



2(63)  
2015

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2217-4753

# MILITARY TECHNICAL

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

## Courier





2(63)

2015

ISSN 0042-8469

e-ISSN 2217-4753

# ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ ВЕСТНИК

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



vtg.mod.gov.rs  
www.vtg.mod.gov.rs

2 (63)

UDC 623 + 355/359

ГОДИНА LXIII АПРИЛ-ЈУН 2015.

GODINA LXIII APRIL-JUN 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)

2 (63)

UDC 623 + 355/359

ТОМ LXIII АПРЕЛЬ-ИЮНЬ 2015.

VOLUME LXIII APRIL-JUNE 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 Пожрни, 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 роботизацију 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 Engineering and Technology, Department of Engineering Technology, Angola, Indiana, USA
- Professor Mirko Komatina, PhD, Head of the Department for Thermomechanics at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade
- Scientific Advisor Ana Kostov, PhD, Institute of Mining and Metallurgy, Bor, Serbia
- 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 Radojčić, PhD, Assistant Professor, Head of the Military Geographical Institute, Belgrade
- Colonel Zoran Rajić, PhD, Assistant Professor, Director of the Military Technical Institute, Belgrade
- Scientific Advisor Aleksandar Rodić, PhD, Head of the Robotics Laboratory at the Mihailo Pupin Institute, Belgrade
- Professor Stanko Stanić, PhD, University of Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina
- Professor Ionel Stăretu, PhD, Transilvania University of Braşov, Romania
- Scientific Advisor Srećko S. Stojić, 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)

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ

МЕДИА ЦЕНТР „ОДБРАНА“

ДИРЕКТОР

Стевица С. Карапанджич, 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

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. Иванович, Trine University, Allen School of Engineering 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. Стоич, 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://asestant.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

Подписка на печатную версию журнала: e-mail: 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

INDEXED IN  
DOAJ

## САДРЖАЈ

### ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ ЧЛАНЦИ

|                                                                                                                           |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Леонид И. Гречихин</i><br>Анализа полупроводничких квантних генератора типа $A^3B^5$ по нано нивоима ..                | 9–29  |
| <i>Јонел А. Старету</i><br>Модуларне антропоморфне хватаљке – структурална синтеза, анализа и пројектовање ..             | 30–46 |
| <i>Михаило Р. Мрдак</i><br>Механичка својства и микроструктура вакуум плазма напрскане $Cr_3C_2 - 25(Ni20Cr)$ превлаке .. | 47–63 |

### ПРЕГЛЕДНИ ЧЛАНЦИ

|                                                                                                                                                                                |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Бранка Д. Микавица, Александра М. Костић-Љубисављевић, Весна М. Радоњић-Ђогатовић</i><br>Могућности примене фракционог рачуна у моделовању телекомуникационог саобраћаја .. | 64–86   |
| <i>Далибор П. Петровић, Обрад Т. Чабаркапа</i><br>Осврт на пројектовање главног ротора хеликоптера ..                                                                          | 87–107  |
| <i>Марко Д. Андрејић, Ивана М. Андрејић, Славиша Н. Арсић, Срђан Д. Љубојевић</i><br>Прилог унапређењу рада и управљања у Војној академији и на Универзитету одбране ..        | 108–130 |

### СТРУЧНИ ЧЛАНЦИ

|                                                                                                                                                                                     |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Драге Т. Петрески, Андреј П. Илиев, Александра Д. Петреска</i><br>Увођење јединственог комуникацијског информационог система E-112 .....                                         | 131–145 |
| <i>Аднан М. Мулаосмановић</i><br>Комуникација у индустрији примјеном PROFINET протокола .....                                                                                       | 146–160 |
| <i>Предраг Ј. Пешић</i><br>Kaizen концепт и његова примена у логистици .....                                                                                                        | 161–178 |
| <i>Милош З. Петровић, Снежана М. Ђорић - Вељковић, Југослав П. Карамарковић</i><br>Заштита животне средине у грађевинарству са освртом на примену еколошких и нано материјала ..... | 179–194 |

### ПРИКАЗИ

|                                                                                                                                            |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Славко Ј. Покорни</i><br>6. међународни научно-стручни скуп из области одбрамбених технологија OTEX-2014 (приказ зборника радова) ..... | 195–203 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|

### САВРЕМЕНО НАОРУЖАЊЕ И ВОЈНА ОПРЕМА

|                                                                                           |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Бранислав С. Булатовић, Драган М. Вучковић, Младен Р. Тишма, Милош М. Јевтић</i> ..... | 204–244 |
| ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА .....                                                           | 245–259 |

# CONTENTS

## ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS

|                                                                                                                                       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Leonid I. Gretchihin</i><br>Analysis of semiconductor quantum generators of $A^3B^5$ type at nano levels .....                     | 9–29  |
| <i>Ionel A. Staretu</i><br>Modular anthropomorphic grippers – structural synthesis, analysis and design ..                            | 30–46 |
| <i>Mihailo R. Mrdak</i><br>Mechanical properties and microstructure of vacuum plasma sprayed<br>$Cr_3C_2 - 25(Ni20Cr)$ coatings ..... | 47–63 |

## REVIEW PAPERS

|                                                                                                                                                                                                       |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Branka D. Mikavica, Aleksandra M. Kostić-Ljubisavljević,</i><br><i>Vesna M. Radonjić-Đogatović</i><br>Possibility of fractional calculus application for telecommunication traffic modelling ..... | 64–86   |
| <i>Dalibor P. Petrović, Obrad T. Čabarkapa</i><br>Review of the design of the helicopter rotor .....                                                                                                  | 87–107  |
| <i>Marko D. Andrejić, Ivana M. Andrejić, Slaviša N. Arsić, Srđan D. Ljubojević</i><br>Contribution to work and management improvement in the Military Academy<br>and the University of Defence .....  | 108–130 |

## PROFESSIONAL PAPERS

|                                                                                                                                                                                             |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Drage T. Petreski, Andrej P. Iliev, Aleksandra D. Petreska</i><br>Introduction of the unified communications information system E-112 .....                                              | 131–145 |
| <i>Adnan M. Mulaosmanović</i><br>Communication in industry by using the PROFINET protocol .....                                                                                             | 146–160 |
| <i>Predrag J. Pešić</i><br>Kaizen concept and its application in logistics .....                                                                                                            | 161–178 |
| <i>Miloš Z. Petrović, Snežana M. Đorić - Veljković, Jugoslav P. Karamarković</i><br>Environmental protection in civil engineering with regard to the use of eco<br>and nano materials ..... | 179–194 |

## REVIEWS

|                                                                                                                                                   |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Slavko J. Pokorni</i><br>6 <sup>th</sup> international scientific conference on defensive technologies<br>OTEH 2014 (proceedings review) ..... | 195–203 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|

## MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

|                                                                                                     |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Branislav S. Bulatović, Dragan M. Vučković,</i><br><i>Mladen R. Tišma, Miloš M. Jevtić</i> ..... | 204–244 |
| CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS .....                                                  | 245–259 |

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- Леонид И. Гречихин*  
Наноразмерный анализ полупроводниковых квантовых генераторов типа  $A^3B^5$  ... 9–29

- Йонел А. Старету*  
Модульный антропоморфный захват – структурный синтез, анализ и проектирование ..... 30–46

- Михаило Р. Мрдак*  
Механические свойства и микроструктура покрытия  $Cr_3C_2 - 25(Ni_{20}Cr)$  нанесенного методом вакуумного плазменного напыления ..... 47–63

### ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

- Бранка Д. Микавица, Александра М. Костич-Любисавлевич, Весна М. Радонич-Джогатович*  
Возможность применения метода дробной производной при моделировании телекоммуникационного трафика ..... 64–86

- Далибор П. Петрович, Обрад Т. Чабаркапа*  
Обзор проектирования главного ротора вертолета ..... 87–107

- Марко Д. Андреич, Ивана М. Андреич, Славиша Н. Арсич, Срджан Д. Любоевич*  
Повышение эффективности работы Военной академии и Университета обороны ..... 108–130

### ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

- Драге Т. Петрески, Андрей П. Илиев, Александра Д. Петреска*  
Внедрение единой коммуникационно-информационной системы E-112 ..... 131–145

- Аднан М. Мулаосманович*  
Обеспечение связи в промышленности посредством применения протокола PROFINET ..... 146–160

- Предраг Й. Пешич*  
Применение практики Кайдзен при решении логистических задач ..... 161–178

- Милош З. Петрович, Снежана М. Джорич - Велькович, Югослав П. Карамаркович*  
Защита окружающей среды в строительстве при использовании экологических и наноматериалов ..... 179–194

### ОБЗОРЫ

- Славко Й. Покорни*  
6. международная научная военно-техническая конференция OTEX-2014 (обзор сборника статей) ..... 195–203

### СОВРЕМЕННОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Бранислав С. Булатович, Драган М. Вучкович, Младен Р. Тишма, Милош М. Йевтич* ..... 204–244

- ПРИГЛАШЕНИЕ И ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ АВТОРОВ РАБОТ ..... 245–259

## НАНОУРОВНЕВЫЙ АНАЛИЗ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ТИПА $A^3B^5$

Леонид И. Гречихин  
Белорусская государственная академия авиации,  
Минск, Республика Беларусь  
e-mail: gretchihin@yandex.ru

DOI: 10.5937/vojtehg63-7180

ОБЛАСТЬ: электроника, материалы (полупроводниковые квантовые генераторы)  
ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья  
ЯЗЫК СТАТЬИ: русский

### Краткое содержание:

*Обосновано образование кластерной решеточной структуры полупроводниковых кристаллов типа  $A^3B^5$ . Показано, каким образом происходит деформация электронных оболочек атомов составных элементов полупроводниковой кристаллической структуры. На примере кристаллов из соединений индия с элементами пятой группы таблицы Менделеева установлено, между какими энергетическими уровнями реализуется генерация полупроводникового квантового генератора. Сформулированы требования к технологии изготовления лазеров на основе  $A^3B^5$ .*

Ключевые слова: полупроводниковый лазер, нанокластерный уровень, генерация.

## Введение

Полупроводниковые лазеры широко используются в науке, технике, медицине, связи и др. Такое широкое применение обусловлено следующими их положительными качествами:

1 – компактность, обусловленная большим коэффициентом усиления  $10^4$  и более;

2 – коэффициент полезного действия 40% и более;

3 – широкий диапазон генерируемых излучений от ближнего ультрафиолетового до далекого инфракрасного диапазона;

4 – малая инерционность, позволяющая получать быстро изменяющуюся перестройку частоты генерации;

5 – многими способами может быть реализована инверсная заселенность: оптическая, электронная, электрическими и магнитными полями;

6 – сама кристаллическая матрица полупроводника является активным веществом, а не примеси в основном кристалле, как в твердотельных лазерах.

Необычные свойства полупроводниковых лазеров ставят следующую **цель**: рассмотреть, как формируются кристаллические полупроводниковые структуры, на основе которых реализованы и могут быть реализованы квантовые генераторы, и рассмотреть это на наноуровне, обосновав энергетическую структуру такого состояния, и выяснить с каких энергетических термов осуществляется переход, который определяет генерацию ОКГ на примере кристаллов типа  $A^3B^5$ .

Поставленная цель может быть достигнута путем решения следующих **задач**:

1. Обосновать образование кластерной решеточной структуры полупроводникового кристалла.

2. Какие происходят деформации электронных оболочек составных элементов полупроводниковой кристаллической структуры?

3. Выяснить между какими энергетическими уровнями двухатомных молекул реализуется генерация полупроводникового оптического квантового генератора.

Решение поставленных задач осуществлено путем применения двухчастичной квантовой механики, которая разработана в работах (Гречихин, и др. 2010, стр.6-33), (Гречихин, 2004, стр.77-108), (Гречихин, 2008, стр.17-46).

## Энергия связи двухатомных молекул

Непосредственный обмен валентными электронами между взаимодействующими частицами создает энергию связи в динамике. Для одноэлектронной задачи метод решения был предложен Шредингером, а для многоэлектронной системы этот метод разработан в (Гречихин, 2004, стр.77-108), (Гречихин, 2008, стр.17-46), Фок, 2008, стр.376) и представлен в обобщенном виде:

$$E_{св,рез} = \begin{cases} -\frac{2E_{св,0}r_e^6}{r^6} + \frac{E_{св,0}r_e^{12}}{r^{12}}, & \text{при } r \leq r_e; \\ \sum_{i=1}^3 N_i \kappa_i^2 \left[ \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 Z_{a,k}^* Z_{b,l}^* \int \int_{(a)(b)} \rho_{e,a}(\varepsilon_k) \rho_{e,l}(\varepsilon_l) \left( \frac{H_{1,1} + H_{1,2}}{1+S} \right) d\varepsilon_k d\varepsilon_l \right] & \text{при } r > r_e. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $r_e$  – равновесное расстояние между взаимодействующими частицами;  $N_i$  – число частиц в  $i$ -й координационной сфере;  $\kappa_i$  – коэффициент видности;  $Z_{a,k}^*, Z_{b,l}^*$  – эффективные заряды взаимодействующих частиц;  $\rho_{e,a}(\varepsilon_k), \rho_{e,b}(\varepsilon_l)$  – распределение электронной плотности вокруг силовых центров взаимодействующих частиц в  $k$ -ом и  $l$ -ом энергосостояниях;  $H_{1,1}, H_{1,2}$  и  $S$  – соответственно интегралы кулоновский, обменный и перекрытия.

В потенциале взаимодействия (1) на расстояниях меньше равновесного применяется эмпирический потенциал Леннарда-Джонса, который достаточно удовлетворительно описывает межатомные взаимодействия, а применительно к молекулярным системам наиболее целесообразно использовать аппроксимацию Морза:

$$U(r) = D_e \left[ 1 - \exp(-\beta(r - r_0)^2) \right] - D_e. \quad (2)$$

Здесь  $\beta = 2\pi\nu_e \sqrt{\frac{M}{2D_e}}$ ; и в свою очередь основная частота

$$\nu_e = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} - \text{колебания взаимодействующих молекул,}$$

$$k = \frac{|\text{grad}(U(r))|}{r - r_0} - \text{коэффициент упругости, а } M - \text{приведенная масса}$$

молекул,  $D_e$  – энергия связи бинарного взаимодействия частиц (энергия диссоциации). Потенциал (1) применяется, когда требуется получить значение энергии разрыва связи или энергии диссоциации. При этом необходимо учитывать и другие типы бинарного взаимодействия.

## Ионная связь в бинарном взаимодействии сложных частиц

Результирующая волновая функция, описывающая ковалентную и ионную связь, представляется суперпозицией волновых функций вида (Коулсон, 1965, стр.426):

$$\Psi = \Psi_{\text{ков}} + \lambda \Psi_{\text{ион}}, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – постоянная, значение которой характеризует асимметрию зарядового распределения, т.е., полярный характер связи двух взаимодействующих частиц.

В процессе обмена валентными электронами необходимо учитывать вероятность пребывания валентного электрона вблизи положительного остова каждой из частиц ( $P_1$  и  $P_2$ ), а также вероятность обмена ( $S$ ) между частицами. Если валентный электрон первой частицы переходит ко второй частице, то такое событие произойдет с вероятностью  $(1-P_1)S$ , а валентный электрон второй частицы находится вблизи своей частицы и не переходит к первой частице обладает вероятностью  $P_2(1-S)$ . Результирующая совместная вероятность такого события равна  $(1-P_1)S \cdot P_2(1-S)$ . Аналогичная ситуация реализуется, когда валентный электрон второй частицы переходит к первой частице, а электрон первой частицы не переходит ко второй частице. Такое событие обладает вероятностью  $P_1(1-S) \cdot (1-P_2)S$ . Как в первом, так и во втором случаях возникает ионная связь. Общая вероятность возникновения ионной связи равна сумме этих вероятностей

$$\Theta = P_1 S \cdot P_2 (1-S) + P_1 (1-S) \cdot P_2 S. \quad (4)$$

Следовательно, при бинарном взаимодействии двух одинаковых частиц или разноименных частиц энергия ионной связи в общем виде определяется по формуле

$$E_{\text{ион}} = -[(1-P_1)P_2 + (1-P_2)P_1]S(1-S) \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0}. \quad (5)$$

**Наведенная энергия связи.** В процессе обмена валентными электронами между взаимодействующими частицами возникает увеличенная плотность электронного облака. Это облако отстоит от первой и второй взаимодействующих частиц на величину ковалентного радиуса, уменьшенного на величину толщины электронного облака перекрытия. Тогда:

$$E_{нав.} = P_1 P_2 (1 - S)^2 \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{Z_{2,1}^*}{r_1} + \frac{Z_{2,2}^*}{r_2} \right]. \quad (6)$$

Здесь  $r_1$  и  $r_2$  – радиусы удаления первой и второй частицы от эффективного центра образовавшейся бинарной частицы.

Так как атомы в сложных молекулах и в конденсированных средах пребывают в виде положительных ионов, образуя положительно заряженный остов, то большинство ионов сложных атомарных структур обладают встроенным дипольным электрическим моментом. Наличие у взаимодействующих атомов встроенного дипольного электрического момента приводит к дополнительной энергии связи электрон-дипольного и диполь-дипольного взаимодействий. В этой связи в работах (Гречихин, и др. 2010 стр.6-33), (Гречихин, 2004, стр.77-108), (Гречихин, 2008, стр.17-46) была разработана квантово-механическая методика расчета встроенных электрических моментов сложных атомных систем.

## Встроенные электрические моменты сложных атомных систем

Вследствие разных значений средних удалений электронов  $s$ - и  $d$ -состояний их волновые функции взаимно перекрываются и возникает гибридизация волновых функций этих состояний (Гречихин, и др. 2010 стр.6-33), (Гречихин, 2004, стр.77-108), (Гречихин, 2008, стр.17-46). Сферически симметричная функция  $s$ -состояния деформируется, что приводит к формированию встроенного дипольного электрического момента внутри сложной атомной системы. Приравнивая центростремительную силу, обусловленную законом Кулона, центробежной силе для обоих электронов с учетом их взаимного отталкивания получаем значение квадрата смещения

$$\bar{x}^2 = \frac{Z_1^* e^2}{m_e v_1^2} \cdot \frac{Z_2^*}{m_e v_2^2} \cdot \frac{r_{1,2}^2}{r_1 r_2} = \bar{r}_1 \bar{r}_2 \frac{r_{1,2}^2}{r_1 r_2}. \quad (7)$$

Полученное значение усредняется по всему объему конфигурационного пространства электронного облака первого и второго электронов, а именно

$$\bar{x}^2 = \frac{1}{4} \bar{r}_1 \bar{r}_2 (A_1 A_2)^{1/2} \iint \frac{r_{1,2}^2}{r_1 r_2} |\psi_{2s}|^2 |\psi_{2p}|^2 d\tau_1 d\tau_2. \quad (8)$$

Отсюда для единичного силового центра получаем

$$\bar{x}^2 = 384 \bar{r}_1 \bar{r}_2 C_1^2 C_2^2 \alpha^4 \beta^4 \left( \frac{1}{\alpha^5 \beta^4} + \frac{1}{\alpha^4 \beta^5} \right) \quad (9)$$

где коэффициенты  $C_1^2 C_2^2 = \frac{1}{8} P_1 P_2 S$ ;  $P_1$  и  $P_2$  – вероятности пребывания взаимодействующих электронов вблизи первого и второго состояния атомной системы соответственно;  $\bar{r}_1$  и  $\bar{r}_2$  – средние радиусы удаления взаимодействующих электронов от ядра первого и второго энергетического состояния в атомных единицах;  $S$  – интеграл перекрытия взаимодействующих электронов.

На основании (9) с учетом принципа Паули и правила Хунда результирующий встроенный электрический момент выразится в виде следующей суммы

$$\vec{p}_\Sigma = e \sum_i \Delta \vec{r}_i, \text{ а } \Delta \vec{r}_i = \vec{x}_i - \vec{x}_0. \quad (10)$$

Значения смещения электронных оболочек от центра атома и соответствующие им электрические диполи для атомов индия, азота фосфора, мышьяка, сурьмы и висмута приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Встроенные электрические моменты для атомов индия и атомов пятой группы таблицы Менделеева

Table 1 – Incorporated electric moments of Indium atoms and the atoms of Group 5 of the Mendeleev periodic table

Tabela 1 – Ugrađeni električni momenti atoma indijuma i atoma pete grupe Mendelejeve tablice

| Элемент | Электрический момент, Кл·м*10 <sup>30</sup> |           |           |              |              |                                                                          |
|---------|---------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Индий   | $p-s^1$                                     | $p-s^2$   | -         | -            | -            | $p_{\Sigma, \text{рез}}$<br>5,1<br><br>$P_{\Sigma} \text{In}^+$<br>7,2   |
|         | 11,0                                        | -5,9      |           |              |              |                                                                          |
|         | $d^1-s^1$                                   | $d^1-s^2$ | $d^2-s^1$ | $d^2-s^2$    | $d^3-s^1$    |                                                                          |
|         | 9,43                                        | -11,27    | 6,07      | -7,98        | 1,47         |                                                                          |
|         | $d^3-s^2$                                   | $d^4-s^1$ | $d^4-s^2$ | $d^5-s^1$    | $d^5-s^2$    |                                                                          |
|         | -2,56                                       | 0,91      | -1,66     | 0,59         | -1,12        |                                                                          |
|         | $d^6-s^1$                                   | $d^6-s^2$ | $d^7-s^1$ | $d^7-s^2$    | $d^8-s^1$    |                                                                          |
|         | 0,41                                        | -0,78     | 0,29      | -0,55        | 0,27         |                                                                          |
|         | $d^8-s^2$                                   | $d^9-s^1$ | $d^9-s^2$ | $d^{10}-s^1$ | $d^{10}-s^2$ |                                                                          |
|         | -0,42                                       | 0,19      | -0,38     | 0,13         | -0,16        |                                                                          |
| Азот    | $p^1-s^1$                                   | $p^1-s^2$ | $p^2-s^1$ | $p^2-s^2$    | $p^3-s^1$    | $p_{\Sigma, \text{рез}}$<br>3,41<br>$p_{\Sigma, \text{рез}} N^+$<br>1,76 |
|         | 9,38                                        | -7,25     | 18,78     | -17,985      | 8,68         |                                                                          |
|         | $p^3-s^2$                                   |           |           |              |              |                                                                          |
|         | -7,715                                      |           |           |              |              |                                                                          |

| Элемент | Электрический момент, Кл·м*10 <sup>30</sup>   |                      |                      |                      |                      |                                                       |
|---------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| Фосфор  | $p^1 - s^1$<br>11,26<br>$p^3 - s^2$<br>-10,23 | $p^1 - s^2$<br>-8,26 | $p^2 - s^1$<br>12,31 | $p^2 - s^2$<br>-9,55 | $p^3 - s^1$<br>12,93 | $\rho_{Э,рез}$<br>8,48<br>$\rho_{Э,рез} P^+$<br>5,47  |
| Мышьяк  | $p^1 - s^1$<br>6,11<br>$p^3 - s^2$<br>-4,75   | $p^1 - s^2$<br>-4,51 | $p^2 - s^1$<br>6,47  | $p^2 - s^2$<br>-5,01 | $p^3 - s^1$<br>5,88  | $\rho_{Э,рез}$<br>4,19<br>$\rho_{Э,рез} As^+$<br>2,59 |
| Сурьма  | $p^1 - s^1$<br>5,91<br>$p^3 - s^2$<br>-4,12   | $p^1 - s^2$<br>-4,26 | $p^2 - s^1$<br>5,95  | $p^2 - s^2$<br>-4,56 | $p^3 - s^1$<br>5,22  | $\rho_{Э,рез}$<br>4,14<br>$\rho_{Э,рез} Sb^+$<br>2,49 |
| Висмут  | $p^1 - s^1$<br>5,19<br>$p^3 - s^2$<br>-3,42   | $p^1 - s^2$<br>-3,99 | $p^2 - s^1$<br>5,05  | $p^2 - s^2$<br>-3,92 | $p^3 - s^1$<br>4,30  | $\rho_{Э,рез}$<br>3,22<br>$\rho_{Э,рез} Bi^+$<br>2,01 |

Исходные данные, по которым производился расчет ковалентной и ионной связей приведен в табл. 2. В табл. 2 сведены данные по энергиям ионизации из справочника (Бабичев и др. 1991, стр.1232) радиусы атомных орбиталей взяты из справочника (Радциг и др., 1980, стр.240.), недостающие значения были рассчитаны по методу, предложенному Слэтером (Гречихин, 2008, стр.17-46). Эффективные заряды получены из значений энергий ионизации и радиусов основного состояния.

## Электрон-дипольная связь в бинарном взаимодействии сложных частиц

Когда возникает доля ионной связи, то одна из взаимодействующих частиц несет отрицательный заряд, а другая частица обладает положительным зарядом, которые взаимодействуют со встроенными и введенными дипольными электрическими моментами. В этом случае

Таблица 2 – Исходные данные, на основании которых производился расчет

Table 2 – Initial data on which the calculation is based

Tabela 2 – Inicijalni podaci na osnovu kojih se vrši proračun

| Веще-<br>ства | Потенциал первой,<br>второй и третьей<br>кратности ионизации, В |            |            | Среднее удаление<br>электрона от ядра<br>первой, второй и третьей<br>кратности ионизации, Å |           |       | Эффективный заряд<br>ядра первой, второй и<br>третьей кратности<br>ионизации |       |       |
|---------------|-----------------------------------------------------------------|------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|               | $\Theta_1$                                                      | $\Theta_2$ | $\Theta_3$ | $r_{p,1}$                                                                                   | $r_{p,2}$ | $r_s$ | $Z_1$                                                                        | $Z_2$ | $Z_3$ |
| In            | 5,78                                                            | 18,87      | 28,0       | 1,998                                                                                       | 1,403     | 1,081 | 0,802                                                                        | 1,836 | 2,099 |
| N             | 14,53                                                           | 29,602     | 47,45      | 0,767                                                                                       | 0,693     | 0,593 | 0,752                                                                        | 1,423 | 1,948 |
| P             | 10,48                                                           | 19,77      | 30,20      | 1,227                                                                                       | 1,174     | 1,047 | 0,893                                                                        | 1,610 | 2,194 |
| As            | 9,79                                                            | 18,59      | 28,4       | 1,355                                                                                       | 1,281     | 1,215 | 0,920                                                                        | 1,652 | 2,392 |
| Sb            | 8,61                                                            | 16,53      | 25,32      | 1,562                                                                                       | 1,477     | 1,401 | 0,932                                                                        | 1,693 | 2,460 |
| Bi            | 7,29                                                            | 16,70      | 25,56      | 1,660                                                                                       | 1,572     | 1,493 | 0,838                                                                        | 1,821 | 2,647 |

частицы могут притягиваться или отталкиваться друг от друга. Такие возможности возникают как для первой, так и для второй взаимодействующих частиц. В результате возникает электрон-дипольная связь вида

$$E_{e-d} = 2P_1P_2(1-S)S \frac{e(p_{\varepsilon,2} + p_{\varepsilon,1})}{4\pi\varepsilon_0 r_e^2}, \quad (11)$$

где  $p_{\varepsilon,1}$  и  $p_{\varepsilon,2}$  – встроенные дипольные электрические моменты ионов взаимодействующих частиц.

В процессе обменного взаимодействия между взаимодействующими частицами отрицательный заряд  $dq$  взаимодействует с дипольным моментом, как первой, так и второй частиц ослабляя бинарную связь между частицами. Энергия такой бинарной связи равна

$$E'_{e-d} = 2 \frac{dq(p_{\varepsilon,1} + p_{\varepsilon,2})}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2}. \quad (12)$$

Наличие встроенных электрических моментов во взаимодействующих частицах приводит к возникновению диполь-дипольного взаимодействия, как положительного, так и отрицательного. В первом случае бинарная связь ослабляется, а во втором случае наоборот усиливается. Если диполь-дипольное взаимодействие превышает электрон-дипольное взаимодействие, то тогда встроенные диполи взаимодействующих частиц выстраиваются вдоль одного из направлений, усиливая энергию связи между частицами.

## Диполь-дипольная связь в бинарном взаимодействии сложных частиц

В общем случае диполь-дипольное взаимодействие в бинарном взаимодействии определяется по формуле

$$E_{\text{dun.-dun.}} = 2 \frac{p_{\varepsilon,1}p_{\varepsilon,2}}{4\pi\varepsilon_0 r_e^3}, \quad (13)$$

Здесь  $r_e$  – равновесное расстояние в конденсированной фазе, определяемое из плотности вещества.

Таким образом, сложное по своей конфигурации электрическое поле, формируемое диполями, приводит к тому, что следует учитывать взаимное расположение диполей друг относительно друга, которое определяется строением сложной молекулы или кристалла.

Диполь-дипольное взаимодействие в первом ближайшем слое ослабляется крутильными колебаниями электрических диполей в плоскостях  $XZ$  и  $YZ$ . Это две степени свободы, поэтому  $E_{\text{дип,рез}}(1) = E_{\text{дип,0}} + k_B T$ . При взаимодействии со вторым и третьим слоями добавляются еще две степени свободы, обусловленные колебаниями частиц вещества в плоскости, перпендикулярной радиусу, соединяющего взаимодействующие частицы. Тогда

$$E_{\text{дип,рез}}(2,3) = E_{\text{дип,0}} + 2k_B T. \quad (14)$$

В конденсированном состоянии на основании закона Дюлонга и Пти тепловая энергия распределена по шести степеням свободы. Поэтому в этом случае

$$E_{\text{св.,рез.}} = E_{\text{св.,0}} + 3k_B T. \quad (15)$$

Полученные энергии связи бинарного взаимодействия позволяют определять энергии диссоциации двухатомных молекул, энергию разрыва связи между разными взаимодействующими частицами, энергию бинарной связи внутри кластерных образований и энергию межкластерного взаимодействия.

