компензација и уштеда електричне енергије у дистрибутивним електроенергетским системима	tomi@etf.rs
Проф. др Драган Д. Шешлија	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за индустријско инжењерство и менаџмент, катедра за мехатронику, роботiku и аутоматизацију	мехатроника, роботика, аутоматизација	seslija@uns.ac.rs
Пуковник доц. др Горан П. Шимић	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, начелник Центра за симулације и учење на даљину	информатика и рачунарство	gshimic@gmail.com

<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail</b>
Проф. др Владимир С. Шкиљаица	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за саобраћај, катедра за технологије транспортних система	технологија водног саобраћаја, бродови, безбедност пловидбе	vlaski@uns.ac.rs
Проф. др Љубиша К. Танчић	Пуковник у пензији	унутрашња балистика, наоружање	ljtancic@gmail.com
Проф. др Бранко М. Тешановић	Пуковник у пензији	општа логистика, економија	brate@verat.net
Потпуковник доц. др Иван А. Тот	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, Војна академија, руководилац групе за информационалне системе на катедри телекомуникација и информатике	базе података, информациони системи, заштита информационог система	totivan@gmail.com
Научни саветник проф. др Драгољуб А. Вујић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, Војнотехнички институт	примењена механика, дијагностика, софистицирани системи одржавања техничких система	vujicd@eunet.rs, dragoljub.vujic@vti.vs.rs
Генерал мајор ванр. проф. др Младен М. Вуруна	Министарство одбране, Сектор за људске ресурсе, Универзитет одбране, ректор	војно-хемијско инжењерство (погонска средства, токсиколошка средства, заштита од НХБ оружја, заштита животне средине)	mladenvuruna@yahoo.com
Генерал мајор проф. др Бојан М. Зрнић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, начелник управе	сензорски системи, стратегијско планирање	bojan.zrnica@vs.rs

## LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Professor Colonel Marko D. Andrejić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Logistics Department	Military logistics	markodandrejic@hotmail.com
Assistant Professor Miloš Ž. Arsić, PhD	Retired Colonel	Transportation support management	misaarsa@yahoo.com
Associate Professor Vojislav J. Batinić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering	General mechanical engineering constructions	beregvojo@yahoo.com
Associate Professor Stevan M. Berber, PhD	The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand, Senior Lecturer	Electronics and telecommunications	s.berber@auckland.ac.nz
Assistant Professor Radivoje M. Biljić, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department of Telecommunications	Telecommunications, navigation/attack systems, electromagnetics, satellite systems	biljic@etf.rs
Professor Branislav A. Borovac, PhD	University in Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Chair for Mechatronics, Robotics and Automation	Robotics	borovac@uns.ac.rs
Professor Uglješa S. Bugarić, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department for Industrial Engineering	Operational research, queuing theory, terotechnology – maintenance, transportation and storage systems	ubugaric@mas.bg.ac.rs
Professor Ilija Čosić, PhD	University in Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dean of the Faculty	Industrial Engineering and engineering management	ftndean@uns.ac.rs

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail</b>
Associate Professor Colonel Goran D. Dikić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Vice Dean for Interuniversity and International Cooperation	Automatic control systems, target tracking, missile guidance and control systems	goran.dikic@mod.gov.rs
Assistant Professor Colonel Nenad P. Dimitrijević, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Director of Postgraduate Studies	Traffic safety, protection of resources in traffic and transportation	neshadim@nadlanu.com
Associate Professor Colonel Radenko S. Dimitrijević, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Chemical Engineering	Ordnance, ammunition	radenkod@beotelnet.rs
Associate Professor Colonel Boban D. Đorović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Vice Dean	Processes and methods in traffic and transportation, transportation networks, transport organization	lukema@ptt.rs
Professor Vlado P. Đurković, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering, Head of Faculty Staff Teaching General Subjects in Mechanical Engineering	Applied mechanics of rigid and deformable body	vlado.djurkovic@va.mod.gov.rs djurkovic.vlado@gmail.com
Associate Professor Predrag M. Elek, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Terminal ballistic, Projectile construction, Physics of explosion	pelek@mas.bg.ac.rs
Assistant Professor Miljko M. Erić, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department of Telecommunications, corresponding member of Engineering Academy of Serbia	Telecommunications, digital signal processing, electronic reconnaissance, radio direction finding, antenna arrays, microphone arrays, array processing	meric@open.telekom.rs miljko.eric@etf.rs