## Кластерное строение вещества

Кластерная модель конденсированного состояния четко определена в работах (Гречихин, 2004, стр.77-108), (Гречихин, 2008, стр.17-46). Кластеры являются микрокристаллами. Такие микрообразования ранее наблюдали в жидком состоянии, а применительно к воде их называли ассоциаты (Глинка 1983, стр.704) и наблюдали их в виде обломков льда. Твердое тело формируется кластерами. Между кластерами образуется свободное пространство, в котором находятся исходные частицы вещества, совершающие трансляционное движение между кластерами. Плотность упаковки частиц в кластере соответствует плотности упаковки кристалла (0,68 – 0,74). Плотность упаковки свободных частиц вещества в межкластерном объеме составляет 0,44 – 0,47 (Еланский, 1991, стр.160). Это экспериментальный факт, полученный с применением метода молекулярной динамики совместно с рентгеноструктурным анализом.

Взаимодействие с первой координационной сферой формирует кластер с наиболее плотной упаковкой частиц и с наибольшей энергией связи. Это основной кластер, который содержит 7 частиц в случае простой кубической структуры; 9 частиц в случае объемноцентри-

рованной структуры и 13 частиц содержится в гранецентрированной структуре. Основной кластер, взаимодействуя со свободными частицами межкастерного объема, может увеличиваться в размерах с понижением температуры. Энергия связи свободной частицы с кластером определяется энергией физической адгезии, определяемой обменом электронами второй и последующей кратностей ионизации с ближним окружением ячейки адгезии. При низких температурах свободные частицы в межкастерном объеме отсутствуют. Межкастерное взаимодействие уплотняет структуру и тогда каждая частица обладает энергией связи, которая обусловлена всеми типами взаимодействий между частицами всех трех координационных сфер.

Кластер объемоцентрированной структуры представляет собой четырехгранную бипризму, а гранецентрированная структура – трехгранную бипризму (Гречихин, 2008, стр.17-46), а их плотная упаковка создает в кристалле соответствующую структуру. По мере распада монолитного кристаллического состояния при низких температурах на отдельные кластеры энергия связи частиц второй и третьей координационных сфер существенно изменяется, но расположение частиц в структуре остается неизменным.

Количество частиц в кластере определяется следующим образом:

$$N_{\text{кл.}} = \sum_{i=1}^4 W_i N_i \quad (16)$$

где  $N_i$  – число частиц в  $i$  – той координационной сфере и  $W_i$  – вероятность того, что частица вещества связана с кластером и не находится в свободном пространстве, совершая трансляционное движение. Эта вероятность определяется с использованием функции распределения Максвелла-Больцмана.

Количество связанных частиц в кластере с ростом температуры практически падает по линейному закону, а количество свободных частиц, приходящихся на один кластер, возрастает по линейному закону (Гречихин, 2004, стр.77-108), (Гречихин, 2008, стр.17-46).

В решеточной кластерной структуре в зависимости от расположения кластеров относительно друг друга возникают межкастерные пустоты. Для ГЦК структуры – это пустоты  $4,05r_0$ ,  $3r_0$ ,  $1,5r_0$ ,  $0,5r_0$  и  $0,3092r_0$ , а для ОЦК структуры –  $3,63r_0$ ,  $1,5r_0$  и  $0,4142r_0$ . Пустоты  $4,05r_0$ ,  $3r_0$ , и  $0,3092r_0$  ГЦК структуры;  $3,63r_0$  и  $0,4142r_0$  ОЦК структуры имеют сфероидальную форму, а остальные пустоты – щелевидную форму и расположены хаотически друг относительно друга (Гречи-

хин, 2004, стр.77-108). ( $r_0$  – равновесное расстояние между частицами в структуре). Ранее полагалось, что это трещины. Наличие щелевидных пустот в кристалле является причиной возникновения дислокаций.

В обменном взаимодействии между кластерами участвуют свободные изолированные частицы вследствие трансляционного движения внутри межкластерных пустот.

## Энергия связи в плотноупакованном состоянии

Большие пустоты сферической формы в гранецентрированной структуре формируются пятью кластерами, а в объемцентрированной структуре – шестью кластерами. Радиус большой сферической пустоты составляет 1,5-2 нм. Минимальный размер частиц наполнителя сферической формы, которые достаточно быстро заполняют сфероидальные пустоты большого размера, для большинства веществ составляет 3-5 нм. В результате образуются монолитные частицы, которые обладают всеми свойствами композиционного кристалла и, взаимодействуя друг с другом, формируют отдельные кристаллические блоки размером 10-ть и более нм.

При понижении температуры пористая структура нивелируется, кластеры исчезают, и образуется монолитная плотноупакованная структура. Это принципиально отличает плотноупакованное состояние от твердого тела с кристаллическим строением. Процесс исчезновения кластерных образований с понижением температуры экспериментально установлен в работе (Макогонюк, 2009, стр.183-184).

Плотнупакованное состояние возникает для многих твердых тел вблизи абсолютного нуля температуры. В этом случае изменяются электрические и магнитные свойства, возникает сверхпроводимость, возрастают механические свойства, изменяются тепловые и оптические свойства.

Искусственно плотноупакованные структуры создают путем нанесения поверхностно активного покрытия из атомов, молекул или кластеров. В этом случае на кластерных структурах вначале происходит заполнение открытых межкластерных пустот, основного материала, а затем формируются монослои, которые связаны между собой диполь-дипольным взаимодействием вдоль поверхности и нормально к поверхности. Такое расположение молекул приводит к плотному монолитному образованию с энергией связи вдоль по-

верхности, превосходящее энергию связи нормально к поверхности. Поверхностно активное вещество наноразмерного уровня на твердой поверхности конструкционного материала представляет собой по существу новое агрегатное состояние с необычными физико-химическими, механическими, тепловыми, электрическими и магнитными свойствами.

Плотноупакованное состояние может возникать и при высоких температурах. Например, при охлаждении жидкости или при пластической деформации. Под действием сил поверхностного натяжения кластеры, обладающие дипольным электрическим моментом, выстраиваются вдоль одного из направлений. Поэтому в приповерхностных слоях энергия связи на одну частицу возрастает на величину электрон-дипольного и диполь-дипольного взаимодействия. Присутствие такого слоя особенно хорошо проявляется на деформационных кривых хрупких материалов, энергия связи у которых определяется преимущественно диполь-дипольным взаимодействием (Гречихин, 2004, стр.77-108), (Гречихин, 2008, стр.17-46).

В процессе нанесения упрочняющих покрытий было замечено, что с ростом толщины, покрытие отслаивается от основного материала, тогда как при малых толщинах происходит заметное их упрочнение. Когда атомы, молекулы упрочняющего материала обладают встроенным электрическим моментом, то они на поверхности основы выстраиваются, так, чтобы была реализована максимальная связь с основой и между частицами нанесенного поверхностного слоя. В этом случае энергия взаимодействия между частицами определяется преимущественно наведенной, электрон-дипольной и диполь-дипольной связями. В результате возникает плотноупакованный слой. По мере роста толщины нормально к поверхности связь между частицами ослабевает и в плотноупакованном слое начинают формироваться кластеры. Межкластерное взаимодействие резко падает как с основой, так и между кластерами поверхностного слоя. Вследствие этого происходит отслаивание.

В случае полупроводниковых лазеров сам кристалл является активной средой, а введение примесей приводит к заметному рассеянию лазерного излучения на микронеоднородностях. Поэтому нашли выход в том, что стали создавать полупроводниковые пленки, в которых кластерные структуры еще не созданы и отсутствуют межкластерные пустоты. Это наноуровень, а, следовательно, при изготовлении полупроводниковых лазеров используются нанотехнологии.

Таблица 3 – Значения энергий связи в различных типах взаимодействий атомарных частиц, величина дипольного электрического момента и энергия ионизации образующейся молекулы и их коэффициенты упругости

Table 3 – Terms for energy bonding in different types of atomic interactions, the magnitude of the electric dipole moment and the ionisation energy during the formation of molecules as well as their coefficients of elasticity

Tabela 3 – Oznake energetskog povezivanja u različitim tipovima interakcija atomskih čestica, dimenzija električnog dipolnog momenta i energija jonizacije pri stvaranju molekula, kao i njihovi koeficijenti elastičnosti

| Параметры                                  | Взаимодействующие частицы |        |        |        |        |
|--------------------------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                            | In-N                      | In-P   | In-As  | In-Sb  | In-Bi  |
| $r_e, \text{\AA}$                          | 2,038                     | 2,427  | 2,575  | 2,681  | 2,854  |
| $E_{ков.}, \text{эВ}$                      | -2,800                    | -1,505 | -1,254 | -0,800 | -0,580 |
| $E_{ион.}, \text{эВ}$                      | -0,352                    | -0,179 | -0,135 | -0,085 | -0,065 |
| $E_{навед.}, \text{эВ}$                    | -0,262                    | -0,319 | -0,402 | -0,409 | -0,606 |
| $E_{e-д.}, \text{эВ}$                      | 0,583                     | 0,515  | 0,443  | 0,456  | 0,426  |
| $E_{d-д.}, \text{эВ}$                      | 0,168                     | 0,175  | 0,123  | 0,104  | 0,073  |
| $E_{рез.}, \text{эВ}$                      | -2,661                    | -1,31  | -1,23  | -0,73  | -0,75  |
| $P_z, \text{Кл}\cdot\text{м}\cdot 10^{30}$ | 5,44                      | 4,11   | 4,61   | 4,71   | 5,10   |
| $\theta_i, \text{эВ}$                      | 10,4                      | 8,19   | 7,83   | 7,21   | 6,54   |
| $k_{упр.}, \text{Н/м}$                     | 395                       | 183    | 141    | 115    | 85     |
| $\Delta E_{кол.}, \text{эВ}$               | 0,091                     | 0,044  | 0,028  | 0,022  | 0,017  |

Чтобы понять всю динамику работы полупроводникового лазера, надо четко представлять какие взаимодействия возникают между частицами, которые создают кристаллическую структуру полупроводникового лазера. Конкретно рассмотрим, как формируются бинарные молекулы типа  $A^3B^5$ , а именно InN, InP, InAs, InSb и InBi. Для всех атомов перечисленных молекул встроенные дипольные электрические моменты приведены в табл. 1.

На основании данных табл. 1 и 2, выполнен расчет энергий связи всех перечисленных двухатомных молекул. Полученные значения соответствуют энергиям диссоциации. Результаты сведены в табл. 3

В процессе образования молекул  $A^3B^5$  ковалентная связь является определяющей, которая обусловлена обменом валентных электронов взаимодействующих атомов и их обобщением в молекуле. Энергия ионизации для молекул выше энергии ионизации атома индия и не превышает энергию ионизации атомов V-ой группы таблицы Менделеева. Поэтому в рассмотренных двухатомных молекулах индий пребывает в виде положительного иона, а атомы V-ой группы таблицы Менделеева – в виде нейтральных атомов. Поэтому на рис. 1 показаны энергетические уровни для иона индия и нейтральных атомов остальных элементов.

Полученные расчетным путем коэффициенты упругости позволили определить величину колебательных уровней энергии в каждой молекуле. Значения коэффициентов упругости и энергий между двумя последовательными колебательными уровнями приведены в табл. 3.

Колебательные уровни энергии достаточно близко расположены и это позволило для молекул InN и InP осуществить эффективную резонансную перекачку энергии от возбужденных электронно-колебательных уровней к возбужденным дублетным нечетным уровням энергий  $^2P_{1/2}$  и  $^2P_{3/2}$ , с которых происходит разрешенный переход только на нижележащие дублетные четные уровни  $^2D_{3/2}^0$  и  $^2D_{5/2}^0$  атомов азота и фосфора. Основной уровень этих атомов  $^4S_{3/2}^0$ . Тройной запрет по спину, четности и азимутальному квантовому числу не позволяет беспрепятственно валентным электронам переходить на основной уровень энергии атомов азота и фосфора. Чтобы реализовалась генерация, необходимо иметь первоначальный спонтанный переход, который был бы разрешен правилами отбора.

В рассматриваемом случае спонтанный переход может возникнуть как магнитный дипольный или электрический квадрупольный. Известный немецкий физик Штерн предвидел, а выполненный конкретный расчет в (Гречихин, 1970, стр.75-80) подтвердил, что магнитное дипольное и электрическое квадрупольное излучение возникает в том случае, когда на пространстве атома возникает сильное в первом случае неоднородное магнитное поле, а во втором случае сильное неоднородное электрическое поле. Конкретно в двухатомных молекулах ион одного из атомов на пространстве нейтрального атома создает мощное неоднородное электрическое поле, которое и снимает запрет на переход между четными или нечетными уровнями энергий атомной системы с изменением азимутального квантового числа  $\Delta L = \pm 2$ .

Запрет по спину снимает (J-J)-связь. Реально, особенно для атомов с большим значением заряда ядра, энергия связи валентного электрона определяется как нормальной связью Рассела-Саундерса, так и (J-J)-связью. Небольшая примесь (J-J)-связи снимает запрет по спину на спонтанный переход для дипольного электрического излучения. В результате первоначальный фотон может спонтанно возникнуть и произойдет генерация на переходе с запретом по спину, четности и азимутальному квантовому числу.

При возникновении генерации реализуется следующая ситуация. Валентный электрон пребывать в основном состоянии нейтрального атома не может. В молекуле он должен находиться в состоянии с энергией, равной энергии ионизации молекулы. Чтобы это произошло, необходимо перевести валентный электрон из основного состояния нейтрального атома в основное состояние нейтральной молекулы. Эту энергию предоставляет разрешенный переход  $^2D_{3/2,5/2}^0 - ^2P_{1/2,3/2}$ , который дает излучение в атомах азота и фосфора в жесткой ультрафиолетовой области.

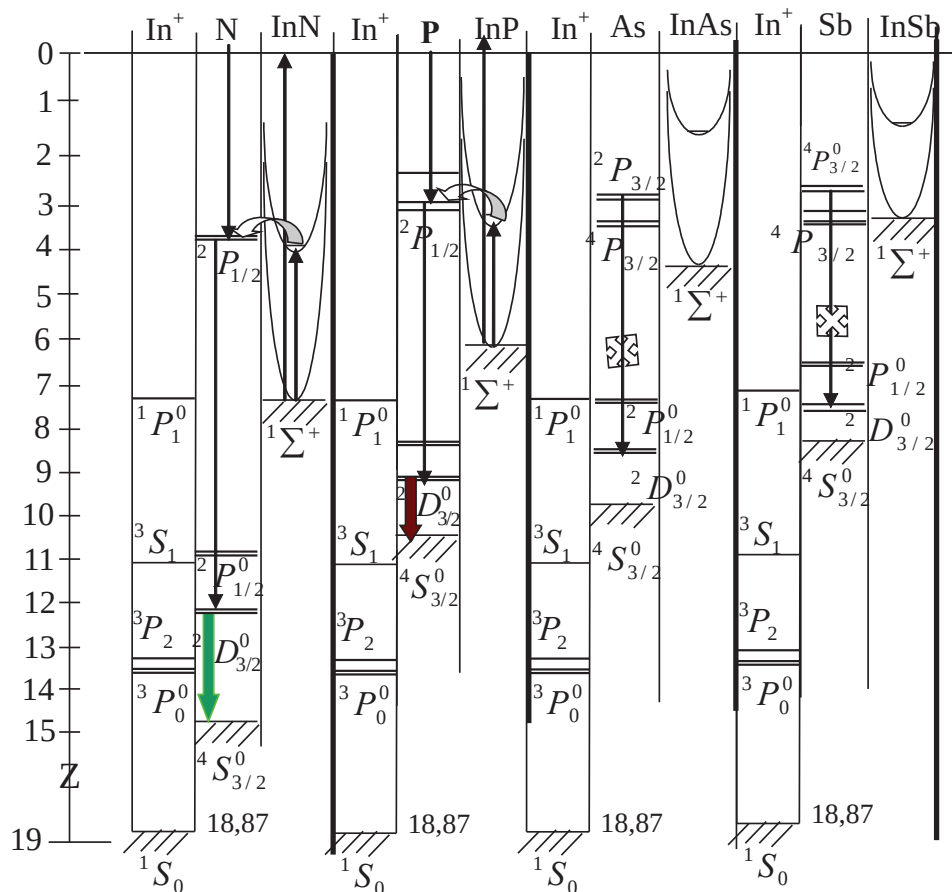


*Рис. 1 – Примерная схема уровней энергий в двухатомных молекулах типа  $A^3B^5$*   
*Figure 1 – Approximate schematic presentation of the energy levels in  $A^3B^5$  diatomic molecules*  
*Slika 1 – Približna šema energetskeg nivoa u dvoatomskim molekulima tipa  $A^3B^5$*

Из рис. 1 следует, что в молекулах InAs, InSb и InBi рассмотренный механизм возникновения генерации для молекул InN и InP не может быть реализован, так как резонансный переход энергии на уровни  $^2P_{1/2}$  и  $^2P_{3/2}$  от возбужденных молекул не возникает вследствие большой разности энергий между ними. В молекулах InAs, InSb и InBi резонансный переход энергии от молекулы к нейтральному атому происходит на высоковозбужденные изолированные уровни типа  $^4D$  или  $^4F$ , с которых на нижележащие уровни переход затруднен, а вынужденное излучение на уровни энергий  $^2P$  беспрепятственно реализуется. Разность энергий между высоковозбужденными уровнями достаточно малая, поэтому генерация для этих молекул возникает в инфракрасной

области. Для молекулы InBi разность энергий незначительная, а с учетом энергии вращения все энергетические уровни образуют сплошную область энергий с разными спинами. В результате генерацию получить на этой молекуле в нормальных условиях не возможно. Если и можно получить генерацию, то при температурах близких к абсолютному нулю в далекой инфракрасной области.

Следовательно, в полупроводниковых квантовых генераторах возникает кругооборот энергии, которую молекула получает от внешнего источника, а внутри происходит такое превращение, что позволяет получать генерацию. Поэтому квантовый генератор следует рассматривать как открытую энергосистему, которая черпает энергию извне и преобразует ее в виде вынужденного излучения, которое обладает специфическими свойствами. Каким требованиям должна удовлетворять такая открытая энергосистема, чтобы она работала с минимальными потерями, т.е., чтобы она позволяла преобразовывать один вид энергии в другой с максимальным коэффициентом преобразования, необходимо выяснить.

## Энергия связи между атомами, молекулами и кластерами в полупроводниковых материалах типа $A^3B^5$

Все двухатомные молекулы типа  $A^3B^5$  обладают внутренним электрическим моментом. Поэтому в процессе бинарного взаимодействия между собой в кластерных образованиях следует учитывать ковалентную, ионную, наведенную, электрон-дипольную и диполь-дипольную связи. Исходные данные, по которым производился расчет ковалентной и ионной связей, приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета бинарной связи молекул внутри кластера  
Table 4 – Initial data for calculating the binary binding of molecules inside the cluster  
Tabela 4 – Inicijalni podaci za izračunavanje binarnog povezivanja molekula unutar klastera

| Моле-кула | Параметры           |                     |           |           |         |         | Энергия<br>Связи, эВ |
|-----------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|---------|---------|----------------------|
|           | $\theta_{i,1}$ , эВ | $\theta_{i,2}$ , эВ | $r_1$ , Å | $r_2$ , Å | $Z_1^*$ | $Z_2^*$ |                      |
| InN       | 10,4                | 30,10               | 2,195     | 1,238     | 1,583   | 2,583   | -1,01                |
| InP       | 8,19                | 23,73               | 2,412     | 1,44      | 1,370   | 2,370   | -0,778               |
| InAs      | 7,83                | 20,64               | 2,481     | 1,64      | 1,347   | 2,347   | -0,747               |
| InSb      | 7,21                | 18,89               | 2,559     | 1,74      | 1,279   | 2,279   | -0,690               |
| InBi      | 6,54                | 16,99               | 2,627     | 1,86      | 1,191   | 2,191   | -0,755               |

Общий расчет выполнен в трех разных положениях молекул друг относительно друга, как это показано на рис. 2.

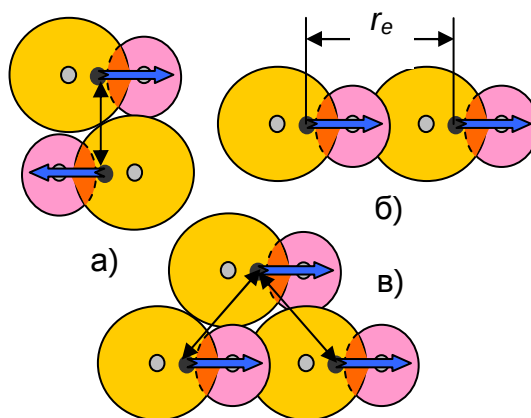


Рис. 2 – Разное расположение двухатомных молекул относительно друг друга в кластере:  
а) – антипараллельное; б) – последовательное; в) – треугольное

Figure 2 – Different positions of diatomic molecules in the cluster:  
a) antiparallel b) linear c) triangular

Slika 2 – Različiti položaji dvoatomskih molekula u klasteru:  
a) antiparalelni, б) linearni, в) trougaoni

Для всех молекул энергия связи преимущественно определяется взаимным наведением зарядов, т.е., по существу взаимной поляризацией. Такая достаточно большая энергия связи между молекулами приводит к их взаимной коагуляции. Взаимодействие дипольных электрических моментов составляет не более 5% от общей энергии связи. Электрон-дипольное взаимодействие взаимно компенсируется.

В положении (в) рис. 2 реализуется наиболее плотная упаковка с гранецентрированной структурой кластера. При разогреве такой кластер не распадается вплоть до температуры  $\sim 10000$  К. Основной кластер в этом случае содержит 21 молекулу. Размер кластерной структуры составляет  $\sim 3 \cdot r_{эфф.}$  ( $r_{эфф.}$  – эффективный радиус молекулы). В табл. 4. эффективный радиус молекулы обозначен как  $r_1$ . Размер кластерной структуры составляет от 2,6 до 3,2 нм. Такого же размера возникают межкластерные пустоты, которые существенно препятствуют прохождению по таким структурам оптического излучения. Чтобы этого не происходило необходимо воспрепятствовать возникновению кластерных образований в полупроводниковых структурах. Поэтому при изготовлении полупроводниковых лазерных структур следует создавать тонкие слои не более 3-10 нм, и удерживать образующуюся пленку от сворачиваемости в кластерные образования. Для этого пленку следует наносить на подложку, с которой двухатомные молекулы обладали бы хорошей физической адгезией. Поэтому в качестве подложки следует использовать преимущественно диэлектрики. Чем больше реализуется энергия связи, тем толще слой генерирующего вещества можно нано-

силь на подложку и осуществить более мощный генератор. Кроме этого необходимо выдерживать условие: максимальный размер двухатомных молекул полупроводниковых материалов должен быть соизмерим с минимальным размером молекулы основы.

Размерному условию удовлетворяют кристаллы глинозема и кремнезема. Поэтому рассмотрим процесс, какой величиной физической адгезии на поверхности глинозема обладают двухатомные молекулы типа  $A^3B^5$ .

### Адгезия молекул типа $A^3B^5$ на поверхности кристалла глинозема

Вблизи температуры плавления кристаллов глинозема (2323 К) под действием сил поверхностного натяжения вдоль поверхности возникнут нитевидные структуры путем выстраивания молекул  $Al_2O_3$  друг за другом. При резком охлаждении такой поверхности кластерные структуры не возникнут, и поверхность кристалла глинозема останется в виде плотно расположенных нитей, внутри которых электрические дипольные моменты расположены диаметрально противоположно. Такая неравновесная система со временем деградирует и перейдет в равновесное состояние вследствие образования кластерных структур. Чтобы этого не происходило, необходимо на поверхность кристалла глинозема нанести слой вещества, молекулы которого имели бы энергию связи большую, чем это необходимо для образования кластерных структур глинозема. Такую роль должны выполнять молекулы типа  $A^3B^5$ .

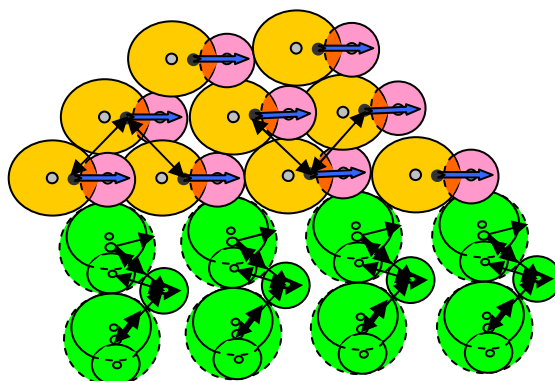


Рис. 3 – Примерная модель взаимодействия молекул типа  $A^3B^5$  с нитевидной структурой на поверхности глинозема

Figure 3 – Approximate model of the interactions of an  $A^3B^5$  type molecule with a fibrous surface structure of aluminium-oxide

Slika 3 – Približni model interakcija molekula tipa  $A^3B^5$  sa vlaknastom površinskom strukturom aluminijum-oksida

На рис. 3 показана модель взаимодействия молекул типа  $A^3B^5$  с нитиевидной структурой, состоящей из молекул  $Al_2O_3$ . Учитывая принцип суперпозиции электрических полей, получается, что ближайшие друг к другу электрические диполи основы и адсорбированных частиц определяют энергию адсорбции. На основании рис. 3 энергия связи с основой определяется электрон-дипольным и диполь-дипольным взаимодействием молекул типа  $A^3B^5$  с дипольным электрическим моментом молекулы  $AlO$ . Достаточно грубый расчет дает следующие значения:  $InN-AlO - 0,414$  эВ;  $InP-AlO - 0,407$  эВ;  $InAs-AlO - 0,289$  эВ;  $InSb-AlO - 0,250$  эВ и  $InBi-AlO - 0,200$  эВ. Действительно, энергия физической адгезии достаточно значительная за исключением  $InBi-AlO$ . Это обеспечивает надежную связь адсорбированных молекул на поверхности кристалла глинозема при температуре его плавления. Молекулы  $InBi$  на подложке глинозема при температуре его плавления не смогут адсорбироваться. Поэтому для  $InBi$  не реализуется адсорбция и комбинация вида  $InBi-AlO$  не позволяет реализовать квантовый генератор.

## Заключение

Таким образом, на основании проведенного теоретического анализа различных типов взаимодействий молекул типа  $A^3B^5$  на поверхности кристалла глинозема можно кратко сформулировать основные полученные результаты следующим образом:

1. Генерация в полупроводниковых лазерах на основе  $InN$  и  $InP$  реализуется на переходах  $^2D^0_{3/2,5/2} - ^4S^0_{3/2}$  с тройным запретом по четности, спину и азимутальному квантовому числу на нейтральных атомах азота и фосфора в области длин волн 520 и 880 нм соответственно.
2. Генерация в полупроводниковых лазерах на основе  $InAs$  и  $InSb$  возникает между высоковозбужденными уровнями энергии также с возможным тройным запретом в ближней инфракрасной области оптического излучения.
3. Генерация в полупроводниковом лазере на основе  $InBi$  в принципе не может быть реализована.
4. При нанесении многослойного покрытия полупроводниковых материалов на основу глинозема температура его поверхности на глубину монокластерного слоя должна быть обеспечена примерно на 5-10% выше температуры плавления и при этом строго контролироваться.
5. Толщина покрытия не должна превышать 3-х максимум 10-и монокластерных слоев, что составляет от 3-х до 10-15 нм.
6. Молекулярные слои должны формироваться непосредственно на поверхности кристалла глинозема.

*Литература /Literatura/ Literature*

Бабичев, А.П., Бабушкина, Н.А., & Братковский, А.М. 1991. Физические величины. Справочник. Москва: Энергоатомиздат, стр.1232. (Babichev, A.P. and others. Physical quantities. The Handbook. – Moscow: "Energoatomizdat", p.1232.)

Глинка, Н.Л. 1983. Общая химия. Учебное пособие для вузов. Ленинград: "Химия", стр.704. (Glinka, N. L. 1983. General chemistry. Textbook for high school. – Leningrad: "Chemistry", p.704).

Гречихин, Л.И. 1970. Условия и пределы применимости метода запрещенных переходов для диагностики плазмы. Измерительная техника, № 5, стр.75-80. (Gretchikhin, L.I. 1970. Condition and limits of applicability of the method of forbidden transitions for plasma diagnostics. /Measuring technique. № 5, pp.75-80).

Гречихин, Л.И. 2004. Физика наночастиц и нанотехнологий. Общие основы, механические, тепловые и эмиссионные свойства. Минск: УП «Технопринт», стр.77-108. (Gretchikhin, L.I. 2004. Physics of nanoparticles and nanotechnologies. General foundations, mechanical, thermal and emission properties. – Minsk: UP "Technoprint", pp.77-108).

Гречихин, Л.И. 2008. Наночастицы и нанотехнологии. Минск: Изд. ИООО «Право и экономика», стр.17-46. (Gretchikhin, L.I. 2008. Nanoparticles and nanotechnologies. – Minsk: IOOO "Law and Economics", pp.17- 46).