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail</b>
Scientific Advisor Miloš R. Filipović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute, Head of Sector for Materials and Protection	Ordnance (explosives, pyrotechnics, gunpowders and rocket propellants, combustion, detonation, explosion)	milosf321@gmail.com
Assistant Professor Zoran Lj. Filipović, PhD	Goša Institute Research Fellow	Electronics and telecommunications (avionics, metrology, telecommunications)	filipovicz@open.telecom.rs
Associate Professor Vasko G. Fotev, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Aviation	Aircraft propulsion (aircraft and rocket engines)	vfotev@mas.bg.ac.rs
Professor Katarina D. Gerić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Production Engineering, Chair of Materials and Technology of Connection	Materials science, materials engineering, materials testing	gerick@uns.ac.rs
Assistant Professor Colonel Ljubomir J. Gigović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Natural and Mathematical Sciences, Head of Faculty Staff Teaching Military Geography and Topography	Geosciences, geodetic engineering	ljgigovic@yahoo.com
Professor Miro J. Govedarica, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Computing and Automatics, Head of the study program Geodesy and Geomatics	Geodesy, Geomatics, Geoinformatics	miro@uns.ac.rs
Professor Janko J. Hodolić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences	Metrology, quality, tools and ecological-engineering aspects	hodolic@uns.ac.rs



<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail</b>
Assistant Professor Colonel Slobodan S. Ilić, PhD	General Staff of the Armed Forces of Serbia, Planning and Development Directorate (J-5), Technical Test Center, Director	Maintenance systems, armament	slobodan.ilic@vs.rs
Associate Professor Branislav V. Jakić, PhD	Retired Colonel, Alpha University Belgrade, University of Business studies Banja Luka	Logistics, quality, standardisation, metrology, nomenclature, codification, technology management, quality management	bjakic@yahoo.com
Professor Slobodan S. Jaramaz, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Head of Department of Weapon Systems	Internal ballistics, projectile construction, physics of explosion, terminal ballistics, gunpowder combustion	sjaramaz@mas.bg.ac.rs
Professor Radun B. Jeremić, PhD	Retired Colonel	Ammunition, ordnance	radjer@open.telecom.rs
Assistant Professor Danko M. Jovanović, PhD	Retired Major General	Production management, logistics, maintenance of technical systems, quality, risks, standardisation	danko.jovanovic17@gmail.com
Assistant Professor Vukica M. Jovanović, Phd	Trine University, Allen School of Eggineering and Technology, Department of Engineering echnology, Angola, Indiana, USA	Mechanical engineering	vukica.jovanovic@gmail.com
Assistant Professor LtColonel Radovan M. Karkalić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Chemical Engineering	Chemical technology (nuclear-biological-chemical protection, detection, identification and decontamination)	rkarkalic@yahoo.com
Professor Vladimir A. Katić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Vice Dean	Power electronics, electric machines, electric power systems and stations, electric power quality, renewable sources of electric power	katav@uns.ac.rs
Professor Srđan R. Kolaković, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Vice Dean	Civil engineering, hydrotechnology	kolak@uns.ac.rs

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail</b>
Colonel Zbyšek Korecki, PhD	University of Defence of the Czech Republic, Faculty of Economics and Management, Head of Department of Logistics	Logistics of defence, multinational logistics	zbysek.korecki@unob.cz
Assistant Professor Mirko S. Kozić, PhD, senior scientific associate	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Mechanics of fluids, computational fluid dynamics, aerodynamic load	mkozic@open.telekom.rs
Assistant Professor Nikola L. Lekić, PhD	Retired Colonel	Radar targets, radar antennas, measurement of radar targets and antennas, radar technique and systems	lekicn@ptt.rs
Professor Rado M. Maksimović, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Head of Engineering Management program of study	Production systems, organization of industrial systems, development processes in industrial systems	rado@uns.ac.rs
Scientific Advisor Stevan M. Maksimović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute, Head of Laboratory for Strength	Structural strength, fracture mechanics, fatigue, numerical methods	s.maksimovic@open.telekom.rs
Senior Research Scientist Vasilije M. Manović, PhD	Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK	Environmental protection, Chemical engineering	vmanovic@gmail.com
Professor Dejan M. Micković, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Construction of classic weapons, automatic weapons, internal ballistics	dmickovic@mas.bg.ac.rs
Professor Momčilo P. Milinović, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Rocket systems, launchers, fire control systems	mmilinovic@mas.bg.ac.rs