Гречихин, Л.И., & Шмермбекк, Ю. 2010. Наноуровень обоснования ОКГ конденсированных сред. Минск.: ИООО «Право и экономика», стр.6-33. (Gretchikhin, L.I., & Shmermbekk Yu. 2010. Nanolevel justification OQG condensed matter. – Minsk: IOOO "Law and Economics", pp.6-33).

Еланский, Г.Н. 1991. Строение и свойства металлических расплавов. Москва: Металлургия, стр.160. (Elansky, G.N. 1991. Structure and properties of metallic melts. – Moscow: "Metallurgy", p.160).

Коулсон, Ч. 1965. Валентность. Москва: Мир, стр.426. (Coulson, Ch. 1965. Valence. – Moscow: "Mir", p.426.)

Макогонюк, Г.Д., Айдаров, В.М., & Седов А.Д. 2009. Наноструктура поверхности кристаллов, подвергшихся различным физическим воздействиям /Молодежный инновационный форум Приволжского федерального округа (УлГТУ, 12-14 мая 2009 г.). Сборник аннотаций – Ульяновск: УлГТУ, стр.183-184. (Macahonic, G.D., Azarov, S.M., & Sedov, A.D. 2009. Nanostructure surface crystals to be subjected to various physical effects. /Youth innovation forum of the Volga Federal district (UISTU 12-14 may 2009). The book of abstracts. – Ulyanovsk: UISTU, pp.75-80).

Радциг, А.А., & Смирнов, Б.М. 1980. Справочник по атомной и молекулярной физике. Москва: "Атомиздат", стр.240. (Radzig, A.A., & Smirnov, B. M. Handbook of atomic and molecular physics. – Moscow: "Atomizdat", pp.240).

Фок, В.А. 2008. Начала квантовой механики. Изд. 5-е. Москва: Изд-во ЛКИ, стр.376. (Fock, V.A. The beginning of quantum mechanics. – Moscow: Publishing House of LCG, p.376).

## ANALYSIS OF SEMICONDUCTOR QUANTUM GENERATORS OF $A^3B^5$ TYPE AT NANO LEVELS

Leonid Ivanovich Gretchihin

Minsk State Higher Aviation College, Minsk, Republic of Belarus

FIELD: electronics, materials (semiconducting quantum generators)

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: Russian

## Abstract:

*The article describes the formation of the cluster grid structure of semiconductor crystals of  $A^3B^5$  type.*

*The deformation of the electron shells of the atoms in semiconductor crystal structure elements has been presented. Crystals of the Indium compounds and the elements from Group 5 of the Mendeleev periodic table have been used to show the energy levels where a semiconductor quantum generator is generated. The technological conditions for an  $A^3B^5$  type laser realisation have been defined.*

Key words: semiconductor laser, nanocluster level, generation.

# ANALIZA POLUPROVODNIČKIH KVANTNIH GENERATORA TIPA $A^3B^5$ PO NANO NIVOIMA

Leonid Ivanovič Grečihin

Beloruska državna vazduhoplovna akademija, Minsk,  
Republika Belorusija

OBLAST: elektronika, materijali (poluprovodnički kvantni generatori)

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

JEZIK ČLANKA: ruski

## Sažetak:

*U članku se obrazlaže formiranje klasterne rešetkaste strukture poluprovodničkog kristala tipa  $A^3B^5$ . Predstavljen je način deformacije elektronskih opni atoma koji su u sastavu elemenata poluprovodničke kristalne strukture. Na primeru kristala iz jedinjenja indijuma i elemenata pete grupe Mendeljejeve tablice, utvrđeno je među kakvim energetskim nivoima dolazi do generisanja poluprovodničkog kvantnog generatora. Definisani su tehnološki uslovi za izradnju lasera tipa  $A^3B^5$ .*

Ključne reči: poluprovodnički laser, nanoklasterni nivo, generisanje.

Дата получения работы / Paper received on / Datum prijema članka: 19. 11. 2014.

Дата получения исправленной версии работы / Manuscript corrections submitted / Datum dostavljanja ispravki rukopisa on: 15. 12. 2014.

Дата окончательного согласования работы / Paper accepted for publishing / Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje on: 17. 12. 2014.

# MODULAR ANTHROPOMORPHIC GRIPPERS – STRUCTURAL SYNTHESIS, ANALYSIS AND DESIGN

Ionel A. Staretu  
Transilvania University of Brasov,  
Department for Product Design, Mechatronics and Medium,  
Brasov, Romania  
e-mail: staretu@unitbv.ro

DOI: 10.5937/vojtechg63-6929

FIELD: Mechanics, Mechanical Engineering  
ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper  
ARTICLE LANGUAGE: English

## Abstract:

*In general, anthropomorphic grippers for robots are similar to the human hand and they can have two, three, four or more fingers, with two or three phalanxes. Anthropomorphic grippers for robots compared to other mechanical grippers have more advantages such as: a higher degree of dexterity, a larger area of utility (more types of objects can be grasped) and a micro-movement of the grasped objects can be performed. This paper describes two groups of anthropomorphic grippers for robots: traditional mechanical anthropomorphic grippers and modular mechanical anthropomorphic grippers designed under the author's coordination. For the first group, more versions with two, three, four and five fingers are shown and for the second group, there are more modular solutions shown. The stages of synthesis, analysis, design, and functional simulation are briefly shown as well.*

**Key words:** *anthropomorphic gripper, modular gripper, structural synthesis, cinematic analysis, functional simulation, virtual simulation.*

## Introduction

Gripping systems are complex mechatronic systems used by robots, especially by industrial robots, in order to perform gripping operations on different pieces, to handle and transfer them from an initial position to a final one that is associated with a robotised action or technological process. According to the gripping force type, the main categories of gripping systems are mechanical systems, vacuum systems and magnetic systems (Fan, 1982), (Kato, 1982). Mechanical gripping systems are also known as bilateral systems because the grasp is performed using at least

two opposite forces onto the piece that is gripped. Mechanical gripping systems have as a main component a mechanical structure, a mechanism that provides the arrangement of the piece's contact elements towards the piece and enhances the contact force that is the necessary gripping force. According to the constructive features of the mechanical structure, there are three main types of mechanical gripping systems: with jaws, with fingers (anthropomorphic) or with tentacles (Doroftei, 2005-2006), (Itu, 2010), (Staretu, 2010), (Staretu, 2011). Nowadays, industrial robots use especially mechanical gripping systems with jaws, but anthropomorphic ones have become more and more popular (see Fig.1), as simple shaped pieces grasp is replaced by a grasp and micro handling of complex shaped pieces (Kato, 1982), (Staretu, et al., 2001).

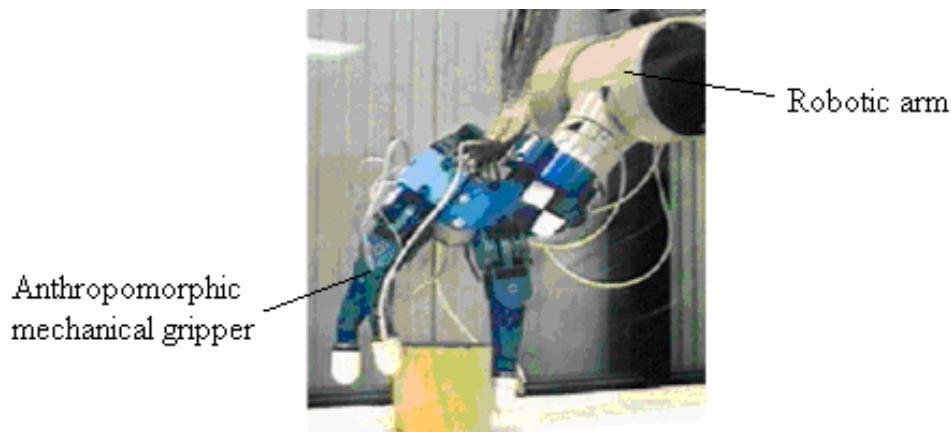


Figure 1 – Industrial robot equipped with anthropomorphic mechanical gripping system  
 Slika 1 – Industrijski robot s antropomorfnim mehaničkim sistemom za hvatanje  
 Рис. 1 – Промышленный робот, оснащенный антропоморфной механической системой захвата

Anthropomorphic mechanical gripping systems with fingers can have two, three, four, five, or even six fingers with joints, having two or three phalanxes. This paper describes two categories of anthropomorphic mechanical grippers, traditional and modular with jointed fingers, manufactured based on jointed bar mechanisms-linkages, more simple and with acceptable functionality like a good alternative to a very complex anthropomorphic mechanical hand with very high cost (Kawasaki, et al., 2002); (<http://www.barrett.com>, 2014); (<http://www.shadowrobot.com>, 2013); (<http://www.bebionic.com>, 2013), what there are in present on the market.

## Anthropomorphic mechanical grippers

### General aspects

In the mechanisms of prostheses, kinematic items most commonly used are articulated bars-linkages (Belter, et al., 2013). They are found primarily in the construction of fingers. For the rest of the mechanism, in addition to the mentioned elements, common mechanism elements of general mechanical transmission (gears, cams), usually smooth mechanical transmissions, are used (Staretu, et al., 2001). Peculiarities of the optimization for elements and couplings used in the robot gripping anthropomorphic mechanisms are arising from their structural features and construction in the number of fingers, as well as in the number and relative position of the phalanges (Mason, et al., 1985), (Salisbury, et al., 1983). In terms of optimizing the elements, because there may be more than three finger phalanges, they must be very flexible but resistant, with similar or even identical forms. The results obtained by design optimization are used.

In the optimization of couplings, in addition to the poly-couples use, the adoption of various structural forms no longer limited by the size of the model hand is envisaged, as for the prostheses mechanisms. The phalanges that compose fingers can have the same size, a different relative size or a size that is proportional to the hand fingers size. Concerning the relative positioning of fingers, it can be similar to the human hand; fingers can be placed in one plane, or in different planes. The relative position, depending on the number of fingers, at least two, must be chosen so that their access space is maximal. Several possible versions of relative positioning are illustrated in Fig. 2, out of which it is very easy to obtain 3D fingers arrangement versions (Staretu, et al., 2001), (Staretu, 2010).

From the mobility degree point of view, all the fingers are usually actuated independently; therefore, the mobility degree equals the number of fingers.

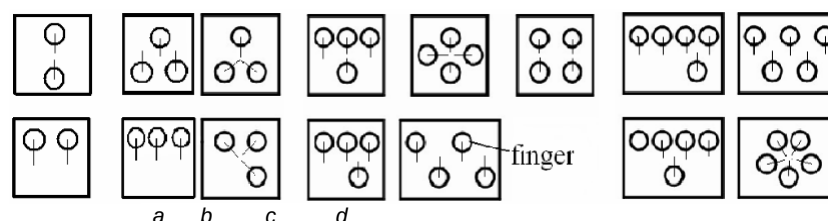


Figure 2 – Relative positions of the fingers

Slika 2 – Relativni položaji prstiju

Рис. 2 – Возможные положения пальцев

In Fig. 3, there are fingers of three, four and five phalanges derived from e one structural module mechanism. It is represented by the plane anti-parallelogram mechanism.

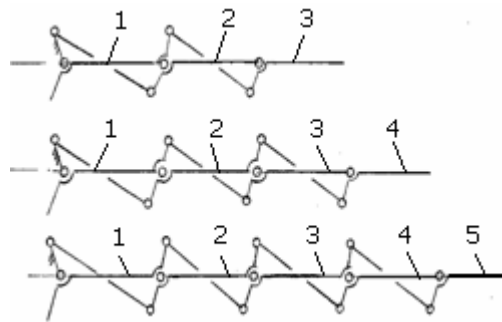


Figure 3 – Modular fingers  
Slika 3 – Modularni prsti  
Рис. 3 – Модульные пальцы

## Structural and cinematic synthesis and analysis

In the case of these mechanical grippers, the finger (Fig.4) is made by connecting more jointed bar mechanisms - linkages, in general anti parallelogram ones, according to the number of phalanges (two or three) (Staretu, 2008).

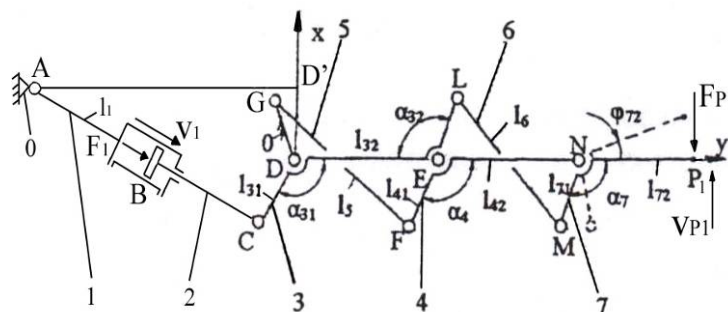


Figure 4 – The structural scheme of a finger  
Slika 4 – Strukturna šema jednog prsta  
Рис. 4 – Схема структуры пальца

First, through the **structural synthesis**, the configuration of the finger is established, i.e. the driving mechanism type, the number of phalanges and the number of anti parallelogram mechanisms connected.

During the following stage, the **structural analysis** is performed in order to check if the mechanism is defined from the operational point of view (the mobility degree is determined, the cinematic and static parame-

ters that are independent are identified, as well as the functions that convey external movements and forces).

For the mechanism shown in Fig.4, the mobility degree for each mono-contour mechanism is determined using the formula (Staretu, et al., 2001):  $M_k = \sum f_i - \chi_k$  (where  $\sum f_i$  is the mobility degree of the couples -  $f_i = 1$  and  $\chi_k = 3$  is the cinematic rank of the mono-contour mechanism  $k=1, 2, 3$ ). So,  $M_1 = f_A + f_B + f_C + f_D - \chi_1 = 1+1+1+1-3=1$ ,  $M_2 = f_D + f_E + f_F + f_G - \chi_2 = 1+1+1+1-3=1$ ,  $M_3 = f_L + f_M + f_N + f_E - \chi_3 = 1+1+1+1-3=1$ . For the multi-contour mechanism, the mobility degree is determined using the formula:  $M = \sum M_k - \sum f_c$  (where  $M_k$  is the mobility degree for the mono-contour  $k$  mechanism and  $\sum f_c$  is the mobility degree of the common couples  $\sum f_c = f_D + f_E = 1+1=2$ ). Therefore,  $M = M_1 + M_2 + M_3 - \sum f_c = 1+1+1-2=1$ .

**$M=1$**  represents an independent movement (independent speed):

$v_1 = \dot{s}_1$  and a function that conveys external force:  $F_m = F_m(M_7)$ .

**$L \cdot M = 1$**  means a function that conveys external movement  $\varphi_7 = \varphi_7(s_1)$  or  $\omega_7 = \omega_7(v_1)$  and an independent momentum  $M_7$  (generated by the gripping force).

**The cinematic synthesis** means to adopt linear and angular dimensions necessary for the correct closing of the gripping mechanism, and for the correct relative movements of the fingers, in order to grip a group of pieces given.

**The cinematic analysis** is performed using the method of the closed vector contour, applied successively to the vector contours corresponding to the mono-contour mechanisms underlined in Fig. 5. For the contour ABCD (Fig. 5a), the vector equation is  $AB+BC+CD+DA=0$ , and in a matrix form, the scalar form of the vectors is:

$$\begin{aligned} AB = l_1 \begin{bmatrix} \cos 0 \\ \sin 0 \\ 0 \end{bmatrix}, BC = l_2 \begin{bmatrix} \cos \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 \\ 0 \end{bmatrix}, \\ CD = l_{31} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{31} \\ \sin \varphi_{31} \\ 0 \end{bmatrix}, DA = l_{01} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{01} \\ \sin \varphi_{01} \\ 0 \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (1)$$

In addition, the corresponding scalar system is:

$$\begin{cases} l_1 \cos 0 + l_2 \cos \varphi_2 + l_{31} \cos \varphi_{31} + l_{01} \cos \varphi_{01} = 0 \\ l_1 \sin 0 + l_2 \sin \varphi_2 + l_{31} \sin \varphi_{31} + l_{01} \sin \varphi_{01} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

This system leads to the position function  $\varphi_{31} = \varphi_{31}(s_1)$ .

According to Fig. 5b, the equation corresponding to the closing of the vector contour in the case of the DEFG mechanism is:

$$\overrightarrow{DE} + \overrightarrow{EF} + \overrightarrow{FG} + \overrightarrow{GD} = \vec{0}. \quad (3)$$

That leads to the function that transfers the positions  $\varphi_{41} = \varphi_{41}(\varphi_{31}, s_1)$ . In a matrix form, the scalar form of the vectors is:

$$DE = l_{32} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{32} \\ \sin \varphi_{32} \\ 0 \end{bmatrix}, EF = l_{41} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{41} \\ \sin \varphi_{41} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$FG = l_5 \begin{bmatrix} \cos \varphi_5 \\ \sin \varphi_5 \\ 0 \end{bmatrix}, GD = l_0 \begin{bmatrix} \cos \varphi_0 \\ \sin \varphi_0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

Moreover, the corresponding scalar system is:

$$\begin{cases} l_{32} \cos \varphi_{32} + l_{41} \cos \varphi_{41} + l_5 \cos \varphi_5 + l_0 \cos \varphi_0 = 0 \\ l_{32} \sin \varphi_{32} + l_{41} \sin \varphi_{41} + l_5 \sin \varphi_5 + l_0 \sin \varphi_0 = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Taking into consideration that  $\varphi_{32}$  is a function of  $\varphi_{31}$  and  $s_1$ ,  $\varphi_{41}$  can be determined.

According to Fig. 5c, the equation associated to the closing of the vector contour of the mechanism ENML is:

$$\overrightarrow{EN} + \overrightarrow{NM} + \overrightarrow{ML} + \overrightarrow{LE} = \vec{0}. \quad (6)$$

In a matrix form, the scalar form of the vectors is:

$$EN = l_{42} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{42} \\ \sin \varphi_{42} \\ 0 \end{bmatrix}, NM = l_{71} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{71} \\ \sin \varphi_{71} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$ML = l_6 \begin{bmatrix} \cos \varphi_6 \\ \sin \varphi_6 \\ 0 \end{bmatrix}, LE = l_{33} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{33} \\ \sin \varphi_{33} \\ 0 \end{bmatrix},$$

In addition, the corresponding scalar system is:

$$\begin{cases} l_{42} \cos \varphi_{42} + l_{71} \cos \varphi_{71} + l_6 \cos \varphi_6 + l_{33} \cos \varphi_{33} = 0 \\ l_{42} \sin \varphi_{42} + l_{71} \sin \varphi_{71} + l_6 \sin \varphi_6 + l_{33} \sin \varphi_{33} = 0 \end{cases} \quad (8)$$

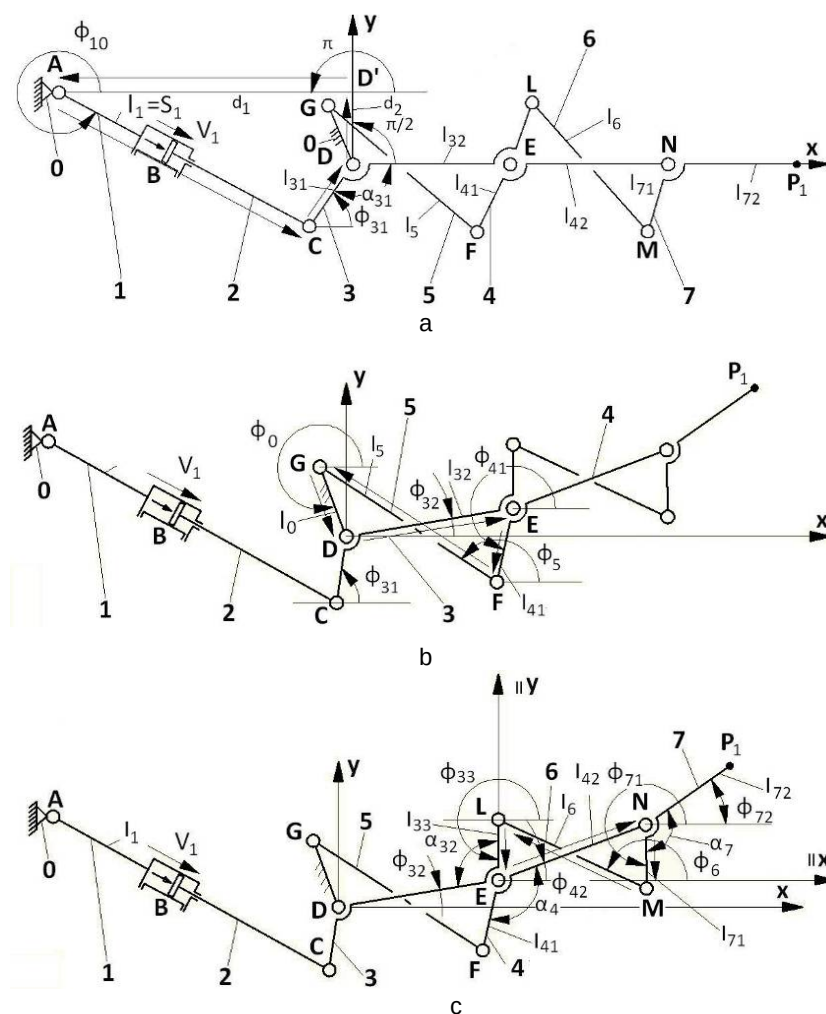


Figure 5 – Cinematic scheme and vector contours

Slika 5 – Kinematička šema i konture vektora

Рис. 5 – Кинематическая схема и векторные контуры

The solution of system (8) leads to the function associated to the positions transfer for element 7:  $\varphi_{71} = \varphi_{71}(s_1)$ .

## Anthropomorphic mechanical traditional grippers

### *Anthropomorphic gripper with two fingers of two phalanxes*

The first anthropomorphic mechanical gripper is a new mechanism, with articulated bars, as shown in Fig. 6. It is made of two identical fingers, each with two phalanxes. The clamping jaws attached to the phalanxes increase considerably the gripping possibilities, turning this simple gripper into a competitive one (Fig. 6b). These jaws can attach to the surface of the gripped object, regardless of its geometry. Each jaw contacts the object in 3 points. This allows the gripper to grasp objects with no matter how complex geometries (Fig. 6c). The actuation of both fingers is achieved by using a single motor (Bolboe, 2013), (Bolboe, et al., 2014).

This gripper is powered by one motor Maxon DC, RE 40, Graphite Brushes, and one slew drive reduction gears, of type GP 42 C, 3-15 Nm, Ceramic Version. The sensors used are of anFRS type. The gripper was tested on a complex experimental stand grasping more types of objects. Fig. 6c shows an example of grasping a fragile object (an egg of 0.06 Kg), with a gripping force of 3.76 N per finger (Bolboe, 2013).

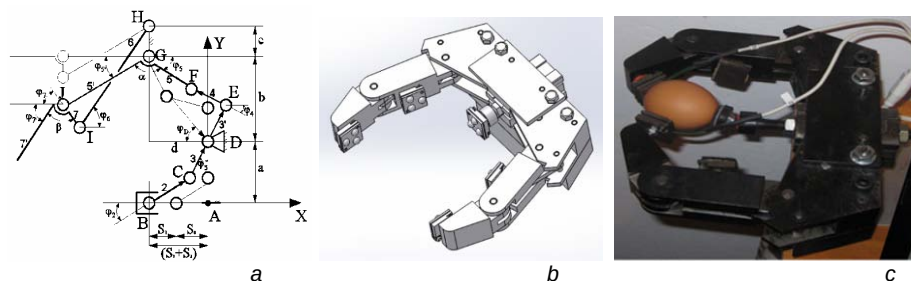


Figure 6 – Traditional anthropomorphic gripper with two fingers and two phalanxes

Slika 6 – Tradicionalna antropomorfna hvataljka s dva prsta i dva zgloba

Рис. 6 – Традиционный антропоморфный захват, снабженный двумя пальцами с двумя фалангами

### *Anthropomorphic gripper with three fingers of two phalanxes*

This second version corresponds to a mechanism with three identical fingers, with two articulated phalanxes. The fingers are arranged in an isosceles triangle tops. The mechanism is monomobile and is powered by an electric current minimotoreductor. To close the mechanism, the motor rotates

in one direction and for opening, in the opposite, being duly controlled for this purpose. In Fig. 7, there is the drawing of the whole mechanism (a side view and a partially sectioned view from the above).

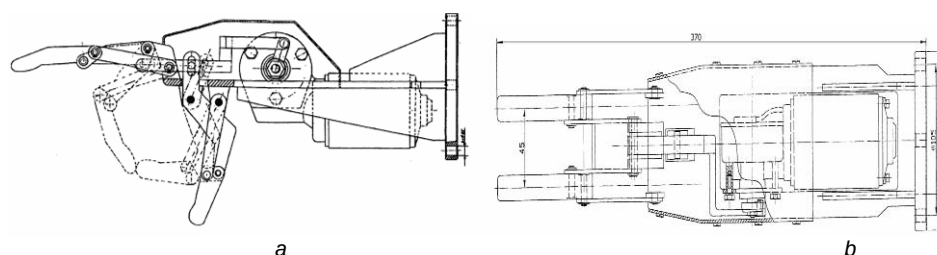


Figure 7 – Traditional gripper with three fingers and two phalanges

Slika 7 – Tradicionalna hvataljka s tri prsta i dva zgloba

Рис. 7 – Традиционный захват, снабженный тремя пальцами с тремя фалангами

Based on this mechanism, changes in the number of fingers (fingers are identical), can easily result in versions with two, four, five or six fingers. This observation is generally valid if the fingers are of the same type.

### *Anthropomorphic gripper with four fingers of three phalanges*

This gripper has the structural scheme corresponding to the finger represented in Fig. 8. The gripper has four identical fingers, each with three phalanges, driven by a linear pneumatic motor located in the palm (Fig. 9).

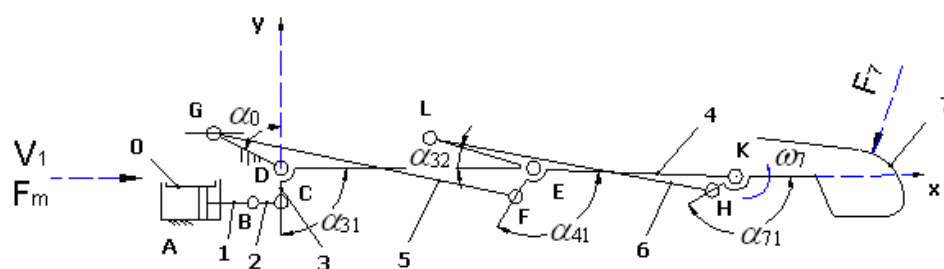


Figure 8 – Structural scheme of the 4-finger gripper

Slika 8 – Strukturna šema hvataljke s četiri prsta

Рис. 8 – Схема структуры захвата с четырьмя пальцами

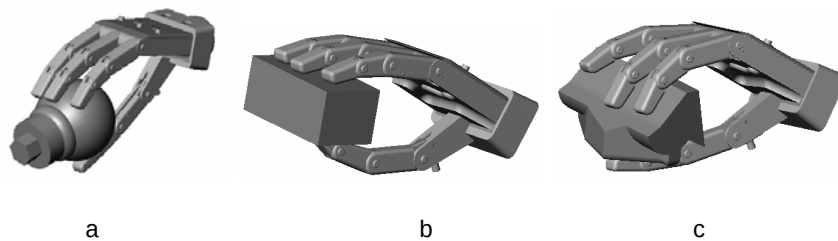


Figure 9 – Traditional anthropomorphic gripper with four fingers and three phalanges – with different grasped pieces

Slika 9 – Tradicionalna antropomorfna hvataljka s četiri prsta i tri zgloba drži predmete različitih oblika

Рис. 9 – Традиционный антропоморфный захват, снабженный четырьмя пальцами с четырьмя фалангами, приспособленный к различным формам предметов

As a result, the gripper has four DOF ( $M = 4$ ) and can grip any-form parts (Fig. 9). It is equipped with sensors and needs a corresponding flange.

### Anthropomorphic Gripper with Five Fingers of Three Phalanges

The mechanism corresponding to this gripper has five fingers, four of which are identical or not, and the fourth is opposable to the first two, but based on two phalanges. The four fingers are collinear, and the fifth is located, in general, between the second and third finger of the four, a position opponents.

One *first* version has a structural scheme of the finger similar to the scheme shown in Fig. 8, and the gripper has five DOF ( $M=5$ ). The constructive version is shown in Fig. 10 (five pneumatic linear motors are used, see Fig. 10c).