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail</b>
Professor Zoran Đ. Miljković, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Engineering	Manufacturing technology, robotics, artificial intelligence, autonomous systems and machine learning, artificial neural networks, intelligent technological systems, decision-making methods	zmiljkovic@mas.bg.ac.rs
Assistant Professor Lt Colonel Srdjan T. Mitrović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Electrical Engineering, Head of the Section of Electrical Engineering and Electronics	Mobile robots, real time control, fuzzy logic, fuzzy control, microprocessing systems, system control (automation), vehicle navigation algorithms, naval combat and navigation systems	srdjan.mitrovic@va.mod.gov.rs
Assistant Professor Lt Colonel Slavko R. Muždeka, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering, Head of Section for Combat Vehicles	Motor vehicles, combat vehicles	msslavko@beotel.rs
Professor Mladen D. Pantić, PhD	Retired Colonel	Combat vehicles	emily983@sbb.rs
Colonel Zoran S. Patić	General Staff of the Armed Forces of Serbia, Logistics Directorate (J-4), Head of 3rd Section	Logistics, maintenance, supply, design of logistic system organisation	zpatic@yahoo.co.uk
Assistant Professor Lt Colonel Sreten R. Perić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Department of Military Mechanical Engineering	Technology of motor vehicle maintenance	sretenperic@yahoo.com
Professor Slavko J. Pokorni, PhD	Information Technology School, Retired Colonel	Reliability, availability and system maintenance (hardware, software, man) IR application, Information and Communications Technology	slavko.pokorni@its.edu.rs
Professor Miroslav V. Popović, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Chair of Computer Technology	Computer technology and communications (computer-based system engineering)	miroslav.popovic@rt-rk.com
Professor Jugoslav R. Radulović, PhD	Retired Colonel	Ammunition, management, quality	yugoslav@ptt.rs

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail</b>
Scientific Advisor Professor Colonel Dušan S. Rajić, PhD	Retired Colonel	Chemical protection, weapons of mass destruction (NBC weapons), theory of inventive problem solving	rajic.dusan1@gmail.com
Assistant Professor Colonel Zoran M. Rajić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Director of Military Technical Institute	Aerodynamics	rajic_zoran@yahoo.com
Assistant Professor Colonel Miodrag D. Regodić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Department of Natural and Mathematics Sciences	Geosciences, geodetic engineering	mregodic62@gmail.com
Milorad D. Savković, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Rocket motors, rocket and recoilless AT weapons	savkovic.milorad@gmail.com
Professor Dragoljub J. Sekulović, PhD	Retired Colonel	Geosciences, geodetic engineering	sekulovicdr@yahoo.co.uk
Scientific advisor Srećko S. Stopić, PhD	RWTH Aachen University, Germany, Faculty for Georesources and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Group leader for hydrometallurgy and nanotechnology	Hydrometallurgy, nanotechnology, recycling, environmental science	stopic2003@yahoo.de
Professor Tomislav B. Šekara, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department for Signals and Systems	Control of processes with concentrated and distributed parameters, industrial regulators with optimum performance, fraction laws of control in industrial application, process characterisation, adequate signal discretisation and processing, sensors and actuators, electric energy compensation and saving in electric energy distribution systems	tomi@etf.rs

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail</b>
Professor Dragan D. Šešlija, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Chair of Mechatronics, Robotics and Automation	Mechatronics, Robotics and Automation	seslija@uns.ac.rs
Assistant Professor Colonel Goran P. Šimić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Center for Simulations and Distance Learning	Information technology and computing	gshimic@gmail.com
Professor Vladimir S. Škiljaica, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Traffic Engineering, Chair of Technology of Transportation Systems	Technology of water transportation, ships, navigation safety	vlaski@uns.ac.rs
Professor Ljubiša K. Tančić, PhD	Retired Colonel	Internal ballistics, armament	ljtancic@gmail.com
Professor Branko M. Tešanović, PhD	Retired Colonel	General logistics, Economics	brate@verat.net
Assistant Professor LtColonel Ivan A. Tot, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Group for Information Systems at Department of Telecommunications and Information Technology	Data bases, information systems, information systems protection	totivan@gmail.com
Scientific Advisor Professor Dragoljub A. Vujić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Applied mechanics, diagnostics, sophisticated systems for technical system maintenance	vujicd@eunet.rs, dragoljub.vujic@vti.vs.rs
Associate Professor Major General Mladen M. Vuruna, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Rector	Military chemical engineering (propellants, toxicology, NBC protection, environmental protection)	mladenvuruna@yahoo.com
Professor Major General Bojan M. Znić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Head of Department	Sensor systems, strategic planning	bojan.znic@vs.rs

ИЗЈАВА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА О ЕТИЧНОМ ПОСТУПАЊУ  
 PUBLICATION ETHICS STATEMENT  
 ЭТИЧЕСКИЙ КОДЕКС

**ИЗЈАВА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА О ЕТИЧНОМ ПОСТУПАЊУ**

Објављивање чланака након стручне рецензије основна је делатност научног часописа *Војнотехнички гласник*. Неопходно је постићи сагласност о етичким начелима у поступцима свих учесника приликом објављивања чланака, од аутора, Редакције часописа и стручних рецензента до издавача.

**Обавезе Редакције *Војнотехничког гласника***

Уредништво Војнотехничког гласника не тражи од аутора плаћање накнаде за аплицирање чланка за објављивање. Читав поступак уређивања и објављивања чланка за ауторе је потпуно бесплатан.

Редакција *Војнотехничког гласника* одговорна је за доношење одлуке која ће од приспелих чланака бити одабран за објављивање.

Редакција треба да поступа у складу с политиком Уређивачког одбора *Војнотехничког гласника* као и у складу са законским прописима који се односе на клевету, кршење ауторских права и плагијате. Редакција може да се консултује са члановима Уређивачког одбора или рецензентима при доношењу одлуке.

Редакција процењује садржај рукописа независно од расе, пола, полне оријентације, религијских уверења, етничког порекла, политичких уверења и државне припадности аутора.

У свом раду, према препоруци Центра за евалуацију у образовању и науци (ЦЕОН), Редакција користи електронски систем уређивања (ASEESTANT), који омогућава транспарентност и јавност рада, подразумевајући пуну одговорност за прихватање и објављивање чланка.

Пре слања на рецензију Редакција проверава садржај рукописа на плагијаризам, коришћењем сервиса iThenticate (CrossRef и CrossCheck).

Часопис примењује „двоструки слепи поступак рецензије“ чланака. Аутори и рецензенти нису познати једни другима у процесу рецензије.

Нико из уређивачке куће не сме да открије ниједну информацију о пристиглом рукопису икоме, осим аутору, рецензентима, потенцијалним рецензентима, другим саветницима уређивачке куће и издавачу, према потреби.

Необјављен материјал из пристиглих рукописа не сме да се користи за истраживачки рад уређивача, осим са изричитим писменим одобрењем аутора.

**Обавезе рецензента**

Стручни рецензент помаже Редакцији у доношењу одлуке, а посредством контаката са ауторима преко Редакције може да помаже и ауторима на побољшавању текста рада.

Уколико изабрани рецензент сматра да није довољно квалификована да изврши рецензију истраживања у рукопису или је пак спречен да заврши и достави рецензију у договореном року, о томе треба благовремено да обавести Редакцију.

Сваки рукопис прихваћен на рецензију мора да се третира као поверљив документ. Не сме се показивати трећим лицима нити дискутовати са њима, осим када то одобри Редакција.

Рецензија треба да буде објективна. Неприхватљива је лична критика аутора. Рецензенти треба јасно да образложе своје ставове и поткрепе их аргументима.

Рецензенти треба да идентификују релевантне постојеће радове које аутор није цитирао. Свака претходно јавно саопштена тврдња или аргумент треба да буду пропраћени одговарајућим цитатом. Дужност рецензента је да скрене пажњу уреднику на значајна поклапања или сличност рукописа са већ објављеним радом, уколико о томе има лична сазнања.

Информације и идеје до којих се дошло стручном рецензијом поверљивог су карактера и не смеју се користити за сопствене потребе. Рецензенти не би требало да примају рукописе који их доводе у сукоб интереса на основу конкуренције, заједничког рада или других односа с било којим аутором, компанијом или институцијом повезаним с радом.

### Обавезе аутора

Када аутори пишу о оригиналном истраживању треба прецизно да прикажу обављени рад и да објективно изложе његов значај. Подаци треба да буду прецизно наведени. Чланак треба да садржи довољно детаља и референци да би могао да се репродукује. Лажне или намерно нетачне тврдње представљају неетичко поступање и неприхватљиве су.