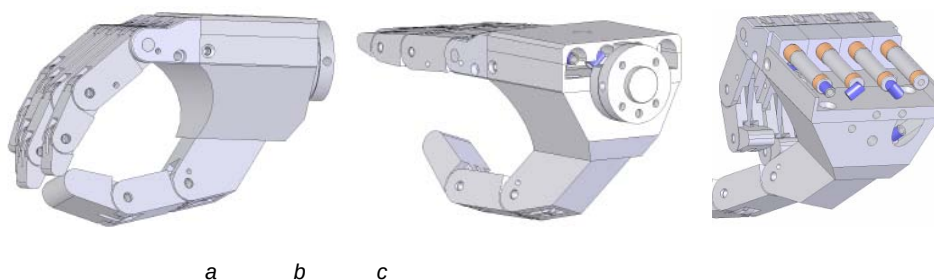


Figure 10 – Traditional anthropomorphic mechanical gripper with five fingers and three phalanges- version 1

Slika 10 – Tradicionalna antropomorfna mehanička hvataljka s pet prstiju i tri zgloba – verzija 1

Рис. 10 – Традиционный антропоморфный механический захват, снабженный пятью пальцами с тремя фалангами – версия 1

The structural schemes of one identical finger and an opposable thumb of the *second* version are represented in Fig. 11a. The mechanism is multimobile, having the mobility  $M = 10$  (each of the five fingers is bimobile – it has the degree of mobility  $M = 2$ ). The fingers are operated for both flexion and extension by two pneumatic or hydrostatic linear micromotors (for example :  $m_1$  and  $m_2$  or  $m_3$  and  $m_4$  – see Fig. 11a). The opposable thumb pad is adjustable to increase the gripper scope. In Fig. 11b there is the overall drawing of the mechanism (the side view) in which one can identify structural details of the reference above.

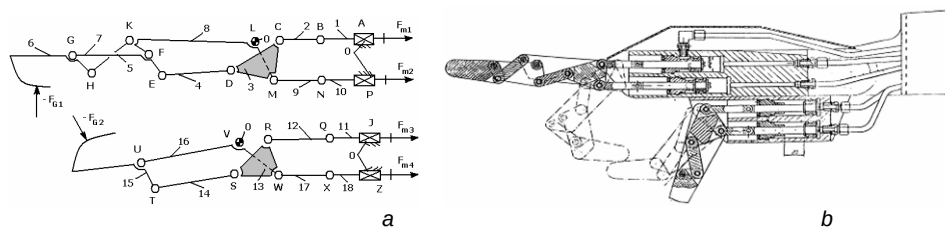


Figure 11 – Traditional anthropomorphic gripper with five fingers and three phalanges - version 2

Slika 11 – Tradicionalna antropomorfna hvataljka s pet prstiju i tri zgloba – verzija 2

Рис. 11 – Традиционный антропоморфный захват, снабженный пятью пальцами с тремя фалангами – версия 2

## Modular Mechanical Grippers

Modular mechanical grippers designed under the author's coordination are based on two modules, namely: a finger and a base (the palm). Two families that differ in structural features of the finger and platforms were designed. In accordance with Fig. 2, there are four gripping structures (a, b, c, d) obtained by the relative positioning of two, three, four or five identical fingers.

### *Modular Mechanical Grippers' Family – v1*

In this case, the finger's structural scheme in Fig. 12, which is derived from the structural scheme of Fig. 4 was used. The finger has three phalanges and it is driven by a linear pneumatic motor. Using two, three or four fingers and a platform, the versions in Fig. 13 were obtained (Bolboe, et al., 2006), (Staretu, et al., 2006).

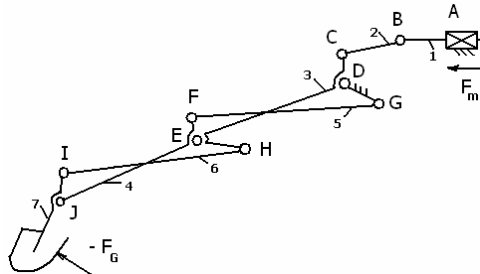


Figure 12 – Structural scheme of a finger for modular grippers – version 1  
 Slika 12 – Strukturna šema jednog prsta modularne hvataljke – verzija 1  
 Рис. 12 – Схема структуры пальца модульного захвата – версия 1

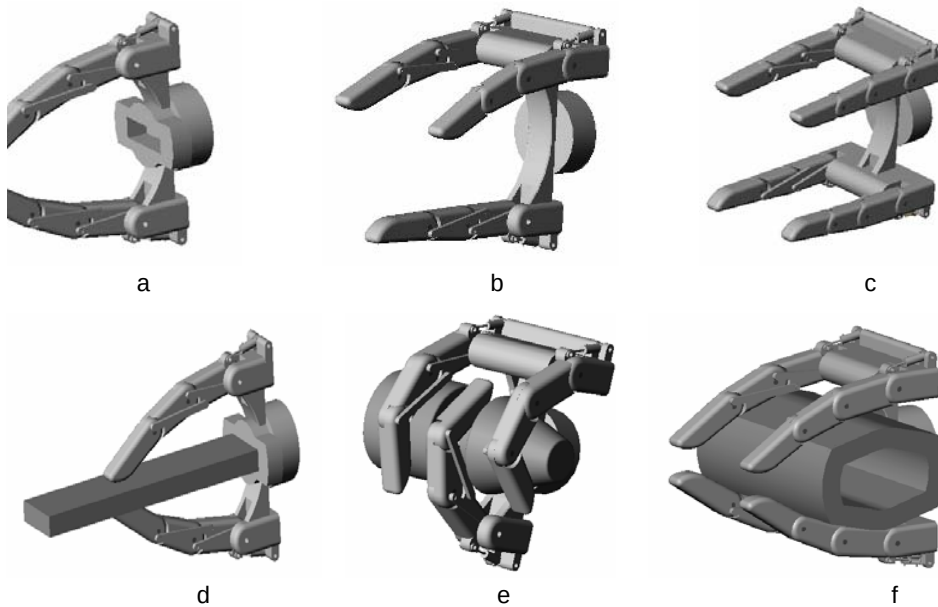


Figure 13 – Modular anthropomorphic grippers family – version 1  
 (without piece: a, b, c and with grasped piece: d, e, f)  
 Slika 13 – Porodica modularnih antropomorfnih hvataljki – verzija 1  
 (a, b, c bez objekta, d, e, f s uhvaćenim objektom)  
 Рис. 13 – Разновидности модульных антропоморфных захватов – версия 1  
 (a, b, c без предмета, d, e, f с предметом)

As a result, grippers are bi - tri or tetramobile ( $M = 2$ ,  $M = 3$ ,  $M = 4$ ), depending directly on the number of fingers (engine number); they can grip any-shape objects and can be equipped with sensors and an appropriate command and control system compatible with the robot arm that can be fitted with a suitable flange.

## Modular Mechanical Grippers' Family - v2

The structural scheme of the finger (see Fig. 4) in this family has the constructive form illustrated in Fig. 14a. Grippers in the family are based on a platform (palm) for three-finger versions (Fig. 14b) and an another platform (Fig. 14c) for four-finger versions (Staretu, et al., 2006), (Staretu, 2008), (Miller, et al., 2004).

With these modules, two main three-finger versions can be obtained (see Fig.2 and Fig. 14), the fingers having possible parallel (Fig. 15a) or concurrent movements (Fig. 15b). In Fig. 15c for the second situation, the gripper closing is simulated and in Fig. 15d a prototype, ready to be tested, is shown.

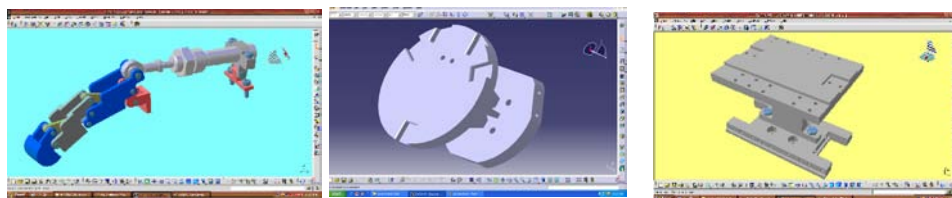


Figure 14 – Constructive modules  
Slika 14 – Konstrukcioni moduli  
Рис. 14 – Конструктивные модули

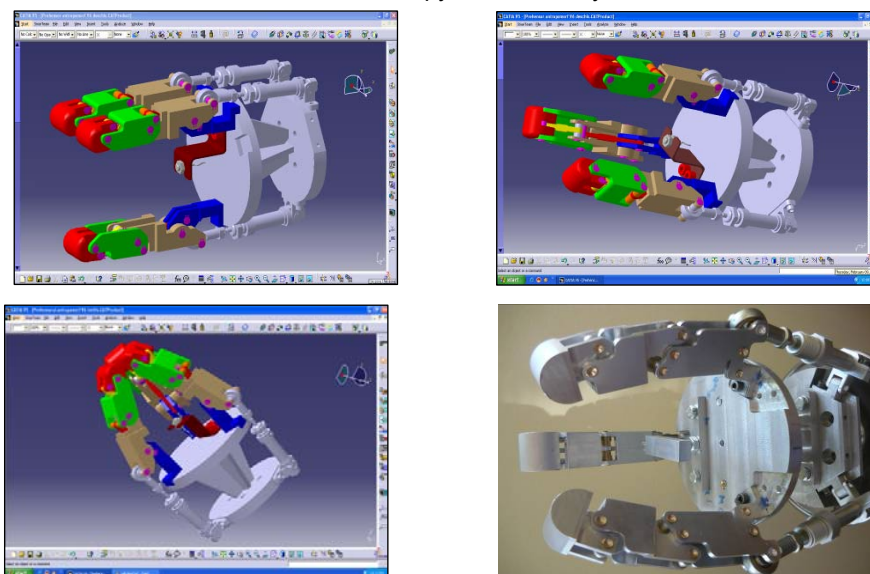


Figure 15 – Modular anthropomorphic grippers' family – version 2, three fingers  
Slika 15 – Porodica modularnih antropomorfnih hvataljki – verzija 2, tri prsta  
Рис. 15 – Разновидность модульных антропоморфных захватов – версия 2, с тремя пальцами

The main technical characteristics of this prototype are: degree of freedom:  $M=3$ ; weight hand: 12 N; payload: 40 N; gripping force:  $\sim 30$  N/finger; dimensions: finger: 1:1 human fingers size and hand: 140x140x100 mm. This gripper has not been tested in practice yet. In the future it will be mounted on an industrial robot and it will be tested for grasping more types of objects.

For a four-finger modular mechanical anthropomorphic gripper, there are 5 versions (see also Fig. 2), illustrated in Fig. 16.

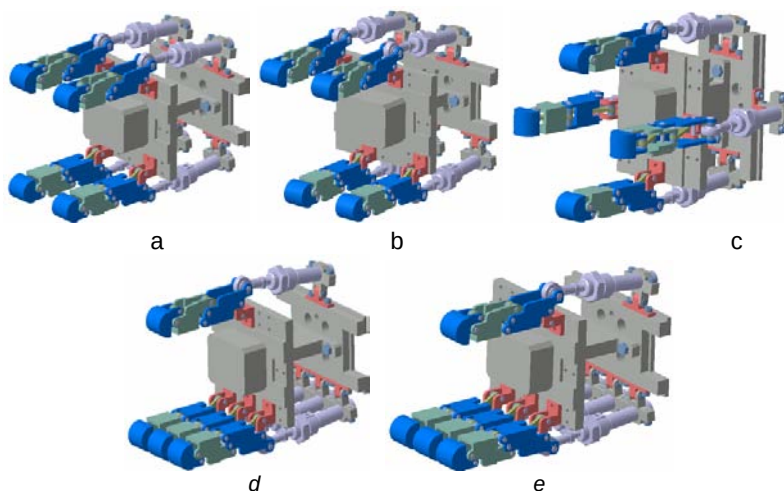


Figure 16 – Modular anthropomorphic grippers' family – version 2, four fingers  
 Slika 16 – Porodica modularnih antropomorfnih hvataljki – verzija 2, četiri prsta  
 Рис. 16 – Разновидность модульных антропоморфных захватов – версия 2, с четырьмя пальцами

Fig. 17 illustrates the gripper closing for the fingers intercalated parallel trajectories variants, without any entity to grip (Fig. 17a) and with an entity to grip (Fig. 17b).

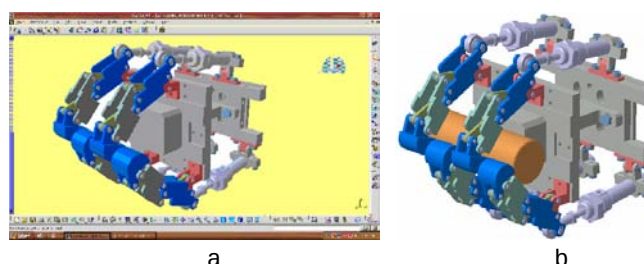


Figure 17 – Modular version closing simulation – version 2, four fingers, with no entity to grip (a), with entity to grip (b)  
 Slika 17 – Simulacija hvatanja modularne verzije hvataljke – verzija 2, četiri prsta, s uhvaćenim objektom (a) i bez uhvaćenog objekta (b)  
 Рис. 17 – Симуляция захватывания предмета антропоморфным захватом четырьмя пальцами – версия 2. (a) с предметом (b) без предмета

Each finger is actuated by a pneumatic linear motor so that the degree of mobility of the grippers equals the number of fingers. Contact sensors are provided for the fingers, mounting them on the phalanges, and appropriate control equipment is used. Grippers can be mounted on the robot arm through the flange at the platform base and they use the robot's sources of energy. Changing the gripper configuration (depending on the range of parts to grip) is possible without the gripper disassembling, only by changing the finger or the finger's position. With these grippers' families, a variety of parts can be gripped and they can successfully replace more sophisticated and highly expensive anthropomorphic grippers(<http://www.barrett.com>). Obviously, out of the two basic versions, based on three or four fingers, variants with two, five and even six fingers can be easily derived.

## Conclusions

In according with the ideas described in this paper, the main conclusions are as follows:

1. Anthropomorphic gripping systems (with fingers) are used more and more frequently for industrial robots.
2. There is one main type of anthropomorphic mechanical grippers (with fingers) according to their constructive elements: with jointed bars -linkages.
3. There are two main types of anthropomorphic mechanical grippers, what can be classified in two groups: traditional mechanical anthropomorphic grippers and modular mechanical anthropomorphic grippers.
4. The synthesis and the structural and cinematic analysis of these gripping mechanisms can be done using classic well-known methods popular in the theory of mechanisms, correspondingly adapted.
5. Functional simulation, in CAD software of these gripping mechanisms allows their constructive optimization and their use in order to perform the given gripping operations.

## References

- Belter, J.T., Segil, J.L., Dollar, A.M., & Weir, R.F. 2013. Mechanical design and performance specifications of anthropomorphic prosthetic hands: A review. *Journal Rehabil Res. Dev.*, 50(5), pp.9-618.
- Bolboe, M., Starețu, I., & Itu, A. 2006. Design, CAD Model and Functional Simulation for an Anthropomorphic Gripper for Robots. . In: The 8th International Conference on Mechatronics and Precision Engineering, Cluj – Napoca. , pp.15-20
- Bolboe, M. 2013. *Theoretical and experimental researches regarding the anthropomorphic gripping systems with a reduced number of fingers, designed for robots*. Transilvania University of Brasov.
- Bolboe, M., Staretu, I., & Alexandru, P.2014. Experimental Results Regarding an Anthropomorphic Original Gripper with Two-Finger Tests during Grasping Objects with Varied Shapes. *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, 33(4), pp.234-241.

- Doroftei, I. 2005. *Robotics, I-II*. Iasi: CERMI (Technique, Scientific and Didactic Publishing House).
- Fan, Y.C. 1982. Gripping mechanisms for industrial robots. *MMT*, 17(5), pp.299-311.
- Itu, A. 2010. *Contributions to Gripping Strategies in Real and Virtual Environment using a Three-Fingered Anthropomorphic Gripper*. Transilvania University of Brasov.
- Kawasaki, H., Komatsu, T., & Uchiyama, K. 2002. Dexterous anthropomorphic robot hand with distributed tactile sensor: Gifu hand II. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 7(3), pp.296-303. doi:10.1109/TMECH.2002.802720
- Kato, I. 1982. *Mechanical Hands Illustrated*. England.
- Mason, M.T., & Salisbury, J. 1985. *Robot Hands and the Mechanics of Manipulation*. M.I.T. Press.
- Salisbury, J.K., & Roth, B. 1983. Kinematic and force analysis of articulated mechanical hands. *ASME Journal of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design*, p.105.
- Staretu, I., Neagoe, M., & Albu, N. 2001. *Mechanical Hands. Anthropomorphic Prehension Mechanisms for Prostheses and Robots*. Brasov: Lux Libris Publishing House.
- Staretu, I., & Bolboe, M. 2004. The Stages of the Design of the Anthropomorphic Gripping Mechanisms for Robots Applied to Two Examples. . In: International Conference on Theory of Machines and Mechanisms, Liberec, August 31- September 2 , pp.717-723
- Staretu, I., Ionescu, M., & Runcan, V. 2006. Family of Mechanical Anthropomorphic Poly-Mobile Grippers for Robots - Synthesis, Analysis, Design and Functional Simulation. . In: The 15th International Workshop on Robotics in Alpe- Adria- Danube Region, Balatonfured, June 15-17 , pp.273-277
- Staretu, I. 2008. Anthropomorphic Gripping Systems with Jointed Bars or Wheels and Wires for Industrial Robots-Constructive Synthesis, Analysis and Design. In S.M. Cretu& N. Dumitru Eds., *New Trend in Mechanism*. Germany: Academica-Greifswald PH., pp.133-144.
- Staretu, I. 2010. *Gripping Systems*. Brasov: Lux Libris Publishing House.
- Staretu, I. 2011. *Gripping Systems*. Tewksbury, Massachusetts: Derc Publishing House.
- (2014) Retrieved from <http://www.barrett.com>
- (2013) Retrieved from [http:// www.shadowrobot.com /products/](http://www.shadowrobot.com/products/)
- (2013) Retrieved from <http://www.bebionic.com/wp-content/uploads/bebionic-Product-Brochure-Final.pdf>

## МОДУЛЬНЫЙ АНТРОПОМОРФНЫЙ ЗАХВАТ – СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ, АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ОБЛАСТЬ: механика и машиностроение  
ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья  
ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

*В данной статье приведено описание антропоморфных захватов, выполненных по модели человеческой руки. Они оснащены как «пальцами», двумя, тремя, четырьмя или более, так и двумя или более «суставами»-фалангами. По сравнению с другими видами механических захватов антропоморфные захваты отличаются большей эффективностью, благодаря возможно-*

сти захватывания разнообразных по форме предметов, а также возможности микродвижений этих предметов.

В работе описаны две группы антропоморфных захватов: традиционные механические антропоморфные захваты и модульные механические антропоморфные захваты. Оба вида захватов были разработаны под руководством автора статьи.

В работе подробно представлено несколько версий разработки первой группы, оснащенных двумя, тремя, четырьмя и пятью пальцами, а касательно второй группы представлено несколько модульных решений. Приведен обзор этапов синтеза, разработки и процесса проектирования, а также функциональной симуляции.

Ключевые слова: антропоморфный захват, модульный захват, структурный синтез, кинематический анализ, функциональная симуляция, виртуальная симуляция.

#### MODULARNE ANTROPOMORFNE HVATALJKE – STRUKTURALNA SINTEZA, ANALIZA I PROJEKTOVANJE

OBLAST: mehanika, mašinstvo

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

JEZIK ČLANKA: engleski

*Uopšteno govoreći, antropomorfne hvataljke za robote slične su ljudskim šakama i mogu da imaju dva, tri, četiri prsta ili više, s dva zgloba ili više njih. U poređenju s ostalim mehaničkim hvataljkama, antropomorfne hvataljke za robote su u prednosti zbog veće spretnosti, veće primenljivosti (više različitih tipova objekata se može uhvatiti) kao i zbog mogućnosti mikro-pokreta uhvaćenih objekata. U radu su opisane dve grupe antropomorfni hvataljki za robote: tradicionalne mehaničke antropomorfne hvataljke i modularne mehaničke antropomorfne hvataljke projektovane pod nadzorom autora rada. Više verzija hvataljki iz prve grupe s dva, tri, četiri i pet prstiju dato je u radu, dok je iz druge grupe prikazano više modularnih rešenja. Ukratko su prikazane faze sinteze, analize, projektovanja i funkcionalne simulacije.*

Ključne reči: antropomorfna hvataljka, modularna hvataljka, strukturalna sinteza, kinematička analiza, funkcionalna simulacija, virtuelna simulacija.

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 12. 10. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 05. 12. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 07. 12. 2014.

# MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF VACUUM PLASMA SPRAYED $\text{Cr}_3\text{C}_2$ – 25(Ni20Cr) COATINGS

Mihailo R. Mrdak, Research and Development Center  
IMTEL Communications a. d., Belgrade  
e-mail: miki@imtelkom.ac.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-4324

FIELD: Chemical Technology  
ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper  
ARTICLE LANGUAGE: English

## Summary:

*This paper analyzes vacuum plasma spray VPS -  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) coatings. Commercial powder marked Sulzer Metco Woka 7205 is used. The powder is deposited with a plasma gun F4 at a distance of 340 mm from the substrate. The main objective of the study was to eliminate, at the reduced pressure of inert gas Ar, the degradation of primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide into  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  carbide which significantly reduces the microhardness and mechanical properties of the coating. The coating is deposited with a thickness of 100 - 120  $\mu\text{m}$  on a steel substrate. The microhardness of the coating was tested by  $\text{HV}_{0.3}$ . The microhardness values were in the range of 1248 - 1342  $\text{HV}_{0.3}$ . The bond strength of the coating was tested by tension. It was found that the bond strength between the substrate and the coating has a value of 89 MPa. The microstructure of the coating was tested by the light microscopy technique. The structure of the coating consists of an NiCr alloy base with a dominant primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase. In addition to the  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  phase, the  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  phase is also present. The coating etching was done with the reagent  $1\text{HNO}_3 : 4\text{HCl} : 4\text{H}_2\text{O}$  that primarily dissolves nickel to enable the distribution of the carbide phase to be clearly seen in the coating. Etching the coating with this reagent revealed the presence of the largely undegraded primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase which provides high hardness values to the coating.*

Key words: vacuum, substrates, strength, property, phases, microstructures, microhardness, mechanical properties, coatings, carbides.

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

Vacuum plasma spraying (VPS) is usually referred to as LPPS due to low pressure. At low pressure, a plasma jet becomes longer and smaller in diameter and with the use of convergent / divergent nozzles it has a higher rate of ions. Eliminating oxygen in the chamber and a possibility to preheat the substrate enable the creation of denser coatings with higher tensile bond strength and without the oxide content. For high performance applications, plasma spraying is carried out in a vacuum chamber at a reduced pressure of inert gas Ar. The vacuum plasma spray process (VPS) produces high-quality coatings, especially those sensitive to oxygen. One such coating is a cermet coating -  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) sensitive to oxygen due to the reaction of carbon from the carbide with the oxygen from the surrounding atmosphere. The VPS application process prevents the decarburization of the primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide, so that coatings of high hardness are deposited. Traditionally, these coatings were deposited by APS and HVOF processes. In the last decade, a number of researchers have published results concerning the structure and properties of the deposited coatings by the HVOF process (Guilemany, et al., 2006, p.2998), (Guilemany, et al., 2002, p.207), (Ji, et al., 2006, p.6749), (Li, et al., 2005, p.229), (Picas, et al., 2006, p.477). In this process, as in the APS process, the main problem was the loss of carbon during deposition. The results clearly show that the major loss of carbon occurs during the process of depositing particles due to the surrounding atmosphere. It was also found that the initial size of carbide powder particles have a significant impact on the carbon loss during the deposition of  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) coatings in the HVOF process (Li, et al., 2002, p.137). In VPS coatings, the dominant phase is the  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase with a hardness of 1600HV and a less significant phase is the  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  phase with a hardness of 1300HV (Marcano, et al., 2008, pp.4406–4410), (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). In the coatings there is no the  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  carbide phase with a hardness of 1000HV, which, in APS and HVOF carbide coatings, reduces the coating hardness. Tomita, T. and other researchers have found that the 75 $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) coating deposited by the VPS process has a higher hardness than the coatings deposited by APS and HVOF processes (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). The hardness of the VPS  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) coating is  $\text{HV}1243 \pm 80$ , which is much higher than the one of HVOF coatings with a hardness of  $\text{HV}958 \pm 44$  (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). The tensile bond strength of the coating deposited by the VPS process is greater than 80 MPa with a porosity content of less than 5% (ASM Metals Handbook, 1987, p.367).  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - NiCr plasma spray coatings have a high resistance to abrasive wear and a low friction coefficient, from room temperature to 850°C, due to their high thermal stability and resistance to oxidation

(Guilemany, et al., 2006, p.2998). These deposits are extensively used for coating parts and components for energy conversion, such as steam and gas turbine engines (Matthews, et al., 2003, p.4267). Recently, it was established that these coatings can improve the resistance to thermal fatigue and wear resistance under severe conditions of load and extend the life of components (Guilemany, et al., 2002, p.207). Thermally sprayed cermet coatings  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  appeared as a good solution for a wide range of applications in machine parts. Because of the extended service life of parts, coatings based on chromium carbides are widely used for many applications in gas turbines, steam turbines and aircraft engines to improve slip resistance, abrasion and erosion wear (Hillery, 1986, pp.2684-2688). Thermally sprayed cermet coatings are a good alternative to hard chromium, when high wear resistance is required (Erning, Nestler, 1999, pp.462–466), (Sahraoui, et al., 2004, pp.654–660), (Ko, Robertson, 2002, pp.880–893), (Savarimuthu, et al., 2000, pp.1095–1104). When compared to WC coatings,  $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$  coatings offer greater resistance to corrosion and oxidation, and also have a high melting point and maintain high hardness, strength and wear resistance up to  $900^\circ\text{C}$  (Beczowski, et al., 1999), (Blatchford, 2001), (Doi, Yoshiaki Suda, 2000), (Liu, 1998), (Loubiere, et al., 1995, pp.1535–1546), (Staia, et al., 2001, pp.553–562). Corrosion resistance is primarily provided by the NiCr alloy base, while wear resistance is mainly provided by the hard  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase (He, Lavernia, 2000, pp.555–564). So,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide-based coatings are applied to a wide range of industrial components, including various accessories used in steam and gas turbines. Thermal spraying is an effective method to apply thin and thick coatings on mechanical components to change their surface properties (Erja Turunen, et al., 2006, pp.4987-4994), (Wang, et al., 2000, p.69.). APS plasma spray processes and VPS are used in a wide range of applications including automotive, aerospace industry, chemical processing equipment, pulp and paper, orthopedic and dental components, etc. (Erja Turunen, et al., 2006, pp.4987-4994), (Mrdak, et al., 2013, pp.559-567), (Mrdak, 2013, pp.69-88), (Mrdak, 2012, pp.182-201), (Mrdak, et al., 2009, pp.27-32), (Vencl, et al., 2006, pp.151-157), (Vencl, et al., 2011, pp.1281-1288). The plasma spray process has been used for more than four decades in manufacturing protective coatings based on metals, ceramics and even composite materials for various applications (Chuanxian Ding, et al. 2003, pp.455-458). Despite the long period of application of the plasma spray process, there is still a great interest among scientists in the development of new materials for coatings and in the study of their behavior under working conditions (Leblanc, 2003, pp.291-299).

This paper presents the results of the experimental investigation of the influence of the VPS - vacuum plasma spray process on the mechanical properties and the microstructure of the  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  cer-

met coating. The main objective of the study was to avoid, at the reduced pressure of Ar inert gas during deposition, the degradation of the primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide into a much softer  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  carbide and to deposit coating layers with the microstructure with the dominant  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase which gives better performance in the coating operation. The tests have shown that the -  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) VPS coating has higher hardness and bonding strength than APS and HVOF coatings, which are in accordance with the coating microstructure dominated by the primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase.

## Materials and experimental details

The Sulzer Metco Woka 7205 powder was used for coating production (Material Product Data Sheet, 2012, Woka 7205 Chromium Carbide - 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-0031.1, Sulzer Metco). The Woka7205 powder contains 75% $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide and 25%(Ni20Cr) alloy. The  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) powder particles are spherical, produced by agglomeration and the sintering technique with a range of powder granules from 10 to 38  $\mu\text{m}$ . Fig. 1 shows a scanning electron micrograph (SEM) of the powder particle morphology. A spherical  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) powder particle can be seen, consisting of sintered  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ carbide particles (dark blue) and 25(Ni20Cr) alloy particles (light blue).

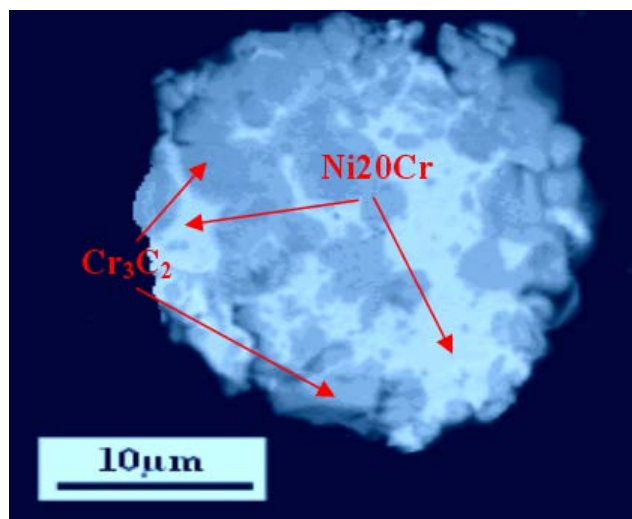


Figure 1 – (SEM) Scanning electron micrograph of  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) powder particles

Slika 1 – (SEM) Skening elektronska mikrografija čestica prahe  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr)

Рис. 1 – (SEM) Электронная микрография частиц порошка  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr)

The substrates on which the coatings were deposited for micro hardness testing and microstructural evaluation were made of steel Č.4171 (X15Cr13 EN10027) in the thermally unprocessed state with the dimensions 70x20x1.5mm (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). Also, the substrates for testing the bond strength are made of steel Č.4171 (X15Cr13EN10027) in the thermally unprocessed state with the dimension  $\varnothing 25 \times 50$  mm (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA).