Аутори треба да обезбеде необрађене податке у вези са чланком и пруже их на увид Редакцији, као и јавни приступ тим подацима, ако је то могуће, и да, у сваком случају, буду спремни да сачувају те податке у разумном року после објављивања.

Аутори треба да напишу потпуно оригиналне радове, а ако су користили радове и/или формулације других, онда то треба да наведу на одговарајући начин.

У принципу, аутори би требало да објаве рукопис који се суштински бави истим истраживањем само у једном часопису или примарној публикацији. Слање истог рукописа у више редакција часописа у исто време представља неетичко понашање и неприхватљиво је.

Обавезно је да аутор наведе радове које је користио у писању рукописа, као и да цитира публикације које су утицале на његов рад.

Ауторство треба да буде ограничено на оне који су значајно допринели идеји, њеном обликовању, извођењу или интерпретацији у датом истраживању. Сви који су значајно допринели раду треба да буду наведени као коаутори. Ако су појединци били битни у појединим аспектима истраживачког пројекта, треба им у захвалници одати признање за допринос.

Аутор треба да се постара да сви коаутори буду наведени као такви, као и да међу наведеним нема оних који то не заслужују. Ауторова дужност је да сви коаутори виде и одобре финалну верзију рада, као и да одобре његово објављивање.

Ако се у истраживању појављују хемијска једињења, поступци или опрема који су опасни по здравље људи или животиња, аутор то мора јасно да назначи у рукопису.

Сваки аутор треба да наведе у рукопису све врсте финансијских и осталих значајних конфликта интереса који би могли да утичу на резултате или интерпретацију његовог рада. Сви извори финансијске подршке треба да буду такође наведени.

Када аутор открије материјалну грешку или нетачност у свом објављеном раду, његова је дужност да одмах обавести Редакцију часописа или издавача и да сарађује са Редакцијом при повлачењу или кориговању рада.

## PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The publication of an article in this peer reviewed journal is an essential model for the scientific journal Military Technical Courier. It is necessary to agree upon standards of expected ethical behavior for all parties involved in the act of publishing: the author, the journal editor, the peer reviewer and the publisher.

### **Duties of the Military Technical Courier editor**

There are no APCs (author processing charges) or submission charges for the articles submitted to the Military Technical Courier. The whole process of article editing and publishing is entirely free of charge for authors.

The editor of the Military Technical Courier is responsible for deciding which of the articles submitted to the journal should be published.

The editor should be guided by the policies of the journal's editorial board and constrained by such legal requirements as shall then be in force regarding libel, copyright infringement and plagiarism. The editor may confer with the members of the editorial board or reviewers in making this decision.

The editor should evaluate manuscripts for their intellectual content without regard to race, gender, sexual orientation, religious belief, ethnic origin, citizenship, or political philosophy of the authors.

Following the recommendations of the CEON Centre for Evaluation in Education and Science (CEON/CEES), the editor applies the electronic editing system (ASEESTANT) which enables transparency and public access to work and accepts a full responsibility for the acceptance and publishing of articles.

Before sending articles for peer reviews, the editor checks the content of the submitted manuscripts for plagiarism using the iThenticate service (CrossRef and CrossCheck).

Journal applies a „double blind peer review process“ for papers. Authors and reviewers are anonymous to each other in the process of review.

The editor and any editorial staff must not disclose any information about a submitted manuscript to anyone other than the corresponding author, reviewers, potential reviewers, other editorial advisers, and the publisher, as appropriate.

Unpublished materials disclosed in a submitted manuscript must not be used in an editor's own research without the express written consent of the author.

### **Duties of reviewers**

A peer reviewer assists the editor in making editorial decisions and through the editorial communications with the author may also assist the author in improving the paper.

Any selected referee who feels unqualified to review the research reported in a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

Any manuscripts received for review must be treated as confidential documents. They must not be shown to or discussed with others except as authorized by the editor.

Reviews should be conducted objectively. Personal criticism of the author is inappropriate. Referees should express their views clearly with supporting arguments.

Reviewers should identify relevant published work that has not been cited by the authors. Any statement that an observation, derivation, or argument had been



previously reported should be accompanied by the relevant citation. A reviewer should also call to the editor's attention any substantial similarity or overlap between the manuscript under consideration and any other published paper of which they have personal knowledge.

Unpublished materials disclosed in a submitted manuscript must not be used in a reviewer's own research without the express written consent of the author. Privileged information or ideas obtained through peer review must be kept confidential and not used for personal advantage. Reviewers should not consider manuscripts in which they have conflicts of interest resulting from competitive, collaborative, or other relationships or connections with any of the authors, companies, or institutions connected to the papers.

### **Duties of authors**

Authors of reports of original research should present an accurate account of the work performed as well as an objective discussion of its significance. Underlying data should be represented accurately in the paper. A paper should contain sufficient detail and references to permit others to replicate the work. Fraudulent or knowingly inaccurate statements constitute unethical behavior and are unacceptable.

Authors may be asked to provide the raw data in connection with a paper for editorial review, and should be prepared to provide public access to such data if practicable, and should in any event be prepared to retain such data for a reasonable time after publication.

The authors should ensure that they have written entirely original works, and if the authors have used the work and/or words of others, that this has been appropriately cited or quoted.

An author should not in general publish manuscripts describing essentially the same research in more than one journal or primary publication. Submitting the same manuscript to more than one journal concurrently constitutes unethical publishing behavior and is unacceptable.

Proper acknowledgment of the work of others must always be given. Authors should cite publications that have been influential in determining the nature of the reported work.

Authorship should be limited to those who have made a significant contribution to the conception, design, execution, or interpretation of the reported study. All those who have made significant contributions should be listed as co-authors. Where there are others who have participated in certain substantive aspects of the research project, they should be acknowledged or listed as contributors.

The corresponding author should ensure that all appropriate co-authors and no inappropriate co-authors are included on the paper, and that all co-authors have seen and approved the final version of the paper and have agreed to its submission for publication.

If the work involves chemicals, procedures or equipment that have any unusual hazards inherent in their use, the author must clearly identify these in the manuscript.

All authors should disclose in their manuscript any financial or other substantive conflict of interest that might be construed to influence the results or interpretation of their manuscript. All sources of financial support for the project should be disclosed.

When an author discovers a significant error or inaccuracy in his/her own published work, it is the author's obligation to promptly notify the journal editor or publisher and cooperate with the editor to retract or correct the paper.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКУ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА

Публикация статей после их профессиональной рецензии является основной деятельностью научного журнала Военно-технический вестник. В первую очередь необходимо достичь договоренности об этических нормах и принципах, применяемых ко всем участникам в процессе выпуска журнала, начиная с автора, Совета редакторов, профессиональных рецензентов до издателя.

### Обязанности редакторов Военно-технического вестника

Редакция журнала "Военно-технический вестник" сообщает, что не взимает с авторов плату за публикацию их статей, то есть, все действия, связанные с редактированием и размещением статей являются абсолютно бесплатными.

Редакция Военно-технического вестника несет ответственность за принятие решений о публикации представленных в адрес журнала статей.

Редакция обязана соблюдать политику Совета редакторов Военно-технического вестника, также положения действующего законодательства, регулирующие вопросы распространения заведомо ложных сведений, порочащих честь и достоинство другого лица или подрывающих его репутацию и несоблюдения авторских прав. Редакция имеет право проконсультироваться с Советом редакторов или рецензентами относительно принятия решений о публикации статьи.

Редакция отбирает и оценивает материалы независимо от пола, религии, расы, национальности, политических убеждений автора.

Редакция в своей работе, по рекомендациям Центра эвалюации в образовании и науке (CEON), пользуется электронной системой редактирования ASEESTANT, обеспечивающей отсутствие секретности и доступность любой информации, и которая подразумевает ответственность за принятие решения о публикации статьи в полном объеме.

Редакция до момента представления статьи рецензентам должна проверить содержание работы по отношению к плагиаризму путем системы iThenticate (CrossRef и CrossCheck).

Редакция журнала проводит конфиденциальное рецензирование, применяя "двойной слепой метод". Авторы статьи и рецензенты не знают имен друг друга.

Никто из работников издательской компании не имеет право раскрывать любые сведения о представленной научной статье, за исключением случаев, если они по мере потребности нужны автору, рецензентам, возможным рецензентам и другим советникам редакторов и издателя.

Неопубликованными материалами нельзя воспользоваться для исследовательских работ без согласия автора.