The mechanical and microstructural characterizations of the coatings were made according to Pratt & Whitney (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). The evaluation of the mechanical properties of the layers was done by the hardness testing method  $\text{HV}_{0.3}$  and by bond strength tensile testing. The hardness testing was done in the direction along the lamellae, in the middle and at the ends of the sample. Five readings at three places were obtained and the paper presents the hardness range from the minimum to the maximum value.

The method of bond strength testing is a method of tensile testing. The testing was done at room temperature with a strain test rate of 1cm/60s. Three specimens were used, and the mean value is shown in the paper.

The morphology of powder particles was examined on the SEM - Scanning Electron Microscope. The analysis of the share of pores in the coating was done by processing 5 photos at 200X magnification. Through tracing paper, micro pores are labeled and shaded, and their total area was calculated related to the total area of the micrograph. This paper presents the mean value of the share of pores. The microstructural analysis of the coating was performed under a light microscope. In order to determine the distribution of the carbide phase in the coating, the coating etching was done with the reagent  $1\text{HNO}_3: 4\text{HCl}: 4\text{H}_2\text{O}$ . The microstructure of the coating after etching was examined by the light microscopy technique.

The  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  powder was deposited at a low pressure of Ar inert gas in the VPS system of the Plasma Technik AG company. An F4 plasma gun was used for the powder deposition. The process involves cleaning the substrate surface by the transferred arc and the powder deposition at low pressure. A program for  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  powder deposition was designed in the microprocessor unit of the robot of the VPS Plasma Technik AG system. The program set and time-synchronized all process parameters such as: chamber vacuuming, plasma gas flow, cleaning the substrate by the transferred arc, powder flow, coating deposition, substrate cooling and ventilation of the vacuum

chamber. The cleaning of the substrate surface and the powder deposition were performed with a mixture of Ar-He plasma gases. The VPS parameters of the deposition of  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) powder on the samples are shown in Table 1.

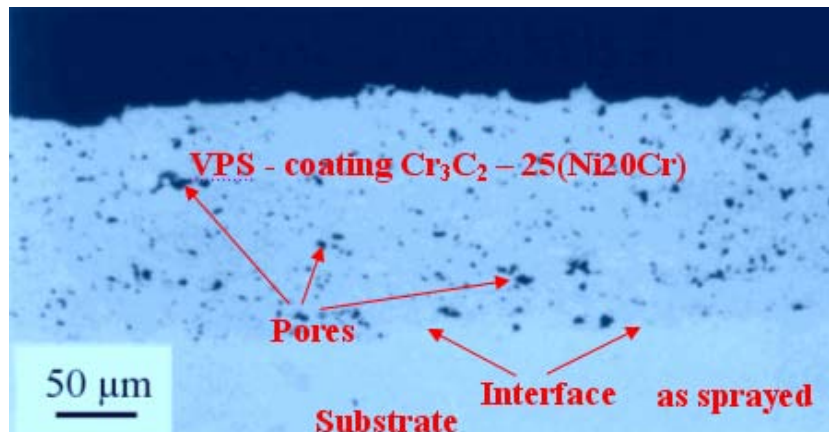
Table 1 – Plasma spray parameters  
Tabela 1 – Plazma sprej parametri  
Таблица 1 – Характеристики плазменного напыления

| Parameters                                | Values       |          |
|-------------------------------------------|--------------|----------|
|                                           | Cleaning arc | Spraying |
| Plasma current, I (A)                     | 700          | 700      |
| Plasma Voltage, U (V)                     | 74           | 74       |
| Primary plasma gas flow rate Ar (l/min)   | 50           | 50       |
| Secondary plasma gas flow rate He (l/min) | 20           | 140      |
| Carrier gas flow rate Ar (l/min)          | --           | 5        |
| Powder feed rate (g/min)                  | --           | 45       |
| Stand-off distance (mm)                   | 320          | 340      |
| Chamber pressure (mbar)                   | 30           | 70       |
| Nozzle diameter (mm)                      | 8            | 8        |
| Speed of the gun (mm /s)                  | 12           | 12       |

## Results and discussion

In the  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) coating layers along the cross-section, the hardness values of 1248 to 1342  $\text{HV}_{0.3}$  were measured. The obtained hardness values indicate that a greater proportion of the degradable primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase is present in the microstructure, due to the inert atmosphere of Ar at low pressure (Marcano, et al., 2008, pp.4406–4410), (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). The range of hardness of the deposited layers is caused by the presence of micro pores in the coating layers. The tensile bond strength between the substrate and the coating was 89 MPa which is typical for VPS coatings. The cleaning of the substrate surface with the transferred arc resulted in better adhesion of the deposited coating layers, which resulted in obtaining high values of bond strength. The values of the microhardness and tensile bond strength were correlated with their microstructures.

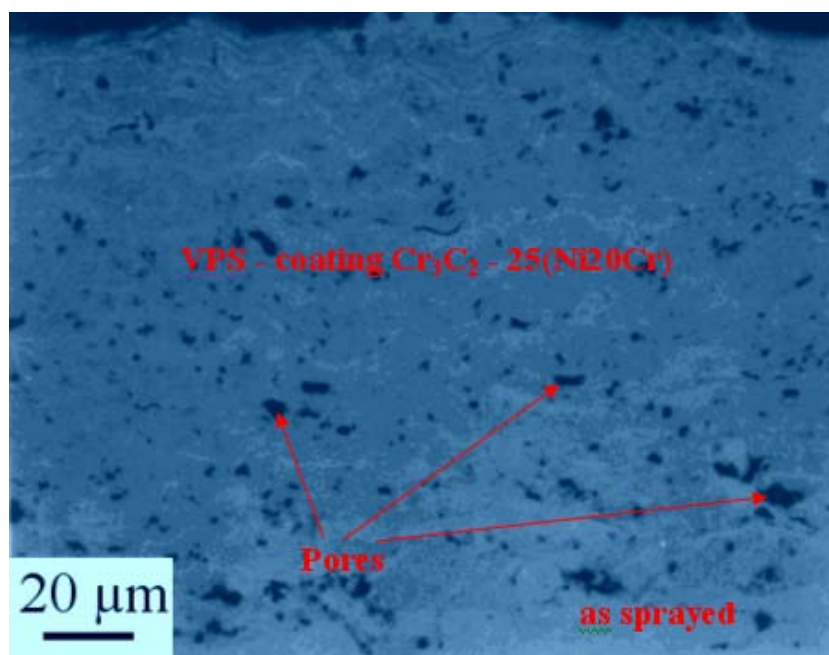
Figs. 2 and 3 show the microstructures of the VPS  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) coating layers in the deposited condition.



Slika 2 – Microstructure of the  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) coating in the deposited state

Slika 2 – Mikrostruktura  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) prevlake u deponovanom stanju

Рис. 2 – Микроструктура покрытия  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ - 25 (Ni20Cr) в нанесенном состоянии



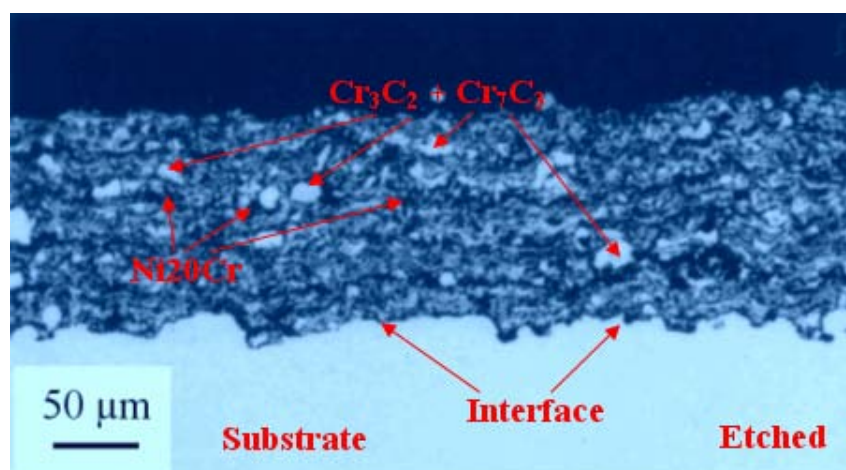
Slika 3 – Microstructure of the  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25 (Ni20Cr) coating in the deposited state

Slika 3 – Mikrostruktura  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) prevlake u deponovanom stanju

Рис. 3 – Микроструктура покрытия  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25 (Ni20Cr) в нанесенном состоянии

The qualitative analysis showed that at the interface between the substrate and the deposited coatings there are no defects such as discontinuities of the deposited layers on the substrates, microcracks, macrocracks and separation of the coating from the substrate. The boundaries on the interface between the substrate and the coating layers are very clean, which indicates a good cleaning of the substrates with the transferred arc. Through the coating layers, micropores of spherical and irregular shapes can be seen (marked with red arrows). There are no unmelted particles and precipitates in the coating layers. Microcracks are not present in the structure. Oxide lamellae cannot be observed through the layers of coatings. The VPS - vacuum plasma spray process allows depositing layers without oxide content in the coating, which is a big advantage over the APS and HVOF processes.

Figs. 4 and 5 show the microstructures of the VPS  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) coating in the etched condition.

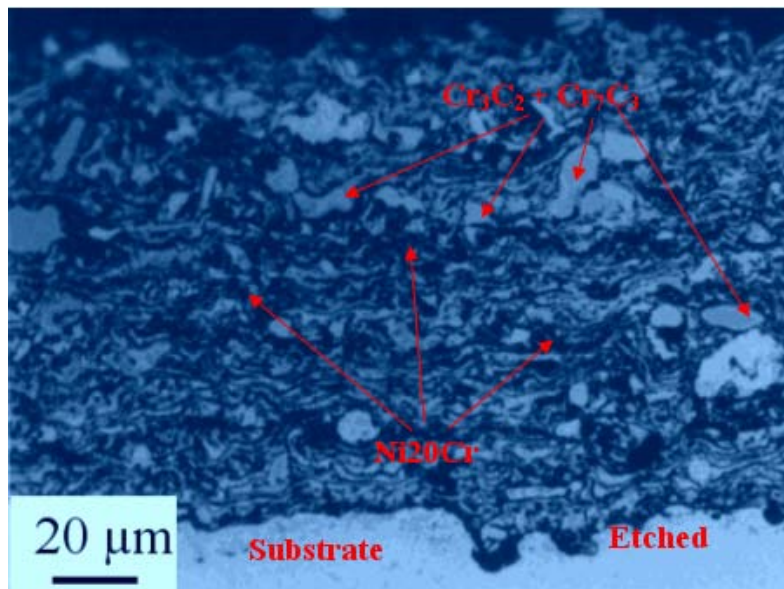


Slika 4 – Microstructure of the  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25 (Ni20Cr) coating in the etched state.

Slika 4 – Mikrostruktura  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) prevlake u nagriženom stanju.

Рис.4 – Микроструктура покрытия  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25 (Ni20Cr) в протравленном состоянии

The microstructure of the coating clearly shows the two phases. The dark blue phase represents the lamellae of Ni20Cr alloy and the light blue one shows the primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  undegraded carbides and the secondary  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  carbides which give high values of microhardness to the coating (Marcano, et al., 2008, pp.4406–4410), (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). The  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  and  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  carbide phases are evenly distributed in the coating structure. The structure of the coating is quite uniform in the cross-section, with no history of micro and makrocracks.



Slika 5 – Microstructure of the Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> - 25 (Ni20Cr) coating in the etched state

Slika 5 – Mikrostruktura Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> - 25 (Ni20Cr) prevlake u nagriženom stanju

Рис.5 – Микроструктура покрытия Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> - 25 (Ni20Cr) в протравленном состоянии

This indicates that the coating layers are deposited evenly. Micropores are present in the coating structure and seen as dark fields in Figs.2 and 3. The porosity of the coating was determined by the image analysis technique, where 5 fields were analyzed at 200X magnification in the coating cross section. The average value of the porosity was 4%. Primary Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> carbide particles and secondary Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> carbides phases are located in the interlamellar regions of the Ni20Cr alloy (Marcano, et al., 2008, pp.4406–4410), (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). Due to coating etching, Ni is dissolved from the solid solution of the Ni20Cr alloy while Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> and Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> carbides are raised in the light blue relief. Since the incident light falls obliquely onto the sample surface, and casts a shadow over the raised carbide phases, the Ni20Cr alloy phase is dark blue.

## Conclusion

In this paper, the vacuum plasma spray - VPS procedure is used to deposit Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> - 25 (Ni20Cr) cermet coatings with cleaning the substrate surface with the transferred arc at a distance of 320mm of the F4 plasma gun from the substrate and deposit powder particles at a distance of 340mm of the plasma gun from the substrate. The paper investigated the

mechanical properties and the microstructure of the coatings in the deposited and etched state in the reagent  $1\text{HNO}_3: 4\text{HCl}: 4\text{H}_2\text{O}$ . The investigation came to the following conclusions.

The VPS  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  cermet coating had high hardness values from 1248 to 1342  $\text{HV}_{0.3}$  along the cross-section. The measured hardness values indicate the presence of a large share of the nondegraded primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase in the coating microstructure. The range of the hardness of the deposited layers is a consequence of the presence of micro-porosity in the coating layers. The tensile bond strength of the  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  coating had a high value of 89 MPa. The cleaning of the substrate surface with the transferred arc resulted in better adhesion of the deposited coating layers, which resulted in obtaining high values of bond strength. The values of the microhardness and tensile bond strength correlated with their microstructures.

The microstructure of VPS  $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  cermet coatings is lamellar. Micro pores with a share of 4% are present in the deposited layers. Through the deposited layers, unmelted powder particles and precipitates cannot be observed. The microstructure of the coating in the etched condition clearly shows the dark layers of the  $\text{Ni}(\text{Cr})$  alloy in which light fields of evenly distributed primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phases can be seen as well as the secondary  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  carbide phases. In the coating layers deposited at low pressure in an inert atmosphere of Ar, there are no Ni and Cr oxide phases.

The tests have shown that the VPS -  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  cermet coatings have higher hardness and bond strength values than the APS and HVOF coatings, which are in accordance with the coating microstructure. The deposition of powder in a protective atmosphere at low pressure enabled the deposition of the coating layers with the prevailing primary  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  carbide phase which provides better performances to the coatings in operation.

### Literature

- ASM. 1987. Metals Handbook, 5 Ed 9, Surface Engineering., p.367.
- Beczowskiak, L., Keller, H., & Schwier, G. 1999. *Carbide Materials for HVOF. Applications - Powder and Coating Properties*. Germany: H. C. Starck GmbH and Co.
- Blatchford, M.T. 2001. Improvements in HVOF Sprayed Cermet Coatings Produced from SHS Powders. . In: Thermal Spray 2001: New Surfaces for a New Millennium, Singapore. Ohio, USA: ASM International, Materials Park.
- Ding, C., Chen, H., Liu, X., & Zeng, Y. 2003. Plasma sprayed nanostructured zirconia coatings for wear resistance. .In: C. Moreau& B. Marple Eds., Thermal Spray 2003: Advancing the science & applying the technology. Ohio, USA: ASM International, Materials Park., pp.455-458
- Doi, K., & Suda, Y.Y. 2000. Preparation of crystalline chromium carbide thin films synthesizes by pulsed Nd: YAG laser deposition. . In: Mat. Res. Soc. Symp..

- Erning, U., & Nestler, M. 1999. HVOF coatings for hard-chrome replacement properties and applications. . In: Proceedings of United Thermal Spray Conference (UTSC 99), Dusseldorf, Marzo. , pp.462-466
- Guilemany, J.M., Miguel, J.M., Vizcaino, S., Lorenzana, C., Delgado, J., & Sanchez, J. 2002. . *Surface & Coatings Technology*, 157, p.207.
- Guilemany, J.M., Espallargas, N., Suegama, P.H., & Benedetti, A.V. 2006. . *Corros. Sci.*, 48, p.2998.
- He, J., & Lavernia, E. 2000. Synthesis of nanostructured Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-25(Ni<sub>20</sub>Cr) coatings. *Metall. Mater. Trans. A*, 31A, pp.555-564.
- Hillery, R.V. 1986. Coatings for performance retention. *Journal of vacuum science and technology A*, 4, pp.2684-2688.
- Ji, G.C., Li, C.J., Wang, Y.Y., & Li, W.Y. 2006. . *Surface & Coatings Technology*, 200, p.6749.
- Ko, P.L., & Robertson, M.F. 2002. Wear characteristics of electrolytic hard chrome and thermal sprayed WC-10 Co-4 Cr coatings sliding against Al-Ni-bronze in air at 21 °C and at -40 °C. *Wear*, 252, pp.880-893.
- Leblanc, L. 2003. Abrasion and sliding wear of nanostructured ceramic coatings. . In: C. Moreau & B. Marple Eds., Thermal Spray 2003: Advancing the science & applying the technology. Ohio, USA: ASM International, Materials Park., pp.291-299
- Li, C.J., Ji, G.C., Wang, Y.Y., & Sonoya, K. 2002. . *Thin Solid Films*, 419, p.137.
- Li, J.F., Li, L., & Ding, C.X. 2005. . *Mater. Sci. Eng. A*, 394, p.229.
- Liu, M. 1998. Study on the Spray Processes and Characteristics of Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>/NiCr Coating. . In: Thermal Spray: Meeting the Challenges of the 21st Century, Nice, France. Ohio, USA: ASM International, Materials Park.
- Loubiere, S., Bonino, J.P., Laurent, C., Rousset, A., Loubiere, S., & Laurent, C. 1995. . *Mater. Res. Bull.*, 30(12), pp.1535-1546.
- Marcano, Z., Lesage, J., Chicot, D., Mesmacque, G., Puchi-Cabrera, E.S., & Staia, M.H. 2008. Microstructure and adhesion of Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-NiCr vacuum plasma sprayed coatings. *Surface & Coatings Technology*, 202, pp.4406-4410.
- Material Product Data Sheet, Woka 7205 Chromium Carbide - 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-0031. 1, Sulzer Metco* 2012.
- Matthews, S., Hyland, M., & James, B. 2003. . *Acta Mater*, 51, p.4267.
- Mrdak, M., Vencel, 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.R. 2013. Characterization of sealing nickel - graphite coating in the system with bonding of nickel - aluminum coating. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 61(1), pp.69-88. doi:10.5937/vojtehg61-1574
- Mrdak, M.R. 2012. Study of the plasma properties of the deposited layers of nickel-chrome-aluminum-yttrium coatings resistant to oxidation and hot corrosion. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 60(2), pp.182-201. doi:10.5937/vojtehg1202182M
- Mrdak, M., Vencel, A., & Ćosić, M. 2009. Microstructure and mechanical properties of the Mo-NiCrBSi coating deposited by atmospheric plasma spraying. *FME Transactions*, 37(1), pp.27-32.
- Picas, J.A., Forn, A., & Matthaus, G. 2006. . *Wear*, 261, p.477.
- Sahraoui, T., Guessasma, S., Fenineche, N.E., Montavon, G., & Coddet, C. 2004. Friction and wear behaviour prediction of HVOF coatings and electroplated hard chromium using neural computation. *Mater. Lett*, 58, pp.654-660.

Savarimuthu, A.C., Megat, I., Taber, H.F., Shadley, J.R., Rybicki, E.F., Emery, W.A., . . . Somerville, D.A. 2000. Sliding wear behaviour as a criterion for replacement of chromium electroplate by tungsten carbide (WC) thermal spray coatings in aircraft applications. . In: Proceedings of 1st International Thermal Spray Conference (ITSC 2000), Canada. , pp.1095-1104

Staia, M.H., Valente, T., Bartuli, C., Lewis, D.B., & Constable, C.P. 2001. Part I: characterization of Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-25%NiCr reactive plasma sprayed coatings produced at different pressures. *Surface & Coatings Technology*, 146-147, pp.553-562.

Tomita, T., Takatani, Y., Tani, K., & Harada, Y. 2001. Mechanisms of High Hardness in Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-NiCr Cermet Coatings Formed by Vacuum Plasma Spraying. . In: Thermal Spray, New Surfaces for a New Millennium. ASM International., pp.699-704

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

Turunen, E., Varis, T., Gustafsson, T.E., Keskinen, J., Falt, T., & Simo-Pekka, H. 2006. Parameter optimization of HVOF sprayed nanostructured alumina and aluminanickel composite coatings. *Surface & Coatings Technology*, 200(16-17), pp.4987-

Vencl, 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.

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

Wang, J., Zhang, L., Sun, B., & Zhou, Y. 2000. . *Surface & Coatings Technology*, 130, p.69.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ CR<sub>3</sub>C<sub>2</sub> - 25(Ni20Cr) НАНЕСЕННОГО МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ.

ОБЛАСТЬ: химические технологии  
ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья  
ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

### Резюме:

В данной работе анализируется метод вакуумного плазменного напыления покрытия Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> - 25(Ni20Cr) с использованием промышленного порошкового состава Sulzer Metco Woka 7205 при применении плазматрона F4 на расстоянии 340мм от основания.

Основной целью работы является проверка утверждения, что при пониженном давлении инертного газа исключается распад первичного карбида Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> до карбида Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, который значительно снижает микротвердость и механические свойства.

Покрывание толщиной 100 – 120 мкм наносилось на стальное основание. Испытания покрытия на микротвердость проводились по методу HV<sub>0.3</sub>. Значения показателей микротвердости на-

ходятся в промежутке 1248 - 1342  $\text{HV}_{0.3}$ . Испытание адгезии покрытия к основанию проводилось методом натяжения, полученное в результате испытания значение составляет 89 МПа.

Изучение микроструктуры покрытия, методом световой микроскопии показало, что покрытие состоит из основного сплава NiCr с преобладанием первичной карбидной фазы  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  и присутствием фазы  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ .

Травление покрытия проводилось с использованием реагента  $1\text{HNO}_3: 4\text{HCl}: 4\text{H}_2\text{O}$ , растворяющего в первую очередь никель, что позволяет увидеть распределение карбидной фазы в покрытии. Травление покрытия показало, что в слое преобладает карбидная фаза  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , обеспечивающая высокое значение микротвердости покрытия.

Ключевые слова: вакуум, основание, прочность, свойства, микроструктура, механические свойства, покрытие, карбиды.

## MEHANIČKA SVOJSTVA I MIKROSTRUKTURA VAKUUM PLAZMA NAPRSKANE $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$ PREVLAKE

OBLAST: hemijske tehnologije

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

JEZIK ČLANKA: engleski

### Sažetak:

U radu je analizirana vakuum plazma sprej prevlaka VPS –  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$ . Upotrebljen je komercijalni prah oznake Sulzer Metco Woka 7205. Prah je deponovan sa plazma pištoljem F4 na odstojanju substrata od 340 mm. Glavni cilj rada bio je da se na smanjenom pritisku inertnog gasa Ar eliminiše razgradnja primarnog karbida  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  u karbid  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  koji bitno umanjuje mikrotvrdoću i mehaničke karakteristike prevlake. Prevlaka je deponovana debljine od 100 do 120  $\mu\text{m}$  na čeličnom substratu. Mikrotvrdoća prevlake ispitana je metodom  $\text{HV}_{0.3}$ . Vrednosti mikrotvrdoće bile su u rasponu od 1248 do 1342  $\text{HV}_{0.3}$ . Čvrstoća spoja prevlake ispitana je metodom na zatezanje. Utvrđeno je da čvrstoća spoja između substrata i prevlake ima vrednost 89 МПа. Mikrostruktura prevlake ispitana je tehnikom svetlosne mikroskopije. Struktura prevlake sastoji se od osnove NiCr legure sa dominantnom primarnom karbidnom fazom  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ . Pored  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  faze prisutna je i faza  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ . Nagrizanje prevlake urađeno je reagensom  $1\text{HNO}_3: 4\text{HCl}: 4\text{H}_2\text{O}$  koji prvenstveno rastvara Ni da bi se videla raspodela karbidne faze u prevlaci. Nagrizanjem prevlake reagensom utvrđeno je da je u slojevima prevlake u velikom udelu prisutna primarna nerazgrađena karbidna faza  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  koja prevlaci daje visoke vrednosti mikrotvrdoće.

## Uvod

Vakuum plazma prskanje (VPS), zbog niskog pritiska, obično se naziva i LPPS. Na niskim pritiscima mlaz plazme postaje veće dužine i manjeg prečnika sa upotrebom konvergentnih/divergentnih mlaznica i ima veću brzinu jona. Eliminisanje kiseonika u komori i mogućnost primene predgrevanja substrata omogućuje izradu gušćih prevlaka, više zatezne čvrstoće spoja bez sadržaja oksida u prevlaci. Primenom VPS procesa sprečava se dekarburizacija primarnog karbida  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , tako da se deponuju prevlake visoke tvrdoće. U poslednjoj deceniji veliki broj istraživača publikovao je rezultate koji se odnose na strukturu i svojstva prevlaka deponovanih HVOF procesom (Guilemany, et al., 2006, p.2998), (Guilemany, et al., 2002, p.207), (Ji, et al., 2006, p.6749), (Li, et al., 2005, p.229), (Picas, et al., 2006, p.477). Kod ovog procesa, kao i kod APS procesa, glavni problem bio je gubitak ugljenika tokom taloženja prevlake. U VPS prevlakama dominantna je karbidna faza  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  tvrdoće 1600HV sa manjim udelom faze  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  tvrdoće 1300HV (Marciano, et al., 2008, pp.4406–4410), (Tomita, et al., 2001, pp.699-704). U prevlaci nije prisutna karbidna faza  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  tvrdoće 1000HV, koja u APS i HVOF karbidnim prevlakama umanjuje tvrdoću prevlaka. Tvrdoća VPS  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) prevlake je  $\text{HV}1243 \pm 80$ , što je mnogo veće od HVOF prevlake sa tvrdoćom  $\text{HV}958 \pm 44$  (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). Zatezna čvrstoća spoja prevlake deponovane VPS procesom veća je od 80 MPa sa sadržajem poroznosti manjom od 5% (ASM Metals Handbook, 1987, p.367). Plazma sprej prevlake  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - NiCr imaju visoku otpornost protiv abrazionog habanja i nizak koeficijent trenja, od sobne temperature do  $850^\circ\text{C}$ , zbog visoke termičke stabilnosti i otpornosti na oksidaciju (Guilemany, et al., 2006, p.2998). Nedavno je utvrđeno da ove prevlake mogu poboljšati otpornost na toplotni zamor i otpornost na habanje u teškim uslovima opterećenja i produžiti radni vek komponentama (Guilemany, et al., 2002, p.207). Termički naprskane kermet prevlake dobra su alternativa tvrdom hromu, kada se zahteva visoka otpornost na habanje (Erning, Nestler, 1999, pp.462–466), (Sahraoui, et al., 2004, pp.654–660), (Ko, Robertson, 2002, pp.880–893), (Savarimuthu, et al., 2000, pp.1095–1104). Plazma sprej procesi APS i VPS koriste se u širokom spektru aplikacija, uključujući automobilsku industriju, avionsku industriju, hemijsku procesnu opremu, industriju celuloze i papira, ortopedskih i stomatoloških komponenti i dr. (Erja Turunen, et al., 2006, pp.4987-4994), (Mrdak, et al., 2013, pp.559-567), (Mrdak, 2013, pp.69-88), (Mrdak, 2013, pp.182-201), (Mrdak, et al., 2009, pp.27-32), (Vencl, et al., 2006, pp.151-157), (Vencl, et al., 2011, pp.1281-1288). Plazma sprej proces koristi se više od četiri decenije za izradu zaštitnih prevlaka na bazi metala, keramike i čak kompozitnih materijala za različite aplikacije (Chuanxian Ding, 2003, pp.455-458). Uprkos dugom periodu primene plazma sprej procesa, među naučnicima je još uvek prisutno veliko interesovanje za razvoj novih materijala za izradu prevlaka i istraživanje njihovog ponašanja u radnim uslovima (Leblanc, 2003, pp.291-299).

U radu su predstavljeni rezultati eksperimentalnih ispitivanja uticaja VPS – vakuum plazma sprej procesa na mehaničke karakteristika i mikrostrukturu kermet prevlake  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$ . Glavni cilj rada bio je da se na smanjenom pritisku inertnog gasa Ar u procesu depozicije izbegne razgradnja primarnog karbida  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  u mnogo mekši karbid  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  i deponuju slojevi prevlake sa mikrostrukturom u kojoj će biti dominantna karbidna faza  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  koja daje bolje performanse prevlaci u eksploataciji. Ispitivanja su pokazala da VPS –  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  prevlaka ima veće vrednosti mikrotvrdoće i čvrstoću spoja od APS i HVOF prevlaka, koje su u saglasnosti sa mikrostrukturom prevlake u kojoj dominira primarna karbidna faza  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ .

#### Materijali i eksperimentalni detalji

Za izradu prevlaka koristio se prah firme Sulzer Metco s oznakom Woka 7205 (Material Product Data Sheet, 2012, Woka 7205 Chromium Carbide - 25% Nickel Chromium Powders, DSMTS-0031.1, Sulzer Metco). Prah Woka7205 sadrži 75% $\text{Cr}_3\text{C}_2$  karbida i 25%(Ni20Cr) legure. Čestice praha  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  sfernog su oblika, proizvedene tehnikom sinterovanja i aglomeracije sa rasponom granulata praha od 10 do 38  $\mu\text{m}$ .

Osnove na koje su deponovane prevlake za ispitivanje mikrotvrdoće i za procenu mikrostrukture napravljene su od čelika Č.4171 (X15Cr13 EN10027) u termički neobrađenom stanju, dimenzija 70x20x1,5mm (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). Takođe, osnove za ispitivanje čvrstoće spoja napravljene su od čelika Č.4171(X15Cr13EN10027) u termički neobrađenom stanju dimenzija  $\varnothing 25 \times 50$  mm (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA).

Mehaničke i mikrostrukturne karakterizacije prevlaka urađene su prema standardu Pratt & Whitney (Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). Procena mehaničkih osobina slojeva urađena je ispitivanjem mikrotvrdoće metodom  $\text{HV}_{0,3}$  i čvrstoće spoja ispitivanjem na zatezanje. Ispitivanje mikrotvrdoće urađeno je u pravcu duž lamela, u sredini i na krajevima uzorka. Urađeno je pet očitavanja na tri mesta, a u radu je prikazan raspon mikrotvrdoće od minimalne do maksimalne vrednosti.

Metoda ispitivanja čvrstoće spoja je metoda ispitivanja na zatezanje. Ispitivanje je urađeno na sobnoj temperaturi sa brzinom zatezanja 1cm/60s. Za ispitivanje su upotrebljene tri epruvete, a u radu je prikazana srednja vrednost.

Morfologija čestica praha urađena je na SEM – skeniranjem elektronskom mikroskopu. Analiza udela mikropora u prevlaci urađena je obradom 5 fotografija na uveličanju 200X. Preko paus papira mikropore su označene i osenčene, a njihova ukupna površina računala se na ukupnu površinu mikrofotografije. U radu je prikazana srednja vrednost udela mikropora. Mikrostrukturna analiza prevlaka urađena je na svetlosnom mikroskopu. Radi utvrđivanja raspodele karbidne faze u prevlaci rađeno je nagrizanje prevlake u reagensu  $1\text{HNO}_3:4\text{HCl}:4\text{H}_2\text{O}$ . Mikrostruktura prevlake posle nagrizanja ispitana je tehnikom svetlosne mikroskopije.

Depozicija praha  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) izvršena je na niskom pritisku inertnog gasa Ar u VPS sistemu firme Plasma Technik AG. Za depoziciju praha korišćen je plazma pištolj F4. Proces obuhvata čišćenje površine substrata transferovanim lukom i deponovanje praha na niskom pritisku. Na mikroprocesorskoj jedinici robota VPS sistema Plasma Technik AG urađen je program deponovanja praha  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr). U programu su zadati i vremenski sinhronizovani svi parametri procesa kao što je: vakuumiranje komore, protok plazma gasova, čišćenje substrata transferovanim lukom, protok praha, depozicija prevlake, hlađenje substrata i ventilacija vakuum komore. Čišćenje površine substrata i depozicija praha urađena je sa mešavinom plazma gasova Ar-He.

#### Rezultati i diskusija

U slojevima prevlake  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - 25(Ni20Cr) duž poprečnog preseka su izmerene vrednosti mikrotvrdoće od 1248 do 1342  $\text{HV}_{0.3}$ . Dobijene vrednosti mikrotvrdoće ukazuju da je u mikrostrukтури u većem udelu prisutna nerazgrađena primarna karbidna faza  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , što je omogućila inertna atmosfera Ar na niskom pritisku (Marcano, et al., 2008, pp.4406–4410), (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). Raspon mikrotvrdoće deponovanih slojeva je posledica prisustva mikroporoznosti u slojevima prevlake. Zatezna čvrstoća spoja između substrata i prevlake bila je 89 MPa, što je karakteristično za VPS prevlake. Čišćenje površine substrata transferovanim lukom uticalo je na bolje prijanjanje deponovanih slojeva prevlaka, što se odrazilo na dobijanje visoke vrednosti čvrstoće spoja. Vrednosti mikrotvrdoće i zatezne čvrstoće spoja bile su u korelaciji sa njihovim mikrostrukturama.

Kvalitativna analiza je pokazala da na interfejsu između substrata i deponovanih prevlaka nisu prisutni defekti kao što je diskontinuitet deponovanih slojeva na substratima, mikropukotine, makropukotine i odvajanje prevlaka od osnove. Granice na interfejsu između substrata i slojeva prevlake izuzetno su čiste, što ukazuje na dobro čišćenje površine substrata transferovanim lukom. Kroz slojeve prevlake uočavaju se mikropore sfernog i nepravilnog oblika obeležene crvenim strelicama. U slojevima prevlake nisu prisutne nestopljene čestice i precipitati. U strukturi nisu prisutne mikropukotine. Kroz slojeve prevlaka ne uočavaju se oksidne lamele. VPS – vakuum plazma sprej proces omogućuje deponovanje slojeva bez sadržaja oksida u prevlaci, što je velika prednost u odnosu na procese APS i HVOF.

U mikrostrukтури prevlake jasno se vide dve faze. Tamnoplava faza su lamele legure Ni20Cr, a svetloplava faza su primarni nerazgrađeni karbidi  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  i sekundarni karbidi  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  koji daju prevlaci visoke vrednosti mikrotvrdoće (Marcano, et al., 2008, pp.4406–4410), (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). Karbidne faze  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  i  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  su ravnomerno raspoređene u strukturi prevlake koja je dosta ujednačena po preseku, bez prisutnih mikro i makropukotina. To ukazuje da su slojevi prevlake ravnomerno deponovani. U strukturi prevlake prisutne su mikropore koje se vide kao tamna polja. Poroznost prevlake određena je pomoću tehnike analize slike, gde je 5 polja na uvećanju od 200X analizirano na poprečnom preseku prevlake. Prosečna vrednost poroznosti iznosila je 4%. Primarne čestice karbida  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  i sekundarne karbidne faze  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  nalaze se

u interlamelarnim regionima legure Ni20Cr (Marcano, et al., 2008, pp.4406–4410), (Tomita, et al., 2001, pp.699–704). Nagrizanjem prevlake Ni se rastvara iz čvrstog rastvora legure Ni20Cr, dok karbidi  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  i  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  stoje izdignuti u reljefu svetloplave boje. Pošto upadna svetlost ko-so pada na površinu uzorka i baca senku iznad izdignutih faza karbida, faza Ni20Cr legure je tamno- plave boje.

#### Zaključak

U ovom radu su vakuum plazma sprej – VPS postupkom deponovane kermet prevlake  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  sa čišćenjem površine substrata transferovanim lukom na odstojanju 320 mm plazma pištolja F4 od substrata i depozicija čestica praha na odstojanju 340 mm plazma pištolja od substrata. Ispitane su mehaničke karakteristike i mikrostrukture prevlaka u deponovanom i nagriženom stanju u reagensu  $1\text{HNO}_3:4\text{HCl}:4\text{H}_2\text{O}$ . Na osnovu izvršenih ispitivanja došlo se do određenih zaključaka.

VPS kermet prevlaka  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  duž poprečnog preseka imala je visoke vrednosti mikrotvrdoće od 1248 do 1342  $\text{HV}_{0.3}$ . Izmerene vrednosti mikrotvrdoće ukazuju na prisustvo većeg udela nerazgrađene primarne karbidne faze  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  u mikrostrukтури prevlake. Raspon mikrotvrdoće deponovanih slojeva posledica je prisustva mikroporoznosti u slojevima prevlake. Zatezna čvrstoća spoja  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  prevlake imala je visoku vrednost od 89 MPa. Čišćenje površine substrata transferovanim lukom uticalo je na bolje prijanjanje deponovanih slojeva prevlaka, što se odrazilo na dobijanje visoke vrednosti čvrstoće spoja. Vrednosti mikrotvrdoće i zatezne čvrstoće spoja bile su u korelaciji sa njihovim mikrostrukturama.

Mikrostruktura VPS kermet prevlake  $75\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  je lamelarna. U deponovanim slojevima prisutne su mikropore sa udelom od 4%. Kroz deponovane slojeve ne uočavaju se neistopljene čestice praha i precipitati. U mikrostrukтури prevlake u nagriženom stanju jasno se vide tamni slojevi legure Ni(Cr) u kojoj se nalaze svetla polja ravnomerno raspoređene primarne faze karbida  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  i sekundarne faze karbida  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ . U slojevima prevlake koje su deponovane na niskom pritisku u inertoj atmosferi Ar nisu prisutne oksidne faze Ni i Cr.

Ispitivanja su pokazala da VPS -  $\text{Cr}_3\text{C}_2 - 25(\text{Ni}20\text{Cr})$  kermet prevlake imaju veće vrednosti mikrotvrdoće i čvrstoće spoja od APS i HVOF prevlaka, koje su u saglasnosti sa mikrostrukturom prevlake. Deponovanje praha u zaštitnoj atmosferi na niskom pritisku omogućilo je da se u prevlaci deponuju slojevi sa dominantnom primarnom fazom  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  u kojoj dominira primarna karbidna faza  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  koja u eksploataciji daje bolje performanse prevlaci.

Ključne reči: vakuum, substrat, čvrstoća, svojstva, faze, mikrostrukture, mikrotvrdoća, mehanička svojstva, prevlaka, karbidi.

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 15. 08. 2013.  
Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 29. 08. 2014.  
Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 31. 08. 2014.

ПРЕГЛЕДНИ ЧЛАНЦИ  
REVIEW PAPERS  
ОБОЗОРНЫЕ СТАТЬИ

## MOGUĆNOSTI PRIMENE FRAKCIONOG RAČUNA U MODELOVANJU TELEKOMUNIKACIONOG SAOBRAĆAJA

Branka D. Mikavica, Aleksandra M. Kostić-Ljubisavljević,  
Vesna M. Radonjić-Đogatović  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet  
e-mail: b.mikavica@sf.bg.ac.rs, a.kostic@sf.bg.ac.rs,  
v.radonjic@sf.bg.ac.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-6323

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

### Sažetak:

*Frakcioni račun je oblast matematičke analize koja se bavi izučavanjem i primenom izvoda i integrala proizvoljnog reda. Ovom teorijom bavili su se mnogi poznati matematičari među kojima su Ojler, Riman, Liuvil, Abel i Furije. Predloženo je više definicija za izračunavanje izvoda i integrala necelog reda. U ovom radu daje se pregled nekih predloženih definicija, kao i osnovne postavke frakcionog računa sa posebnim naglaskom na mogućnostima njegove primene u domenu modelovanja telekomunikacionog saobraćaja.*

*Činjenica je da frakcioni račun poslednjih decenija nalazi sve veću primenu u raznim naučnim oblastima. Modeli zasnovani na frakcionom računu pokazali su se korisnim u fizici, mehanici, elektrotehnici, biohemiji, medicini, ekonomiji, teoriji verovatnoće. U ovom radu analizira se mogućnost primene frakcionog računa u modelovanju telekomunikacionog saobraćaja. Istraživanja pokazuju da se karakteristike telekomunikacionog saobraćaja na lokalnom i globalnom nivou u mreži, kao što su samosličnost i zavisnost u dugom opsegu, efikasnije mogu opisati pomoću frakcionog računa umesto konvencionalnih stohastičkih procesa. U radu su prikazani predloženi modeli zasnovani na frakcionom računu koji modeluju fenomene prisutne u savremenim telekomunikacionim mrežama.*

*Ključne reči: modeli, saobraćaj, telekomunikacije, frakcioni račun.*

ZAHVALNICA: Ovaj rad je deo rezultata istraživanja na projektu „TR32025” koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

## Uvod

Telekomunikacione mreže beleže enorman razvoj. Potrebe korisnika u pogledu novih servisa i aplikacija koje zahtevaju veće propusne opsege i veći kvalitet servisa svakim danom rastu. Rast tražnje utiče na neophodnost izgradnje adekvatne arhitekture mreže, planiranje, održavanje, kontinuirani razvoj i unapređivanje. U tom smislu, od velikog značaja je evaluacija efikasnosti telekomunikacionih mreža korišćenjem metoda merenja, analize i simulacije ovih mreža. Merenjem i statističkom analizom telekomunikacionog saobraćaja otkriveno je da saobraćaj u mreži pokazuje velike neregularnosti (*burstiness*), kako u pogledu varijabilnosti intenziteta saobraćaja, tako i u pogledu oblika funkcije autokorelacije. Uočeno je da saobraćaj ima fraktalne karakteristike – samosličnost i zavisnost u dugom opsegu (Devetskiotis, da Fonseca, 2005).

Usled toga, potrebna je velika širina propusnog opsega, a vrlo često je to jedan od uzroka neefikasnosti mreže. Za razliku od ustaljenih modela, zasnovanih na Poasonovoj raspodeli, koji se sreću u mrežama sa komutacijom kola, kod modela zasnovanih na samosličnosti telekomunikacionog saobraćaja javljaju se problemi koje je teško prognozirati, izmeriti i kontrolisati saobraćaj u mreži. Stoga, merenje, analiza i modelovanje samosličnog telekomunikacionog saobraćaja još uvek predstavlja izazov.

Različita istraživanja su pokazala da se saobraćaj u savremenim telekomunikacionim mrežama može adekvatno opisati statističkim modelima zasnovanim na frakcionom računu. Frakcioni račun predstavlja oblast matematike koja se bavi izučavanjem i primenom izvoda i integrala nece-log reda. Poslednjih decenija nalazi sve veću primenu u raznim sferama nauke, od medicine, fizike, biohemije, ekonomije, teorije verovatnoće, mehanike, elektrotehnike.

Težište ovog rada je na mogućnosti primene frakcionog računa u savremenim telekomunikacionim mrežama u modelovanju telekomunikacionog saobraćaja.

Rad je koncipiran na sledeći način. Nakon uvodnog razmatranja, daju se osnovne postavke frakcionog računa. Brojni poznati matematičari koji su se bavili izučavanjem frakcionog računa dali su svoje definicije i u ovom radu se daje pregled nekih od predloženih definicija. U narednom poglavlju se opisuju fenomeni koji se sreću u savremenim telekomunikacionim mrežama – samosličnost (eng. *self-similarity*) i zavisnost u dugom opsegu (eng. *Long run dependence* - LRD). Zatim se daje pregled nekih predloženih modela saobraćaja zasnovanih na frakcionom računu. Na kraju se daju zaključna razmatranja.

## Osnovne postavke frakcionog računa

Izučavanje frakcionog računa počinje u 17. veku sa Lopitalom i Lajbnicom. Lakroa je prvi objavio neceli red izvoda. Tako, za  $y = x^a$ ,  $a \in \mathbb{R}_+$ , pokazao je da

$$\frac{d^{1/2}y}{dx^{1/2}} = \frac{\Gamma(a+1)}{\Gamma(a+1/2)} x^{a-1/2}.$$

Zapravo, dobio je da  $(d/dx)^{1/2} x = 2\sqrt{x/\pi}$  (isti rezultat je dobio i Riman-Liuvil, koji važi i danas).

Iako je naziv „frakcioni račun” zapravo pogrešan, a oznaka „integracija i diferencijacija proizvoljnog reda” adekvatnija, uobičajen je naziv frakcioni račun, koji se koristi još od doba Lopitala.

Furije, koji je 1822. izveo vrednost integrala funkcije

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_R f(\alpha) d\alpha \int_R \cos p(x-\alpha) dp, \text{ formalno je izrazio verziju sa izvodima}$$

$$\frac{d^\nu}{dx^\nu} f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_R f(x) dx \int_R p^\nu \cos \left\{ p(x-\alpha) + \frac{v\pi}{2} \right\} dp$$

gde se vrednost  $\nu$  odnosi na bilo koju vrednost, pozitivnu ili negativnu.

Abel je primenio frakcioni račun za rešavanje integralne jednačine koja se javlja u formulaciji tautohronog problema (odrediti oblik krive tako da je vreme spuštanja tela zanemarljive mase niz datu krivu, bez trenja, pod uticajem gravitacije, nezavisno od početnog položaja tela). Abelova integralna jednačina ima oblik:

$$k = \int_0^x (x-t)^{-1/2} f(t) dt. \quad (1)$$

Abel je izučavao opštije forme integralnih jednačina sa jezgrom oblika  $(x-t)^\alpha$ . Integral (1), sa izuzetkom faktora  $1/\Gamma(1/2)$ , poseban je slučaj konačnog integrala koji definiše frakciono integraljenje reda  $1/2$ . U integralnim jednačinama oblika (1) funkcija  $f$  je nepoznata. Abel je desnu stranu jednačine (1) napisao kao  $\sqrt{\pi} [d^{-1/2}/dx^{-1/2}] f(x)$ . Zatim je primenio operaciju  $d^{1/2}/dx^{1/2}$  na obe strane jednačine i dobio je:

$$\frac{d^{1/2}}{dx^{1/2}} k = \sqrt{\pi} f(x), \quad (2)$$

jer ovi frakcioni operatori imaju osobinu da  $D^{1/2}D^{-1/2}f = D^0f = f$ . Stoga, kada se izračuna frakcioni izvod reda  $1/2$  konstante  $k$  u (2),  $f(x)$  je određena. To je izuzetno dostignuće u oblasti frakcionog računa. Važno je uočiti da frakcioni izvod konstante nije uvek jednak nuli (Miller, Ross, 1993).

Prvi ozbiljan pokušaj da se dâ logična definicija frakcionih izvoda pripada Liuvilu. Liuvil je pošao od poznatog rezultata  $D^n e^{ax} = a^n e^{ax}$  gde je  $D = \frac{d}{dx}$ ,  $n \in \mathbb{N}$ , i proširio ga, najpre na poseban slučaj kada je  $\nu = \frac{1}{2}$ ,  $a = 2$  a zatim ga proširio na proizvoljan red,  $\nu \in \mathbb{R}_+$  sa  $D^\nu e^{ax} = a^\nu e^{ax}$ . Prikazao je funkciju  $f(x)$  kao  $f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k e^{a_k x}$  i definisao izvod proizvoljnog reda  $\nu$  sa

$$D^\nu f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k a_k^\nu e^{a_k x}.$$

Njegov drugi metod odnosio se na eksplicitnu funkciju  $x^{-a}$ . Posmatrao je integral  $I = \int_0^{\infty} u^{a-1} e^{-xu} du$ , a zatim zamenom  $xu = t$  dobio rezultat

$$I = x^{-a} \int_0^{\infty} t^{a-1} e^{-t} dt = x^{-a} \Gamma(a) \quad (\text{za } \operatorname{Re} a > 0). \text{ Množeći obe strane } x^{-a} = I / \Gamma(a)$$

sa  $D^\nu$  dobio je  $D^\nu x^{-a} = (-1)^\nu \frac{\Gamma(a+\nu)}{\Gamma(a)} x^{-a-\nu}$ .

S obzirom na to da proizvoljna diferencijalna jednačina oblika  $\frac{d^n y}{dx^n} = 0$   $n$ -tog reda ima opšte rešenje  $y = c_0 + c_1 x + \dots + c_{n-1} x^{n-1}$ , Liuvil je zaključio da frakciona jednačina oblika  $\frac{d^\alpha y}{dx^\alpha} = 0, \alpha \in \mathbb{R}_+$  takođe treba da ima odgovarajuće opšte rešenje.

Neka je  $f$  lokalno integrabilna u intervalu  $(a, \infty)$ , tada je  $n$ -ta iteracija integraljenja data kao:

$${}_a I_x^n f(x) := \int_a^x du_1 \int_a^{u_1} du_2 \dots \int_a^{u_{n-1}} f(u_n) du_n = \frac{1}{(n-1)!} \int_a^x (x-u)^{n-1} f(u) du$$

za skoro svako  $x$  uz  $-\infty \leq a < x < \infty$  i  $n \in \mathbb{N}$ . Ako se uzme da je  $(n-1)! = \Gamma(n)$ , dobija se neposredna generalizacija integrala funkcije  $f$  celog reda  $\alpha > 0$ ,

$${}_a I_x^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x (x-u)^{\alpha-1} f(u) du, \text{ (desni integral)} \quad (3)$$

i slično za  $-\infty < x < b \leq \infty$ ,

$${}_x I_b^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^b (u-x)^{\alpha-1} f(u) du \text{ (levi integral),}$$

oboje definisano za odgovarajuće  $f$ . Indeksi uz  $I$  označavaju granice integracije u datom redosledu. Može se uočiti da je za  $\alpha = n$  jednačina (3) jedinstveno rešenje početnog problema

$$y^{(n)}(x) = f(x), y(a) = y'(a) = \dots = y^{(n-1)}(a) = 0$$

Kada je  $a = -\infty$  jednačina (3) je ekvivalentna Liuvillovoj definiciji, a za  $a = 0$  dobija se Rimanova definicija (bez komplementarne funkcije). Najčešće se kaže da je  ${}_a I_x^\alpha f$  Riman-Liuvilov frakcioni integral reda  $\alpha$  funkcije  $f$ . Sa druge strane, jednačine

$${}_x W_\infty^\alpha f(x) = {}_a I_\infty^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^\infty (u-x)^{\alpha-1} f(u) du$$

$${}_{-\infty} W_x^\alpha f(x) = {}_{-\infty} I_x^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_{-\infty}^x (x-u)^{\alpha-1} f(u) du$$

nazivaju se Vejlovi frakcioni integrali reda  $\alpha$ , definisani za odgovarajuću funkciju  $f$ . Levi i desni integral frakcionih integrala  ${}_a I_x^\alpha f(x)$  i  ${}_x I_b^\alpha f(x)$  povezani su preko Parsevalove jednakosti (frakciona integracija po delovima) koja se dobija za  $a = 0$  i  $b = \infty$ :

$$\int_0^\infty f(x) ({}_0 I_x^\alpha g)(x) dx = \int_0^\infty ({}_x W_\infty^\alpha f)(x) g(x) dx$$

Sledeća svojstva važe za desni integral frakcionih integrala (uvođenjem adekvatnih zamena važi slučaj levog integrala). Neka je  $f \in L_{loc}^1(a, \infty)$ . Tada, ako je  $a > -\infty$ ,  ${}_a I_x^\alpha f(x)$  je konačan svuda u intervalu  $(a, \infty)$  i pripada  $L_{loc}^1(a, \infty)$ . Ako je  $a = -\infty$  pretpostavlja se da se  $f$  ponaša

tako da za  $-\infty$  takav integral konvergira. Pod ovim pretpostavkama frakcioni integral zadovoljava svojstvo aditivnosti:

$${}_a I_x^\alpha {}_a I_x^\beta f(x) = {}_a I_x^{\alpha+\beta} f(x), (\alpha, \beta > 0).$$

Uzimajući u obzir redosled integraljenja, dobija se:

$$\begin{aligned} {}_a I_x^\alpha {}_a I_x^\beta f(x) &= \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x (x-u)^{\alpha-1} du \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_a^u (u-t)^{\beta-1} f(t) dt \\ &= \frac{1}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \int_a^x f(t) dt \int_t^x (x-u)^{\alpha-1} (u-t)^{\beta-1} du \end{aligned}$$

Drugi integral je, uvodeći zamenu  $y = \frac{u-t}{x-t}$ , jednak

$$\begin{aligned} (x-t)^{\alpha+\beta-1} \int_0^1 (1-y)^{\alpha-1} y^{\beta-1} dy &= B(\alpha, \beta) (x-t)^{\alpha+\beta-1} \\ &= \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha+\beta)} (x-t)^{\alpha+\beta-1} \end{aligned}$$

gde je  $B(\alpha, \beta)$  Beta funkcija. Kada se to uvrsti u gornje rezultate, dobija se:

$${}_a I_x^{n+\alpha} f = {}_a I_x^n {}_a I_x^\alpha f \quad (n \in \mathbb{N}, \alpha > 0),$$

što implicira  $n$ -tu diferencijaciju:

$$\frac{d^n}{dx^n} {}_a I_x^{n+\alpha} f(x) = {}_a I_x^\alpha f(x), \quad (n \in \mathbb{N}, \alpha > 0) \text{ za svako } x. \quad (4)$$

Prethodni rezultati važe i za kompleksni parametar  $\alpha$ , ako se uslov  $\alpha > 0$  zameni sa  $\operatorname{Re} \alpha > 0$ . Tada se operacija  ${}_a I_x^\alpha$  može smatrati holomorfnom funkcijom od  $\alpha$  za  $\operatorname{Re} \alpha > 0$ , što se može proširiti na celu kompleksnu ravan. Kako bi se ovo pojasnilo, polazi se od pretpostavke da je  $f$  beskonačno diferencijabilna u skupu realnih brojeva. Ako je  $a > -\infty$  tada je  $f^{(n)}(a) = 0$  za  $n = 0, 1, 2, \dots$ . Tada za svako fiksno  $x > a$  integral u (9) je holomorfna funkcija od  $x$  za  $\operatorname{Re} \alpha > 0$ .

Neka je  $x \in \mathbb{R}$  i  $r > 0$ . Skup

$$K(x, r) = \{y \in \mathbb{R} : d(x, y) < r\} = \left\{y \in \mathbb{R} : \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} < r\right\}$$

naziva se otvorena kugla oko  $x$  radijusa  $r$ . Skup  $A \subseteq R$  je otvoren ako važi  $\forall x \in A, \exists r > 0, K(x, r) \subseteq A$ . Funkcija  $f$  je diferencijabilna ili holomorfna na otvorenom skupu  $\Omega$  ako poseduje izvod u svakoj tački skupa  $\Omega$ . Važi sledeće: ako je funkcija diferencijabilna, onda postoji izvod svakog reda na celom skupu  $\Omega$ . Takva diferencijabilna funkcija naziva se holomorfna.

Parcijalna integracija  $n$ -puta daje:

$${}_a I_x^\alpha f(x) = {}_a I_x^{n+\alpha} f^{(n)}(x), \quad (\operatorname{Re} \alpha > 0, n \in N) \quad (5)$$

Primenjujući aditivno svojstvo (4) na izraz sa desne strane (5) i diferencirajući rezultat  $n$ -puta po  $x$ , dobija se:

$$\frac{d^n}{dx^n} {}_a I_x^\alpha f(x) = {}_a I_x^\alpha f^{(n)}(x), \quad (\operatorname{Re} \alpha > 0, n \in N) \quad (6)$$

čime se pokazuje da su operacije integracije frakcionog reda  $\alpha$  i diferenciranja reda  $n$  nad funkcijom  $f$  komutativne.

Ako se ponovo pogleda formula (5) može se uočiti da je desna strana izraza holomorfna funkcija od  $\alpha$  sa većim domenom  $\{\alpha \in C; \operatorname{Re} \alpha > -n\}$  i

jednak je  $\frac{d^n}{dx^n} {}_a I_x^{n+\alpha} f(x)$  po formuli (6). Ovako se može proširiti  ${}_a I_x^\alpha f(x)$  na domen  $\{\alpha \in C; \operatorname{Re} \alpha \leq 0\}$ , analitički definišući za  $\alpha \in C$  i  $\operatorname{Re} \alpha \leq 0$

$${}_a I_x^\alpha f(x) = {}_a I_x^{n+\alpha} f^{(n)}(x) = \frac{d^n}{dx^n} {}_a I_x^{n+\alpha} f(x) \quad (7)$$

Za svaki ceo broj  $n > -\operatorname{Re} \alpha$ , dobija se

$${}_a I_x^0 f(x) = f(x), \quad {}_a I_x^{-n} f(x) = f^{(n)}(x), \quad (n \in N) \quad (8)$$

Neka je  $\alpha$  kompleksni broj takav da je  $\operatorname{Re} \alpha > 0$  i  $n = [\operatorname{Re} \alpha]$ , gde  $[\operatorname{Re} \alpha]$  označava ceo deo od  $\operatorname{Re} \alpha$ . Desni integral frakcionog izvoda reda  $\alpha$  definisan je kao

$${}_a D_x^\alpha f(x) = \frac{d^n}{dx^n} {}_a I_x^{n-\alpha} f(x), \quad (n = [\operatorname{Re} \alpha] + 1) \quad (9)$$

za svako  $f \in L_{loc}^1(a, \infty)$  za koje izraz na desnoj strani važi.

Definicije integrala i izvoda proizvoljnog reda  $\alpha$ ,  $\operatorname{Re} \alpha \neq 0$ , (ekvivalentno) mogu se objediniti na sledeći način, za  $(n \in \mathbb{N})$ :

$${}_a D_x^\alpha f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(-\alpha)} \int_a^x (x-u)^{-\alpha-1} f(u) du, (\operatorname{Re} \alpha < 0) \\ \left(\frac{d}{dx}\right)^n {}_a I_x^{n-\alpha} f(x), (\operatorname{Re} \alpha > 0; n-1 \leq \operatorname{Re} \alpha < n) \end{cases},$$

što se često naziva *diferintegral* funkcije  $f$  reda  $\alpha$ . Ovaj proces često se naziva i frakciono integro-diferenciranje.

Može se uočiti da je levi izraz frakcionog izvoda reda  $\alpha$  definisan

kao:  ${}_x D_b^\alpha f(x) = (-1) \frac{d^n}{dx^n} {}_x I_b^{n-\alpha} f(x)$ ,  $(n = [\operatorname{Re} \alpha] + 1)$ .