### Обязанности рецензентов

Профессиональный рецензент оказывает поддержку Редакции при принятии решений о публикации статьей, а также, путем контактов с авторами через Редакцию оказывает содействие авторам в целях улучшения качества их работы.

В случае если рецензент считает, что он в достаточной степени не обладает качествами, необходимыми для осуществления профессиональной рецензии работы, или не сможет ее осуществить во время, то ему необходимо об этом проинформировать Редакцию.

Любая работа, представленная на рецензию, является конфиденциальным документом и ее нельзя показывать третьим лицам без одобрения Редакции.

Рецензия должна базироваться на объективных условиях. Не допускается личная критика автора. Рецензенты должны обосновать и доказать свои позиции по отношению к статье.

Рецензенты обязаны идентифицировать релевантные существующие работы, которые автор не цитировал. По любому общему сведению или аргументу приведенным в работе должны быть указаны соответствующие цитаты. Рецензент обязан обратить внимание редактору на эвентуальные сходства работы с другими опубликованными работами, в случае если такое что обнаружит.

Информация и идея до которой дошли рецензенты является конфиденциальной и ими нельзя воспользоваться для личных потребностей. Рекомендуются рецензентам не рецензировать работы, которые могут вызвать коллизию интересов (конкуренты, совместная работа, или иные отношения с автором, компанией или учреждением связанными с работой).

### **Обязанности авторов**

В своей исследовательской работе авторы должны придерживаться принципов четкости, разборчивости, понятности с целью объективного растолкования значения данной работы. Факты и показатели должны быть четко указаны. Работа должна содержать в достаточной степени фактов и деталей, чтобы она могла репродуцироваться. Неправильные или неточные утверждения являются примером неэтичного поведения и не будут приняты.

Авторы должны обеспечить необработанные данные, относящиеся к работе, и представить их на рассмотрение Редакции, и обеспечить к ним доступ всем заинтересованным лицам, если это является возможным. Также, авторы должны после публикации статьи хранить в разумные сроки полученные результаты.

Авторы должны в своих работах заниматься полностью оригинальными вопросами. В случае если они в своей работе использовали данные или факты других авторов, то об этом необходимо указать в работе.

Также, авторы должны свои работы публиковать только в одном научном журнале, или размещать публикации на сайте с прямыми ссылками. Публикация одной и той же работы в нескольких научных журналах считается неэтичным поведением и является недопустимой.

Авторы работ обязаны указать в своих работах все материалы, которыми они воспользовались при исследовании, в том числе все публикации, которые повлияли на результаты их исследований.

Авторство должно быть ограничено только теми лицами, которые в значительной степени участвовали в процессе исследования и получения результатов работы. ИОФ всех лиц, участвующих в значительной степени в процессе исследования и получения результатов работы, должны быть указаны в работе в качестве соавторов, и их необходимо поблагодарить за содействие.

Автор должен обеспечить условия, чтобы ИОФ всех соавторов, действительно участвующих в процессе исследования и содействующих получению результатов, были указаны в работе. Также, обязанностью автора является предоставление окончательной версии работы соавторам на согласование.

В случае появления в процессе исследования необходимости контакта с опасными веществами, т.е. веществами, обладающими потенциальной опасностью в отношении человека, животных и окружающей среды, то автор об этом должен четко указать в работе.

Каждый автор обязан в работе указать на все виды потенциальных финансовых или других коллизий интересов, которые могли бы повлиять на результаты исследования или ее интерпретацию. Все источники финансовой поддержки должны быть указаны в работе.

В случае обнаружения автором в работе материальной ошибки или какой-то некорректности, он обязан об этом незамедлительно сообщить Редакции журнала или издателю, также оказать содействие в отклонении некорректностей.

## МЕДИЈА ЦЕНТАР „ОДБРАНА“

- Браће Југовића 19, 11000 Београд •
- Телефони: (011) 3201-995 и 23-995 •
- Телефакс: (011) 3241-009 •
- Текући рачун: 840-312849-56 • ПИБ: 102116082 •
- Број потврде о евидентирању за ПДВ: 135328814 •

### ПОЗИВ НА ПРЕТПЛАТУ ЗА ШТАМПАНО ИЗДАЊЕ ЗА 2015. ГОДИНУ

Претплаћујемо се за штампано издање часописа:

	бр. примерака
<b>1. „Војнотехнички гласник“</b>	
Годишња претплата 1.200,00 динара	
Приликом уплате позвати се на број: 54	.....
<b>2. „Нови гласник“</b>	
Годишња претплата 1.800,00 динара	
Приликом уплате позвати се на број: 53	.....
<b>3. „Војно дело“</b>	
Годишња претплата 1.400,00 динара	
Приликом уплате позвати се на број: 51	.....

Претплатне цене важе до 31. 12. 2015. године.

Број примерака издања која се наручују уписати у наруџбеницу, а примерак наруџбенице са доказом о извршеној уплати на горе наведени текући рачун послати на горе наведену адресу.

Купац ..... тел.: .....

Место .....

Улица ..... бр. ....

Потпис наручиоца

М. П. ....

Ликовно-графички уредник  
мр *Небојша* Кујунџић  
е-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Техничко уређење  
*Звезда* Јовановић

Лектор  
*Добрила* Милетић, професор  
е-mail: dobrila.miletic@mod.gov.rs

Превод на енглески  
*Јасна* Вишњић, професор  
е-mail: jasnavisnjic@yahoo.com

Превод на руски  
*Карина* Аваџан, професор  
е-mail: karinka@sezampro.rs  
*Оливера* Хајдуковић, професор  
е-mail: oliverahajdukovic@lukoil.rs

Превод на немачки  
*Гордана* Богдановић, професор  
е-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

Превод на француски  
*Драган* Вучковић  
е-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

ЦИП – Каталогизација 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:  
Војнотехнички гласник (Online) = ISSN  
2217-4753  
ISSN 0042-8469 = Војнотехнички гласник  
COBISS.SR-ID 4423938

Цена: 350,00 динара  
Тираж: 500 примерака

На основу мишљења Министарства за науку, технологију и развој Републике Србије,  
број 413-00-1201/2001-01 од 12. 9. 2001. године,  
часопис „Војнотехнички гласник“ је публикација од посебног интереса за науку.  
УДК: Народна библиотека Србије, Београд

Graphic design editor  
Nebojša Kujundžić MA  
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Copy editing  
Zvezda Jovanović

Proofreader  
Dobriša Miletić BA  
e-mail: dobriša.miletic@mod.gov.rs

English translation and polishing  
Jasna Višnjić BA  
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com

Russian translation and polishing  
Karina Avagyan BA  
e-mail: karinka@sezampro.rs  
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:  
Војнотехнички гласник (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 12<sup>th</sup> September 2001, the *Military Technical Courier* is a  
publication of special interest for science.

UDC: National Library of Serbia, Belgrade

Художественный редактор  
Кандидат наук, Небойша Куюнджич  
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Технический редактор  
Звезда Йованович

Лектор и корректор  
Добрила Милетич,  
e-mail: dobrila.miletic@mod.gov.rs

перевод на английский язык  
Ясна Вишнич, переводчик  
e-mail: visnjicjasna@yahoo.com

перевод на русский язык  
Карина Авагян, переводчик  
e-mail: karinka@sezampro.rs  
Оливера Хайдукович, переводчик  
e-mail: oliverahajdukovic@lukoil.rs

перевод на немецкий язык  
Гордана Богданович, переводчик  
e-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

перевод на французский язык  
Драган Вучкович, переводчик  
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.com

CIP – Каталогизация в публикации  
Национальная библиотека Сербии, Белград

623+355 / 359  
355 / 359

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ вестник: научный журнал  
Министерства обороны Республики Сербия=  
Military Technical Courier : scientific  
periodical of the Ministry of Defence of the  
Republic of Serbia / ответственный редактор  
Небойша Гачеша. - God. 1, br. 1 (1953) –  
Beograd (Braće Jugovića 19) : Ministarstvo  
odbrane Republike Srbije, 1953- (Beograd :  
Vojna štamparija. - 24 cm

Размещено на сайте:  
<http://www.vtg.mod.gov.rs>

Ежеквартально - Другое издание: Военно-технический вестник (Online) = ISSN  
2217-4753  
ISSN 0042-8469 = Военно-технический вестник  
COBISS.SR-ID 4423938

Цена: 350,00 динаров  
Тираж: 5000 штук

На основании решения Министерства науки и технологий Республики Сербия, №  
413-00-1201/2001-01 от 12. 9. 2001 года, Военно-технический вестник является  
публикацией, имеющей особенное значение для науки.

УДК: Национальная библиотека Сербии, Белград