Frakcioni izvod potpuno imaginarnog reda  $\alpha = i\theta, \theta \neq 0$  definisan je kao

$${}_a D_x^{i\theta} f(x) = \frac{1}{\Gamma(1-i\theta)} = \frac{d}{dx} \int_a^x \frac{f(u)}{(x-u)^{i\theta}} du,$$

a odgovarajući integral reda  $\alpha = i\theta$  definiše se kao:

$${}_a I_x^{i\theta} f(x) = \frac{d}{dx} {}_a I_x^{1+i\theta} f(x) = \frac{1}{\Gamma(1+i\theta)} \frac{d}{dx} \int_a^x (x-u)^{i\theta} f(u) du.$$

Definicija frakcionog integro-diferenciranja za svako  $a \in \mathbb{C}$  je kompletna uvođenjem identičkog operatora  ${}_a D_x^0 f := {}_a I_x^0 f = f$  za svako  $\alpha = 0$ .

Takođe, može se uočiti da su frakcioni operatori linearni:

$${}_a D_x^\alpha [c_1 f_1(x) + c_2 f_2(x)] = c_1 {}_a D_x^\alpha f_1(x) + c_2 {}_a D_x^\alpha f_2(x),$$

gde su  $c_1$  i  $c_2$  konstante.

Pri definisanju dovoljnih uslova za postojanje frakcionih izvoda u relaciji (9) razmatra se slučaj  $0 < \operatorname{Re} \alpha < 1$ , ako je  $\alpha > -\infty$  (Hifler, 2000). Pretpostavlja se da je  $f$  neprekidna u konačnom intervalu  $[a, b]$ , formalno  $f \in AC[a, b]$ , što znači da je  $f$  diferencijabilna svuda u intervalu  $(a, b)$  i  $f' \in L^1(a, b)$  i u intervalu

$[a, b]$  jednaka je  $f(x) = \int_a^x f'(u) du + f(a) = {}_a I_x^1 f'(x) + f(a)$ .

Zamenom ovoga u formuli  ${}_a I_x^{1-\alpha} f(x)$ , uz činjenicu da su operatori  $I^{1-\alpha}$  i  $I^1$  komutativni, dobija se:

$${}_a I_x^{1-\alpha} f(x) = {}_a I_x^1 {}_a I_x^{1-\alpha} f'(x) + \frac{f(a)}{\Gamma(2-\alpha)} (x-a)^{1-\alpha}.$$

Diferenciranjem po  $x$ , dobija se:

$${}_a D_x^\alpha f(x) = \frac{d}{dx} {}_a I_x^{1-\alpha} f(x) = {}_a I_x^{1-\alpha} f'(x) + \frac{f(a)}{\Gamma(1-\alpha)} (x-a)^{-\alpha} \quad (10)$$

što pokazuje da, u opštem slučaju, operatori  ${}_a I_x^{1-\alpha}$  i  $\frac{d}{dx}$  nisu komutativni.

Formula (10) može se proširiti uvođenjem kompleksnog broja  $\alpha$ , takvog da je  $\operatorname{Re} \alpha \geq 1$ . Rezultati su obuhvaćeni pretpostavkom koja sledi. Najpre se uvode sledeće oznake: za  $n \in \mathbb{N}$ ,  $AC^{n-1}[a, b]$  označava skup od  $(n-1)$  diferencijabilnih funkcija  $f$  na  $[a, b]$ , takvih da su  $f, f', \dots, f^{n-1}$  neprekidne na  $[a, b]$ . Može se uočiti da je  $AC^0[a, b]$  jednako  $AC[a, b]$ .

Pretpostavka: ako je  $f \in AC[a, b]$   $f$  je definisana samo u konačnom intervalu  $[a, b]$ , tada postoji  ${}_a D_x^\alpha f$ ,  ${}_x D_b^\alpha f$  za  $0 < \operatorname{Re} \alpha < 1$ . Štaviše,

$${}_a D_x^\alpha f \in L^r(a, b) \text{ za } 1 \leq r < \frac{1}{\operatorname{Re} \alpha} \text{ i } {}_a D_x^\alpha f(x) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \left\{ \frac{f(a)}{(x-a)^\alpha} + \int_a^x \frac{f'(u)}{(x-u)^\alpha} du \right\}.$$

Analogno važi za  ${}_x D_b^\alpha f$ .

Ako je  $f \in AC^{n-1}[a, b]$ ,  $n = [\operatorname{Re} \alpha] + 1$  tada postoji  ${}_x D_a^\alpha f$  za  $\operatorname{Re} \alpha \geq 0$  i važi

$${}_a D_x^\alpha f(x) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{f^{(k)}(a)}{\Gamma(1+k-\alpha)} + \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \int_a^x \frac{f^{(n)}(u)}{(x-u)^{\alpha-n+1}} du \quad (11)$$

Drugi način da se definiše frakcioni izvod reda  $\alpha$ , takođe prema Liuvilu, jeste:

$${}_a \bar{D}_x^\alpha f(x) := {}_a I_x^{n-\alpha} f^{(n)}(x), \quad (n = [\operatorname{Re} \alpha] + 1). \quad (12)$$

Očigledno,  $f$  mora biti diferencijabilna kako bi izraz sa desne strane (12) postojao. Relacija između dva frakciona izvoda (9) i (12) data je formulom (11), naime

$${}_a D_x^\alpha f(x) = {}_a \bar{D}_x^\alpha f(x) + \sum_{k=0}^{n-1} \frac{f^{(k)}(a)}{\Gamma(1+k-\alpha)} (x-a)^{k-\alpha}.$$

Definicija (9) najčešće je korišćena u matematičkim krugovima, dok je definicija (12) češće korišćena u slučajevima kada su početni uslovi definisani preko celih izvoda (Hifler, 2000).

## Neki predloženi modeli primene frakcionog računa za modelovanje telekomunikacionog saobraćaja

Izvodi i integrali celog reda imaju jasnu fizičku i geometrijsku interpretaciju. Međutim, prihvatljiva geometrijska i fizička interpretacija integraljenja i diferenciranja frakcionog reda dugo nije bila poznata. To je oblast koja se danas sve više razvija, kako u teoriji, tako i u praksi. Poslednjih godina frakcioni račun nalazi primenu u studijama o viskoelastičnim materijalima, tokovima fluida, elektromagnetnoj teoriji i verovatnoći, saobraćaju i medicini (Dalir, Bashour, 2010). U ovom delu rada težište je na mogućnosti primene u telekomunikacionim mrežama

Modeli Markova i njegova teorija redova često su izučavani i intenzivno primenjivani kao alat za evaluaciju performansi. Međutim, analize zasnovane na modelima Markova imaju određene nedostatke. To su:

- u mrežama sa velikim protocima verovatnoća odbacivanja paketa u baferima sa ograničenim kapacitetom teško se može odrediti i često se aproksimira verovatnoćom odbacivanja u sistemu sa beskonačnim baferima (Kim, Shroff, 2001),
- kada se multipleksira veliki broj izvora Markova, veliki kapacitet agregatnih dolaznih procesa rezultira nemogućnošću izračunavanja,
- *end-to-end* analiza performansi zahteva precizno modelovanje odlaznih procesa iz redova za analizu sledećeg hopa (modelovanje odlaznih procesa za Markove izvore takođe je veliki problem),
- sveobuhvatna merenja i analize saobraćaja u mreži ukazuju na to da paketski saobraćaj ima svojstva samosličnosti ili zavisnosti u dugom opsegu (LRD), koja se ne mogu opisati modelima Markova koje karakteriše zavisnost u kratkom opsegu (Cheng et al, 2007).

Samosličnost podrazumeva da je određeno svojstvo objekta, poddomen nekog dinamičkog sistema ili vremenska serija, očuvano u odnosu na vremensko i/ili prostorno skaliranje. Ako je objekat samosličan ili fraktalan, njegovi delovi, kada se uvećaju, u određenom smislu imaju oblik celine. Deterministička samosličnost podrazumeva samo jaku formu rekurzivne regularnosti. Međutim, za potrebe modelovanja saobraćaja, gde je stohastička varijabilnost osnovna karakteristika, deterministička samosličnost mora se dalje uopštiti. Za razliku od determinističkih frak-

tala, stohastički fraktali ne poseduju egzaktnu sličnost njihovih delova u poređenju sa celinom. Mera sličnosti je oblik grafa sa adekvatno izabranim stepenom sličnosti. Ako se usvoji da su vremenske serije u saobraćaju uzorci stohastičkog procesa, pri čemu se zanemaruje mera sličnosti fokusiranjem na određene statistike ili, recimo, reskaliranjem vremenskih serija, tada je moguće postići egzaktnu sličnost objekata.

Statistike drugog reda su statistička svojstva koja prikazuju *burstiness* ili varijabilnost. Oblik autokorelacione funkcije ima značajnu ulogu. Autokorelaciona funkcija je kriterijum u odnosu na koji se definiše invarijantnost. Korelacija, kao funkcija kašnjenja, opada znatno sporije u odnosu na eksponencijalnu. Postojanje ovakve zavisnosti naziva se zavisnost u dugom opsegu (Park, Willinger, 2001).

Zavisnost u dugom opsegu je svojstvo vremenskih serija da pokazuju jaku zavisnost tokom velikih vremenskih intervala. Formalno se može izraziti na više ekvivalentnih načina. Neka je  $X_t, t \in \mathbb{Z}$  diskretna promenljiva stacionarne serije. Serija  $X_t, t \in \mathbb{Z}$  se naziva „*long range dependence*” (LRD), ako za njenu funkciju kovarijanse važi

$$\gamma(t) = E(X_0 - EX_0)(X_t - EX_t) \sim c_\gamma |t|^{2-2H}, t \rightarrow \infty \quad (13)$$

i važi  $H \in \left(\frac{1}{2}, 1\right)$  gde je  $c_\gamma$  konstanta veća od 0. Uslov (13) može se ekvivalentno napisati pomoću Furijeove transformacije kao:

$$f(\lambda) \sim c_f |\lambda|^{2H-1}, \lambda \rightarrow 0,$$

gde je  $f(\lambda) = (2\pi)^{-1} \sum_p e^{-i\lambda p} \gamma(p), \lambda \in [-\pi, \pi]$  funkcija spektralne gustine  $X_t$

i  $c_f$  je konstanta veća od 0. Parametar  $H$  naziva se Hurstov parametar. Što je  $H$  veće, vremenska zavisnost je veća, jer funkcija kovarijanse sporije opada ka beskonačnosti (Park et al, 2011).

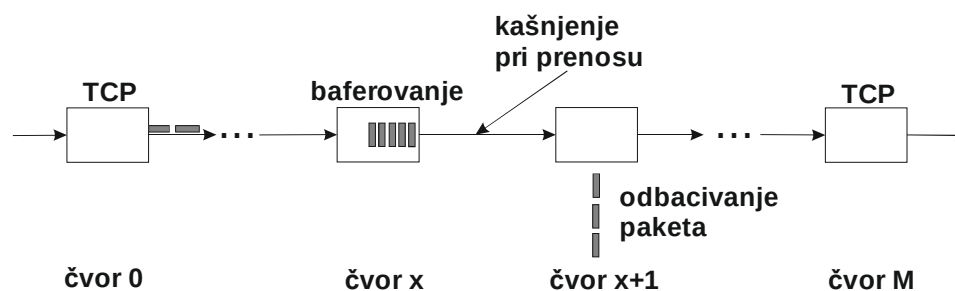
Postoje različite teorije o uzroku pojave samosličnosti. Po prvoj, uzrok samosličnosti leži u aplikativnom sloju. Druga teorija tvrdi da je poreklo samosličnosti na transportnom sloju. U ovoj teoriji posmatraju se efekti primene TCP algoritama kontrole zagušenja na saobraćaj u mreži, kao i situacija koja nastaje kada više izvora saobraćaja rutira saobraćaj preko istih putanja. Treća teorija razmatra uzroke na mrežnom sloju. Ova teorija, pre svega, povezuje samosličnost sa kritičnim fenomenima koji nastaju u tačkama u kojima slobodan tok saobraćaja prerasta u zagušenje (Smith, 2011).

## Vremensko-prostorno modelovanje prenosa paketa u TCP/IP mrežama

U nastavku će biti prikazan predloženi model koji predstavlja telekomunikacioni saobraćaj kao stohastički proces sa mogućnošću beskonačnog srednjeg kašnjenja. Ovim modelom može se objasniti pojava zavisnosti u dugom opsegu i fraktalnih osobina tokova podataka. Takođe, prikazana je formalna veza između *heavy-tailed* raspodela kašnjenja, hiperboličkog opadanja kašnjenja paketa, funkcije autokovarijanse i frakcionih izvoda.

Nedavna merenja telekomunikacionog saobraćaja pokazala su da se njegove karakteristike efikasnije mogu opisati pomoću necelih izvoda umesto konvencionalnih stohastičkih procesa (Zaborovsky et al, <http://www.neva.ru/conf/art/art8.html>). Nova interpretacija frakcionog računa otvara nova područja upotrebe ovih razvijenih matematičkih alata radi razumevanja lokalnih i globalnih karakteristika saobraćaja u mrežama sa komutacijom paketa.

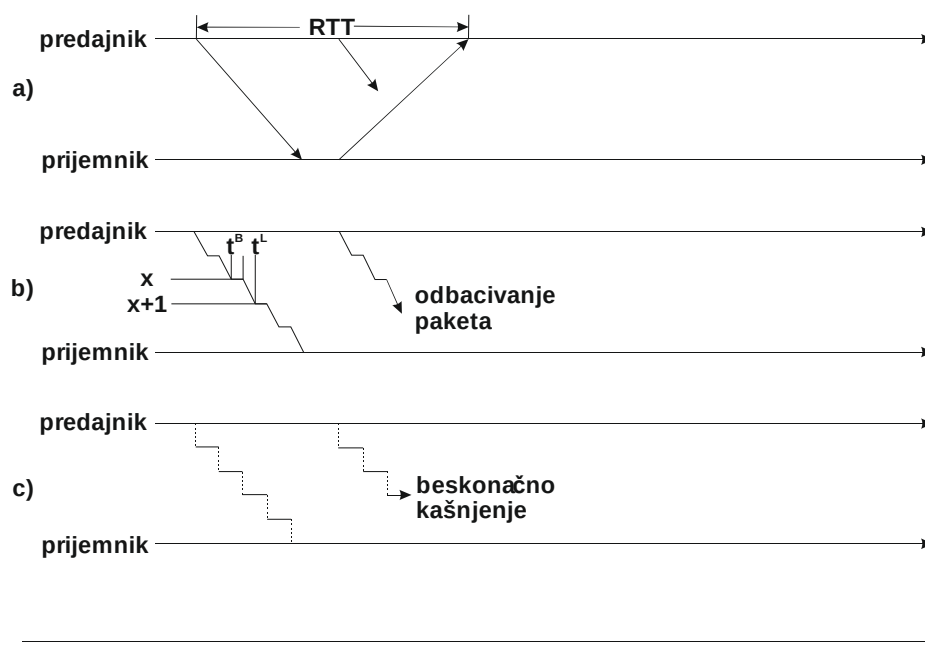
Fraktalna dimenzija i zavisnost u dugom opsegu mogu se uočiti u privatnim, lokalnim i WAN mrežama. Definisanje kvaliteta servisa (QoS) za Internet servise zahteva adekvatne modele virtuelnih konekcija, u zavisnosti od tokova podataka. U opštem slučaju, takva konekcija se sastoji od nekoliko tranzitnih čvorova i linkova. Bez smanjenja opštosti pretpostavlja se da se na konekciji koja se razmatra primenjuje TCP protokol i da postoji *end-to-end* kontrola. Pored toga, pri definisanju modela tokova podataka razmatraju se procesi u tranzitnim čvorovima i komunikacionim linkovima, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1 – Kašnjenje/odbacivanje paketa u TCP konekciji  
 Figure 1 – Packet delay/dropp processes in a TCP connection  
 Схема 1 – Задержка/потеря пакетов в TCP соединении

Ovi procesi javljaju se u različitim oblicima kašnjenja paketa i akcijama njihovog odbacivanja. Posmatra se vreme propagacije paketa. Detaljnom elaboracijom sve do nivoa tranzitnih čvorova (slika 2b) vreme propagacije  $T$  može se predstaviti kao suma kašnjenja paketa u svakom

hopu,  $T = \sum_{i=1}^M (t_i^L + t_i^B)$ , gde je  $t_i^L$  vreme propagacije paketa između čvorova  $x$  i  $x+1$  (kašnjenja duž linka),  $t_i^B$  kašnjenje procesiranja/ baferovanja paketa u čvoru  $x$ ,  $M$  je ukupan broj čvorova u konekciji.



Slika 2 – Prenos paketa: a) end-to-end model; b) čvor-čvor model; c) skok model  
Figure 2 – Packet transmission: a) end-to-end model; b) node-node model; c) jump model  
Схема 2 – Передача пакета: а) модель end-to-end б) модель узел-узел в) модель прыжка

U savremenim TCP/IP mrežama kašnjenje duž linka  $t^L$  u datoj virtualnoj konekciji može se smatrati konstantnim (Hifler, 2000). Stoga, varijacija vremena propagacije, što ima izuzetan uticaj na parametre kvaliteta servisa, uzrokovana je varijacijama kašnjenja baferovanja  $t^B$ .

Paket se može odbaciti usled popunjenosti bafera ili greške pri rutiranju u tranzitnim čvorovima. Sa aspekta prijemnika tranzitni čvor se ponaša kao „zamka“ za pakete i zadržava ih zauvek. U ovom slučaju,  $t^B$  uzima vrednost beskonačno. Može se uočiti da će uprkos gubitka paketa ili beskonačnog kašnjenja protokol na transportnom sloju osigurati prenos određenih paketa koristeći retransmisiju. Rezultat toga je porast ukupnog broja prosleđenih paketa i, stoga, utiče na efektivnu produktivnost virtualne konekcije.

Virtuelni kanal određen je konačnim brojem tranzitnih čvorova  $x_i$  i linkova. Svaki tranzitni čvor karakteriše se prosečnim vremenom prenosa paketa do sledećeg čvora. Promenljiva  $t$  uključuje kašnjenje paketa u baferu i vreme propagacije paketa do sledećeg čvora. U ovom slučaju se prenos

paketa između tranzitnih čvorova može predstaviti kao sekvenca diskretnih prostornih „skokova” duž linkova (slika 2c). Vremenski interval između „skokova” je slučajna promenljiva koja je jednaka vremenu prenosa paketa do sledećeg čvora. Takvi „skokovi” formiraju statistički dinamički proces komutacije paketa i direktno utiču na karakteristike saobraćaja u mreži.

Za definisanje matematičkog modela takvog procesa uvodi se funkcija gustine raspodele verovatnoće  $f(t)$  prenosa paketa od čvora  $x$  do čvora  $x+1$ . Pretpostavlja se da svi tranzitni čvorovi u virtuelnom kanalu imaju ista prava u njihovom doprinosu vrednosti *end-to-end* vremena prenosa. Mogućnost odbacivanja paketa odgovara stanju u kojem paket ne napušta tranzitni čvor  $x$  i ostaje u ovom čvoru zauvek. Tada srednje kašnjenje paketa u čvoru zadovoljava uslov

$$\langle t \rangle = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \infty,$$

$$f(t) > 0, \int_0^{\infty} f(t) dt = 1.$$

Odgovarajući izraz za  $f(t)$  može se napisati kao:

$$f(t) = \frac{\gamma}{(1+t)^{\gamma+1}}, 0 < \gamma < 1.$$

Zaključuje se da upravo ovakva struktura funkcije gustine verovatnoće karakteriše dugoročnu statističku zavisnost, koja je detaljno analizirana u računarskim mrežama (Babic et al, 1998). Za dalju konstrukciju modela uvodi se funkcija  $F(\tau)$ ,

$$F(\tau) = 1 - \int_0^{\tau} f(t) dt = \frac{1}{(1+\tau)^{\gamma}},$$

gde je  $\tau$  vreme postojanja paketa u tranzitnom čvoru  $x$  virtuelnog kanala.

Odredimo sada najverovatniji broj paketa u čvoru  $x$  u trenutku  $t$ , koristeći formulu:

$$n(x;t) = \int_0^t n(x-1; t-\tau) f(\tau) d\tau + n_0(x) F(t),$$

gde je  $n_0(x)$  broj paketa u čvoru  $x$  pre pristizanja paketa iz čvora  $x-1$ .

Vrednost  $n(x)$  nije ograničena veličinom bafera i može uključiti sve pakete u virtuelnom kanalu koji se prosleđuju i odbacuju u čvoru  $x$ .

Koristeći ove oznake, jednačina prosleđivanja paketa može se prikazati kao:

$$\Gamma(1-\gamma) D_t^{\gamma} [n(x;t)] = -\frac{\partial n(x;t)}{\partial x} + \frac{n_0(x)}{t^{\gamma}},$$

gde levi deo jednačine predstavlja frakcioni izvod funkcije  $n(x;t)$  sa eksponentom  $\gamma$ ,

$$D_t^\gamma [n(x;t)] = \frac{1}{\Gamma(1-\gamma)} \int_0^t \frac{n(x;\tau)}{(t-\tau)^\gamma} d\tau.$$

Uzimajući u obzir da promenljiva  $x$  uzima diskretne vrednosti, prethodna jednačina rešava se uz početne uslove:  $n_0(0) = n_0$  i  $n_0(k) = 0, k = 1, 2, \dots$  Tako se dobija

$$n(k;t) = n_0 \left\{ \frac{1}{t^\gamma} - k \frac{\Gamma^2(1-\gamma)}{\Gamma(1-2\gamma)t^{2\gamma}} - k\Gamma(1-\gamma) \cdot \frac{1}{\Gamma(-\gamma)t^{\gamma+1}} \right\},$$

ili

$$n(k;t) = n_0 \left\{ \frac{1}{t^\gamma} - k \left[ \frac{\Gamma^2(1-\gamma)}{\Gamma(1-2\gamma)} \cdot \frac{1}{t^{2\gamma}} + \frac{\Gamma(1-\gamma)}{\Gamma(-\gamma)} \cdot \frac{1}{t^{\gamma+1}} \right] \right\}.$$

Uzimajući u obzir asimptotska svojstva ovog rešenja, moguće je napisati  $n(0;t) = n_0 \left\{ \frac{1}{t^\gamma} \right\}$ .

Za  $k=1$  važi sledeći izraz

$$n(1;t) = n_0 \left\{ \frac{1}{t^\gamma} - \left[ \frac{\Gamma^2(1-\gamma)}{\Gamma(1-2\gamma)} \cdot \frac{1}{t^{2\gamma}} + \frac{\Gamma(1-\gamma)}{\Gamma(-\gamma)} \cdot \frac{1}{t^{\gamma+1}} \right] \right\}.$$

Stoga se izračunavanje može nastaviti za svako  $k$ . Ovaj pristup omogućava izračunavanje korelacione funkcije.

Za početne uslove  $n(0;t) = n_0 \delta(t)$  moguće je napisati:

$$\begin{aligned} c(m;t) &= \Gamma(1-\gamma) \left[ \frac{1}{\Gamma(1-2\gamma+1)} \cdot \frac{1}{t^{2\gamma-1}} - m \frac{\Gamma(1-\gamma)}{\Gamma(1-3\gamma+1)} \cdot \frac{1}{t^{3\gamma-1}} \right] \\ &= n_0^2 \Gamma(1-\gamma) t^{1-2\gamma} \left[ \frac{1}{\Gamma(2-2\gamma)} - m \frac{\Gamma(1-\gamma)}{\Gamma(2-3\gamma)} \cdot \frac{1}{t^\gamma} \right] \end{aligned}$$

Ovaj izraz pokazuje da korelaciona funkcija hiperbolično opada sa promenom  $t$ . Zato, pod uslovom da je  $\gamma < 1$ , takvi procesi pokazuju svojstva koja se opisuju frakcionim računom. Sa  $m=0$  izraz za varijansu glasi:

$$D(t) = c(0;t) = \frac{n_0 \Gamma(1-\gamma)}{\Gamma(2-2\gamma)} t^{1-2\gamma},$$

što je karakteristično za procese sa zavisnošću u dugom opsegu i asimptotskom osobinom samosličnosti drugog reda.

Stoga, karakteristike telekomunikacionog saobraćaja, koje su dosta izučavane u modernoj literaturi, mogu se direktno dovesti u vezu sa metodama komutacije paketa, koje se koriste u računarskim mrežama. Proces prenosa paketa može se opisati jednačinama čija se rešenja dobijaju alatima frakcionog računa. Koristeći vremenska asimptotska rešenja, diferencijalne jednačine sa frakcionim izvodima mogu se formulisati tako da se mogu dobiti rešenja drugog reda za statističke momente procesa. Specifičnost ove karakteristike saobraćaja jeste da njena korelaciona funkcija hiperbolično opada, što se mora uzeti u obzir pri definisanju metoda za kontrolu saobraćaja (Zaborovsky et al, <http://www.neva.ru/conf/art/art8.html>).

### *Modelovanje telekomunikacionog saobraćaja frakcionom analizom – mogućnosti i nedostaci*

Empirijska istraživanja telekomunikacionog saobraćaja pokazala su invarijantna fraktalna svojstva saobraćaja koja imaju značajnu ulogu u kontekstu analize kvaliteta servisa. U IP telefoniji i video *streaming*-u prenos paketa mnogo zavisi od algoritama zasnovanih na modelima saobraćaja. Osnovni problem u dizajnu takvih modela jeste da se stvore uslovi pod kojima je moguća kontrola garantovanih parametara kvaliteta servisa. U ovom delu rada razmatraju se prednosti i ograničenja metoda frakcione analize za opisivanje fraktalnih svojstava izmerenog saobraćaja.

Fraktalna svojstva ukazuju na postojanje perioda koncentrovanja visokih ili niskih aktivnosti izvora saobraćaja u velikim vremenskim intervalima. Rezultat toga jeste da je korelaciona struktura *stream*-ova saobraćaja u savremenim mrežama u kontradiktornosti sa tradicionalnim modelima, pa se Poasonovim modelima ne mogu opisati empirijski utvrđena fraktalna svojstva agregatnog saobraćaja. Svi *stream*-ovi se statistički multipleksiraju sa lokalnim neregularnostima u čvorovima. Stoga, svaki paket ima stohastičko kašnjenje i dolazi do netrivialnih stohastičkih pojava. Statistike prvog reda kašnjenja paketa pružaju informacije u pogledu dužine *burst*-a, a statistike drugog reda pružaju informacije o neregularnostima u okruženju i njihovoj spektralnoj gustini. U takvim tokovima paketa negativna razlika između vremena međudolazaka i međudolazaka paketa odgovara formiranju klastera, što povećava verovatnoću odbacivanja paketa i utiče na parametre kvaliteta servisa. Kako bi se obezbedio potpun opis takvih procesa, neophodno je u analizu uključiti svojstva koja se ispoljavaju u kraćim i dužim vremenskim intervalima. Frakciona analiza tokova paketa u različitim intervalima omogućava opis frakcione prirode saobraćaja u mreži i kvalitativno i kvantitativno (Zaborovsky, <http://www.neva.ru/conf/art/art7.html>).

Izmereni saobraćaj u mreži je konzistentan u velikim vremenskim intervalima ili asimptotski samosličan i može se opisati jednostavnim modelom sa jednim parametrom. Ovo svojstvo važi globalno i u vremenskom domenu i u obimu i neznatno izmenjeno u kraćim vremenskim intervalima. Dakle, za potrebe modelovanja saobraćaja neophodno je u model ugraditi mogućnost lokalizacije u velikim vremenskim intervalima. Mera u kojoj se proces u mreži može smatrati fraktalnim može se zapisati na sledeći način (Zaborovsky, <http://www.neva.ru/conf/art/art7.html>):

$$L(\delta) = a\delta^{1-D} \quad (14)$$

gde je  $D$  – fraktalna dimenzija,  $\delta$  – parametar skaliranja izabranog elementa,  $a$  – faktor koji opisuje meru. Neka je  $g(t)$  funkcija kojom se opisuju svojstva procesa. Ako važi sledeća jednakost

$$g(\varphi t) = \varphi^\alpha g(t) \quad (15)$$

proces ima svojstvo invarijantnosti obima. Jednakost (15) omogućava definisanje klase modela koji opisuju svojstva samosličnosti. Na primer, za model gubitaka dinamičkog sistema važi:

$$u(t) = \frac{1}{(2\varepsilon)p_t} \int_0^t g(\tau) \left[ 1\left(t_q^{(m)} \leq \tau < t_q^{(m)} + \xi^m t\right) \right] d\tau,$$

gde je  $n = 1, 4, \dots, 2^m$ , a jezgro integraljene transformacije može se računati kao:

$$1\left(t_n^{(m)} \leq \tau < t_n^{(m)} + \xi^m t\right) = \begin{cases} 1, \tau \in \left(t_n^{(m)} + \xi^m t\right) \\ 0, \tau < t_n^{(m)}, \tau \geq t_n^{(m)} + \xi^m t \end{cases}.$$

Kada  $p \rightarrow \infty$  ovaj izraz postaje konvolucionni integral iz Kantovog skupa:

$$u(t) = B_\xi \cdot \frac{1}{\Gamma(\beta)} \cdot \frac{1}{t^\beta} \int_0^t (1-\tau)^{\beta-1} g(\tau) d\tau,$$

gde je  $\beta = \ln 2 / \ln 3$  – fraktalna dimenzija,  $\Gamma(\beta)$  – Gama funkcija,  $B_\xi$  – konstanta koja zavisi od karakteristika Kantovog skupa.

Uzimajući u obzir opšta svojstva procesa u mreži,

$$m_B = M\{B(t_1) - B(t_0)\} = 0,$$

$$D_B = \delta_B^2 = M\{(B(t_1) - B(t_0))^2\} = N_0(t_1 - t_0) \sim t_1 - t_0,$$

moгуće je napisati:

$$r_H = \frac{M\{[B_H(t) - B_H(2t) + B_H(2t)][B_H(2t) - B_H(t) + B_H(t)]\}}{M\{B_H^2(t)\}} - 1 = 2^{2H-1} - 1$$

Ako je  $M\{B_H^2(t)\} = t^{2H}$  i  $k_{2H}(t) = (2^{2H-1} - 1)t^{2H}$ , izraz za takav proces može se zapisati kao sledeća konvoluciona jednačina:

$$B_H(t) = \frac{1}{\Gamma\left(H + \frac{1}{2}\right)} \int_{-\infty}^t h(t-t') dB(t'),$$

gde je:

$$h(t-t') = \begin{cases} (t-t')^{H-1/2}, & 0 \leq t' \leq t \\ (t-t')^{H-1/2}, & t' < 0 \end{cases}.$$

Može se uočiti da je jezgro ovog integrala funkcija koja zadovoljava uslov (14). Tako, definicija fraktalnog svojstva ili invarijantnog od obima za kontinualni proces  $Z = \{Z(t), t \in T\}$  zadovoljava jednakost:

$$Z^d(t) = a^{-H} Z(at), t \in T, a > 0, 0 < H < 1.$$

Ako za svako celo  $p$  važi  $X_k = Z(k+1) - Z(k)$ , tada je

$$X_n^d = m^{1-H} X_n^{(m)} \quad (16)$$

Ako  $X$  ima pozitivnu vrednost i srednja vrednost nije jednaka nuli, ni  $X$  ni  $X - M\{X\}$  ne može biti precizno samosličan proces u skladu sa definicijom (16). Međutim,  $X - M\{X\}$  može biti asimptotski samosličan proces. Za ispitivanje fraktalnih svojstava i karakteristika saobraćaja u mreži, moguće je koristiti apsolutne statističke momente funkcija definisane kao:

$$\mu^{(m)}(q) = M\left\{\left|X^{(m)}\right|^q\right\} = M\left\{\left|\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m X_k\right|^q\right\}.$$

Ako proces  $X$  ima svojstvo samosličnosti (16), tada je vrednost  $\mu^{(m)}(q)$  proporcionalna  $m^{\beta(q)}$ . Stoga, za fiksnu vrednost  $q$  važi sledeća jednakost:

$$\log \mu^{(m)}(q) = \beta(q) \log m + C(q).$$

Prema (16) moguće je zapisati  $\beta(q) = q(H-1)$ . U ovom slučaju, svojstvo samosličnosti može se formulisati kao linearna zavisnost od promene  $\log \mu^{(m)}(q)$ . Kada proces  $X(t)$  nelinearno zavisi od  $q$ , koristi se

multifraktalni koncept. Proces  $X(t)$  naziva se multifraktalni ako se logaritam njegovog apsolutnog momenta  $\mu^{(m)}(q)$  linearno menja sa promenom logaritma agregatnog nivoa  $m$ , ali ne zavisi linearno od  $q$ . Za analizu ovih svojstava nije dovoljno koristiti samo prvi ili drugi moment. U tom slučaju koriste se neparametarske statistike za agregatne serije:

$$\hat{\mu}^{(m)}(q) = \frac{1}{N/m} \sum_{k=1}^m \left| X_k^{(m)} \right|^q.$$

Ako se  $\log \hat{\mu}^{(m)}(q)$  menja linearno, proces  $X$  može se smatrati multifraktalnim (Zaborovsky, <http://www.neva.ru/conf/art/art7.html>).

## Zaključak

Frakcioni račun ima brojne primene u mnogim naučnim disciplinama, a u radu je posebno istaknuta primena frakcionog računa za modelovanje telekomunikacionog saobraćaja. Fenomeni koji se sreću u savremenim telekomunikacionim mrežama, kao što su samosličnost i zavisnost u dugom opsegu, mogu se opisati primenom frakcionog računa. Pokazalo se da pretpostavka o mogućnosti beskonačnog kašnjenja paketa u tranzitnom čvoru u mrežama sa komutacijom paketa adekvatno modeluje odbacivanje paketa u čvoru. *Heavy-tailed* funkcija gustine verovatnoće baferovanja paketa zadovoljava ovu pretpostavku. Pokazalo se da se dinamika prosleđivanja paketa u virtuelnim konekcijama u TCP/IP mrežama opisuje pomoću frakcionih izvoda i odgovara procesima sa zavisnošću u dugom roku. Takođe, frakciona analiza može biti vrlo koristan alat pri izučavanju lokalnih i globalnih fenomena koji se sreću u telekomunikacionim mrežama.

## Literatura

- Babic, G., Vandalore, B., Jain, R., 1998, *Analysis and Modeling of Traffic in Modern Data Communication Networks*, Ohio State University Technical Report, OSU-CISRC-1/98-TR02
- Cheng, Y., Zhuang, W., Ling, X., 2007, Towards an FBM Model Based Network Calculus Framework with Service Differentiation, *Mobile Networks and Application*, 12(5-6), pp.335-346.
- Dalir, M., Bashour, M., 2010, *Applications of Fractional Calculus*, *Applied Mathematical Sciences*, 4(21), pp.1021-1032.
- Devetskiotis, M., L.S. da Fonseca, N., 2005, Modeling network traffic with long range dependence: characterization, visualization and tools, *Computer Networks*, 48(3), pp.289-291.
- Hifler, R., 2000, *Application of fractional calculus in physics*, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, World Scientific.

- Kim, H., Shroff, N., 2001, Loss Probability Calculations and Asymptotic Analysis for Finite Buffer Multiplexers, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 9(6), pp.755-768.
- Miller, K., Ross, B., 1993, *An introduction to the fractional calculus and fractional differential equations*, New York, John Wiley and sons.
- Park, C., Hernandez-Campos, F., Le, L., Marrond, L.S., Park, J., Papiras, V., Smith, F.D., Smith, R.L., Trovero, M., Zhu, Z., 2011, Long Range Dependence Analysis of Internet Traffic, *Journal of Applied Statistics*, 38(7), pp.1407-1433.
- Park, K., Willinger, W., 2001, *Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation*, New York, John Wiley and sons.
- Smith, R.D., 2011, The Dynamics of Internet Traffic: Self-Similarity, Self-Organization, and Complex Phenomena, *Advances in Complex Systems*, 14(6), pp.905-949.
- Zaborovsky, V., Podgurski, Y., Yegorov, S., *New traffic model on the base of fractional calculus*, [Internet], Dostupno na: <<http://www.neva.ru/conf/art/art8.html>>, Preuzeto: 21.01.2014.
- Zaborovsky, V., *Fractal Analysis and Wavelet transform: Potential and Limitation for Traffic Models Design*, [Internet], Dostupno na: <<http://www.neva.ru/conf/art/art7.html>>, Preuzeto: 21.01.2014.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ДРОБНОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ТРАФИКА

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

### Резюме:

*Дробная производная (или производная дробного порядка) является обобщением математического понятия производной. Существует несколько разных способов обобщить это понятие, но все они совпадают с понятием обычной производной в случае натурального порядка. Данной проблемой занимались многие известные математики, среди которых Эйлер, Риман, Лиувиль, Абель и Фурье. В данной статье приведен обзор некоторых определений, наряду с основными положениями дробного исчисления, которые представлены с акцентом на возможность применения данного метода при моделировании телекоммуникационного трафика.*

*Дело в том, что метод производной дробного порядка, нашел широкое применение в различных областях науки. Модели, основанные на данном методе, оказались востребованными в физике, механике, электротехнике, биохимии, медицине, экономике, а также в теории вероятности. В данной статье мы анализируем возможность применения метода производной дробного порядка для моделирования телекоммуникационного трафика.*

*Исследования показывают, что характеристики телекоммуникационного трафика в сети на локальном и глобальном уровнях, а также самоподобие и зависимость в широком диапазоне, могут быть эффективно описаны с помощью метода дробной производной, вместо обычной модели мультипликативного стохастического каскада. В данной статье представлены предлагаемые модели, основанные на методе дробной производной, воспроизводящие явления, присутствующие в современных телекоммуникационных сетях.*

Ключевые слова: моделирование, трафик, телекоммуникации, дробная производная.

## POSSIBILITY OF FRACTIONAL CALCULUS APPLICATION FOR TELECOMMUNICATION TRAFFIC MODELLING

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

### Summary:

*Fractional calculus is a field of mathematical analysis concerned with research and application of derivatives and integrals of an arbitrary order. Many famous mathematicians studied the theory of fractional calculus such as Euler, Riemann, Liouville, Abel, Fourier and others. There are many proposed definitions for calculating derivatives and integrals of non-integer order. In this paper, several proposed definitions along with basic statements of fractional calculus are presented with an emphasis on a possibility of fractional calculus application in telecommunication traffic modelling.*

*The fact is that fractional calculus is widely used in various scientific disciplines in recent decades. Models based on fractional calculus have proved to be very useful in physics, mechanics, electrical engineering, biochemistry, medicine, economy, and probability theory. This paper analyses a possibility of application of fractional calculus for modelling telecommunication traffic. Many research studies have shown that traffic characteristics at a local and global level, such as self-similarity and long range dependence, can efficiently be described by fractional calculus instead of using conventional stochastic processes. Some proposed models based on fractional calculus that describe phenomena present in modern telecommunication networks are presented in this paper.*

### Introduction

*Measurements and statistic analyses of telecommunication traffic have discovered that traffic in packet switched networks shows significant irregularities – burstiness, both in terms of traffic intensity variability and shape of autocorrelation function. It is noticed that traffic has frac-*

tional characteristics – self-similarity and long range dependence. As a result, a large bandwidth is required, and very often, this is one of the causes of network inefficiency.

In comparison with conventional models based on Poisson distribution widely used in circuit switched networks, in models based on self-similarity property there are problems that are difficult to predict, measure and control in telecommunication traffic. Thus, measurement, analysis and modelling of self-similar network traffic are a sort of challenge. Different research studies have shown that traffic in modern telecommunication networks can efficiently be described with statistical models based on fractional calculus.

#### Basic statements of fractional calculus

Although the term „fractional calculus”, is actually a misnomer, and a term „integration and differentiation of an arbitrary order” is more suitable, „fractional calculus” has been a common term since l'Hopital's era. Fourier also studied derivatives and integrals of an arbitrary order. Abel applied fractional calculus for an integral equation which appears in a tautochrone problem formulation (find a shape of a curve for which the time taken by an object sliding without friction in uniform gravity to its lowest point is independent of its starting point). The first serious attempt to obtain a logical definition of a fractional derivative belongs to Liouville. Let  $f$  be a locally integrable on  $(a, \infty)$ . Usually, an  $n$ -fold iterated integration is marked as  ${}_a I_x^\alpha f$ , and refers to as Riemann-Liouville fractional integral of order  $\alpha$  of  $f$ . Definitions of integrals and derivatives of an arbitrary order can be consolidated into a differintegral. The process of obtaining a differintegral is referred to as fractional integro-differentiation.

#### Some proposed models of fractional calculus application for telecommunication traffic modelling

Recent research of telecommunication traffic has shown that it can efficiently be described by derivatives of an arbitrary order instead of conventional stochastic processes. A new interpretation of fractional calculus creates new fields of application of these mathematical tools in order to achieve understanding of local and global characteristics of network traffic. A fractional dimension and long range dependence can be seen in private, LAN and WAN networks.

#### Temporal-spatial model for packet transmission in TCP/IP networks

Defining Quality of Service parameters for Internet services requires appropriate virtual connections, depending on traffic flows. Generally, such a connection consists of several transit nodes and links. In modern TCP/IP networks, delay in a given virtual connection can be considered as a constant value. A buffering delay variation causes a propagation delay. The transmission process can be described by equations that can be solved by fractional calculus.

## Fractal analysis modelling of telecommunication traffic-potentials and limitations

*The fractal properties of telecommunication traffic in packet switched networks indicate the existence of periods of low or high activity concentrations in long time intervals. As a result, the correlation structure of traffic streams is in contradiction with common models. Therefore, the empirically confirmed fractal properties of aggregate traffic cannot be described by Poisson models. All streams are statistically multiplexed with local irregularities in nodes. Thus, each packet is stochastically delayed and non-trivial processes occur. In order to achieve a complete description of these processes, it is necessary to involve the properties existing in short and long intervals in such an analysis. The fractional analysis of packet flows in different time intervals ensures a qualitative and quantitative description of the telecommunication traffic fractional nature.*

## Conclusion

*Fractional calculus has many applications. This paper is primarily concerned with fractional calculus application for telecommunication traffic modelling. It was shown that an indefinite packet delay in the transit node in packet switching networks adequately models the dropping of the packet in the node. The dynamics of packet transmission in virtual connections in TCP/IP networks can be described by the equations in fractional derivatives and it corresponds to processes with long-range-dependence. Also, fractional calculus can be a very useful tool in the research of local and global phenomena in telecommunication networks.*

Key words: models, traffic, telecommunications, fractional calculus.

---

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 19. 06. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 23. 09. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 25. 09. 2014.

# OSVRT NA PROJEKTOVANJE GLAVNOG ROTORA HELIKOPTERA

Dalibor P. Petrović, Obrad T. Čabarkapa  
Ministarstvo odbrane Republike Srbije,  
Uprava za strategijsko planiranje, Beograd  
e-mail: dalibor.petrovic@mod.gov.rs, obrad.cabarkapa@gmail.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-6326

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

## Sažetak:

*U radu je prikazano projektovanje glavnog rotora helikoptera uz pomoć patentne dokumentacije, kao veoma korisnog alata za dolaženje do konkretnih ideja i konstrukcija, kako bi se na najekonomičniji način pronašlo kvalitetno rešenje za određeni tehnički problem koji je prisutan u postupku konstruisanja. Veliki broj tehničkih informacija prvo se pojavljuje u patentnim dokumentima, a oko dve trećine ovih informacija ne može se naći ni na kojem drugom mestu.*

*Prikazana je struktura patentnih dokumenata sa težištem na delovima koji se odnose na tehničke informacije sa detaljnim objašnjenjem mogućnosti primene patentne dokumentacije u toku projektovanja glavnog rotora helikoptera. Na konkretnom primeru projektovanja rotora helikoptera prikazan je postupak i načini pretraživanja patentne dokumentacije. Korišćena je Espacenet baza patentne dokumentacije, kao najobuhvatnija i najčešće korišćena baza koja sadrži preko osamdeset miliona različitih patentnih dokumenata o pronalascima i tehničkim unapređenjima iz celog sveta.*

*Težišni deo rada odnosi se na prikaz postupka pretraživanja patentne dokumentacije radi dolaženja do rešenja tehničkog problema konstrukcije glavnog rotora helikoptera, koji se odnosi na obezbeđivanje potrebnog zabacivanja i bržeg odziva promene smeštajnog ugla (koraka) lopatice krutog rotora helikoptera.*

**Ključne reči:** patentna baza podataka, dokumentacija, rotor, patent, helikopter.

ZAHVALNICA: Rad je nastao u okviru naučnoistraživačkog projekta ev. br. TR-36050, koji je finansiralo Ministarstvo prosvete i nauke, u periodu 2011–2014. godine.

## Uvod

Patentna dokumenta sadrže najveću bazu različitih tehničkih podataka, koje se zbog očuvanja novosti pronalaska, pojavljuju prvo u patentnoj dokumentaciji i to tri do pet godina pre nego u drugim referentnim tehničkim publikacijama. Zbog toga patentna dokumentacija predstavlja osnovni izvor informacija za istraživače konstruktore, prvenstveno radi iznalaženja konstrukcionih rešenja za tehnički problem koji rešava, kao i praćenja i utvrđivanja novih trendova razvoja određenih sistema i sredstava.

Pretraživanje baza patentne dokumentacije<sup>1</sup>, koje su često jedini izvor informacija o pojedinim tehničkim rešenjima, stručnjaku iz određene oblasti tehnike omogućava: da bude u toku sa najnovijim tehničkim i tehnološkim rešenjima; pronalaženje gotovih rešenja za konkretan tehnički problem; dobijanje ideje za pokretanje budućeg razvoja, za utvrđivanje patentne aktivnosti konkurenata na tržištu, kao i trendova razvoja u određenoj tehničkoj oblasti. Pored toga, može se saznati ko su lideri u toj oblasti, može se proceniti tehnologija koja se nudi za licenciranje i bolje pozicioniranje u razgovorima o transferu tehnologije i da li je određeno tržište pokriveno zaštitom, i dobiti niz drugih informacija. Za uspešno pretraživanje patentne dokumentacije, kako bi se došlo do optimalnog pregledivog broja dokumenata, potrebno je napraviti sopstvenu strategiju pretrage uz primenu odgovarajuće procedure i kriterijuma pretrage.

U prikazanom pristupu projektovanja glavnog rotora helikoptera treba imati u vidu da, sa konstruktivnog stanovišta, glava rotora predstavlja najvažniji i najsloženiji deo helikoptera, da mali broj zemalja proizvodi helikoptere i da validna tehnička dokumentacija nije dostupna javnosti. Ove činjenice upućuju na zaključak da jedini relevantni izvor tehničke dokumentacije predstavlja patentna dokumentacija.

## Patentna dokumentacija i sadržaj patentnih dokumenata

Dostupna patentna dokumentacija sadrži „ogroman” broj različitih patentnih dokumenata, od kojih se većina odnosi na objavljene prijave patenata, a sadrži i priznate patente, odnosno male patente nacionalnih ili regionalnih zavoda za patente. Patentna dokumentacija čuva se u različitim bazama patentne dokumentacije.

<sup>1</sup> To je nezaobilazna aktivnost koju realizuju patentni ispitivači, zaposleni u nadležnoj instituciji za zaštitu intelektualne svojine, u toku sprovođenja postupka ispitivanja patentnih prijava radi utvrđivanja novosti i inventivnosti pronalaska, kao osnovnih uslova patentibilnosti.

Patentna dokumenta sadrže tehničke, pravne i bibliografske informacije koje određuju patent.

Tehničke informacije su konstruktorima od fundamentalnog značaja za razumevanje pronalaska i sagledavanje njegove specifičnosti kroz detaljan opis pronalaska, reprezentativne slike nacrti i uputstva za tehničku realizaciju sredstva (Čabarkapa, Petrović, Dunjić, 2013). Ukoliko tehničke informacije, koje se nalaze u patentnoj dokumentaciji, sadrže rešenje konkretnog problema, neophodno je sagledati pravne osnove korišćenja tih informacija, kako ne bi došlo do povrede prava intelektualne svojine.

Pravne informacije pružaju saznanja o teritoriji<sup>2</sup> na kojoj važi predmetni patent i o vremenskom trajanju.

Bibliografske informacije pružaju podatke o: podnosiocu prijave, pronalazaču, adresi, datumu objavljivanja (prijave ili patenta), vrsti dokumenta (prijava – A, patent – B, mali patent – U), patentnim familijama i ekvivalentima. Bibliografski podaci su veoma značajne informacije, na osnovu kojih se može doći do zaključaka o budućim pravcima istraživanja i razvoja konkurenata.

Podatke koje sadrže patentna dokumenta (prijava patenta, priznati patent ili mali patent) treba znati analizirati i koristiti na pravi način (Čabarkapa, Petrović, Bojović, 2013). Ova dokumenta sadrže deo zajedničkih podataka i deo podataka sa specifičnim značenjem za pojedinu vrstu patentnog dokumenta. Radi se o sledećim podacima:

1. Ime države – odnosi se na državni zavod koji je objavio dokument i direktno ukazuje na državu u kojoj je prijava podneta ili priznato pravo na patent ili mali patent, zavisno od tipa dokumenta. Većina zemalja objavljuje prijavu patenta osamnaest meseci od datuma podnošenja prijave, a patent nakon priznavanja. Međutim, treba imati u vidu da se poverljive prijave patenata<sup>3</sup> i poverljivi patentni ne objavljuju i nisu dostupni javnosti.
2. Naziv pronalaska – podatak koji je jako bitan za pretragu patentne dokumentacije, jer jasno i sažeto izražava tehničku suštinu pronalaska.
3. Pronalazači – može da bude naveden jedan ili više pronalazača u prijavi, ako su zajedničkim radom stvorili pronalazak.
4. Nosioc patent – podaci o vlasniku patenta. Obično je to pravno lice, ako se radi o pronalasku iz radnog odnosa ili je u pitanju fizičko lice ako je samostalno stvorilo pronalazak i podnelo prijavu za zaštitu patenta.
5. Broj prijave – broj pod kojim je prijava zavedena kod nadležnog organa za zaštitu intelektualne svojine.
6. Datum podnošenja prijave – datum kada je prijava predata nadležnom zavodu i od tog datuma, ako se patent prizna, važe prava

<sup>2</sup> Patentna zaštita je teritorijalnog značenja, tj. važi samo na teritoriji države u kojoj je priznat patent.

<sup>3</sup> Radi se o prijavama koje su podnete nadležnom ministarstvu za odbranu, radi sprovođenja propisanog postupka ispitivanja i priznavanja patenta.

podnosioca prijave. Patent je pravo koje ima određen vremenski period važnosti, odnosno trajanja, koji se računa od datuma podnošenja prijave.

7. Oznaka međunarodne klasifikacije patenata – podatak koji se po Međunarodnoj klasifikaciji patenata (International Patent Classification - IPC) odnosi na oblast tehnike na koju se pronalazak odnosi.
8. Apstrakt – kratak opis pronalaska.
9. Reprezentativna slika nacrtu pronalaska – slika koja na najbolji način prikazuje pronalazak.
10. Ostale klasifikacije patenata – oznake koje navode neki zavodi koji su razvili sopstvenu klasifikaciju, na primer, CPC - Korporativna klasifikacija patenta (Cooperative Patent Classification).
11. Broj objave prijave patenta – broj pod kojim je prijava patenta objavljena i po prvi put pronalazak koji je naveden u toj prijavi učinjen dostupan javnosti.
12. Datum objave prijave patenta – datum objavljivanja prijave patenta.
13. Vrsta dokumenta – ukazuje da li je u pitanju patentni spis ili objavljena prijava patenta, što je veoma bitno radi razumevanja i sagledavanja ostalih pravnih podataka.
14. Privremena prijava patenta<sup>4</sup>.
15. Broj patenta – broj pod kojim je patent zaveden u registru kod nadležnog zavoda za intelektualnu svojinu. Ovaj broj omogućava da se, na osnovu njega, kod nadležnog zavoda utvrdi u kom statusu je patent, odnosno da li je važeći. Ovde je bitno da se zna da pravo za priznati patent prestaje da važi i pre isteka perioda od dvadeset godina, ako nije plaćano održavanje patenta.
16. Datum objavljivanja patenta – od tog datuma može se podneti tužba u slučaju neovlašćenog korišćenja patenta.
17. Prioritet – ovaj podatak odnosi se na slučaj kada se jedna te ista prijava podnosi u više zemalja i sadrži datum kada je prvi put podneta prijava, zemlju zavoda gde je podneta i broj prijave.
18. Prethodno stanje tehnike za predmetni pronalazak – prikaz dokumenata koji na sličan način rešavaju naznačeni tehnički problem.

<sup>4</sup> U nekim državama (npr. Australija, Kanada, Indija i Sjedinjene Američke Države) podnosioci prijava imaju mogućnost podnošenja privremene prijave patenta. Namera je da privremena prijava patenta bude relativno jeftina mogućnost ulaska u patentni sistem. Podnošenjem privremene prijave, podnosiocima prijave daje se mogućnost da naknadno, nakon određenog perioda (do godinu dana), mogu podneti kompletnu prijavu patenta. Detalji o tome kako funkcioniše privremena prijava patenta variraju od države do države, ali u svim državama gde je ova mogućnost predviđena postoje neke zajedničke karakteristike, koje se odnose na sledeće: privremene prijave patenta generalno se ne podvrgavaju suštinskom ispitivanju; zvanične takse za podnošenje prijave su niže nego takse predviđene za kompletne prijave patenta i privremena prijava ne sadrži patentne zahteve, ali se zahteva potpun opis pronalaska.

## Pretraživanje patentne dokumentacije

Baze patentne dokumentacije mogu da posluže kao inspiracija (in-vencija) i izvor za rešavanje tehničkih problema u toku postupka konstruisanja bilo kog tehničkog sredstva. Uvidom u patentnu dokumentaciju izbegavaju se troškovi razvoja poznatih rešenja, kao i troškovi razvoja tehnologija za koje se u bazi mogu identifikovati alternativne tehnologije (Čabarkapa, Dunjić, Petrović, 2011).

Uvid u raspoloživu patentnu dokumentaciju može se ostvariti pretraživanjem različitih baza<sup>5</sup> koje sadrže patentnu dokumentaciju. Za uspešno pretraživanje patentne dokumentacije neophodno je ispoštovati sledeću proceduru:

- odrediti ključne reči i izraze koji definišu problem ili pronalazak,
- odrediti IPC simbol za predmetni problem ili pronalazak,
- odrediti komercijalne patentne baze koje će se pretražiti.

Kriterijum za pretraživanje su: prema standardnim bibliografskim podacima patenata, prema apstraktu na srpskom i engleskom jeziku i prema Međunarodnoj klasifikaciji patenata.

**Pretraživanje nacionalne baze patenata** vrši se na sajtu Zavoda za intelektualnu svojinu Republike Srbije.

Zavod za intelektualnu svojinu oformio je nacionalnu bazu podataka za Republiku Srbiju, čije se pretraživanje vrši upotrebom programa MIMOSA RS<sup>6</sup>. Program MIMOSA RS<sup>7</sup> obuhvata dve celine: 1) bibliografske podatke svih patentnih dokumenata sadržanih u bazi i 2) skenirana dokumenta. Program MIMOSA RS nudi 21 kriterijum za pretraživanje, grupisanih prema: standardnim bibliografskim podacima patenata, apstraktu na srpskom i engleskom jeziku i Međunarodnoj klasifikaciji patenata.

**Espacenet baza** sadrži više od osamdeset miliona patentnih dokumenata iz celog sveta<sup>8</sup>. Među ovim dokumentima zastupljene su objavljene prijave patenata i prihvaćeni patenti. Objavljene patentne prijave obič-

<sup>5</sup> Adrese nekih od relevantnih patentnih baza:

- [www.zis.gov.rs](http://www.zis.gov.rs) (Zavod za intelektualnu svojinu Republike Srbije),
- [www.epo.org](http://www.epo.org) (Evropski zavod za patente),
- [www.wipo.int](http://www.wipo.int) (Svetska organizacija za intelektualnu svojinu),
- [www.uspto.gov/patft/](http://www.uspto.gov/patft/) (Američki zavod za patentne i žigove),
- [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com) (EPO, najobuhvatnija besplatno dostupna baza svetske patentne dokumentacije),
- [www.dpma.de](http://www.dpma.de) (Nemački zavod za patente i žigove),
- [www.japan-patent.com](http://www.japan-patent.com) (Japanski zavod za patente).

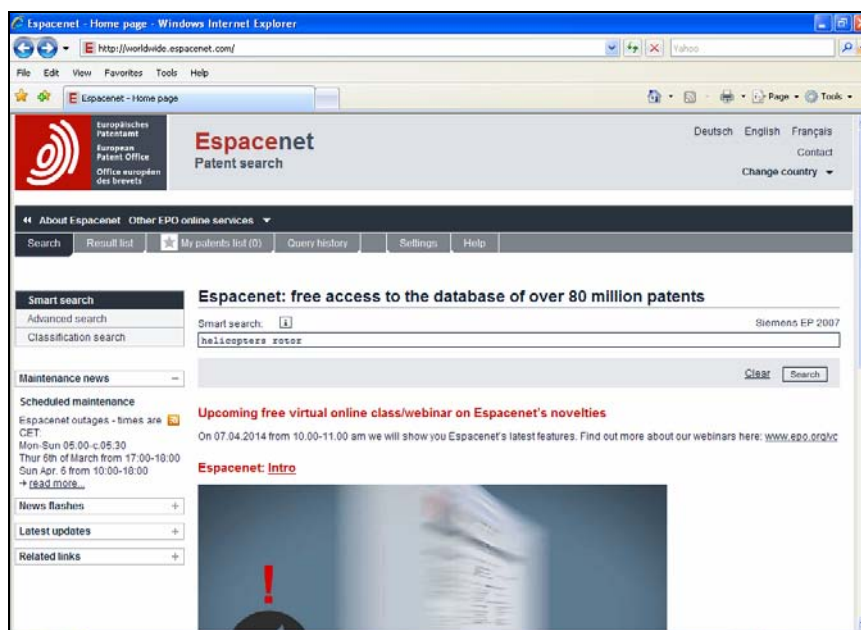
<sup>6</sup> Nacionalna baza podataka u programu MIMOSA RS obuhvata sva do sada objavljena patentna dokumenta, odnosno patente, objavljene patentne prijave i male patente, počev od Patentnog glasnika br. 1 iz 1976. godine.

<sup>7</sup> Detaljnije uputstvo za pretraživanje baze podataka MIMOSA RS nalazi se na sajtu Zavoda za intelektualnu svojinu ([www.zis.gov.rs](http://www.zis.gov.rs)).

<sup>8</sup> Ova baza sadrži patentna dokumenta objavljena od 1836. godine.

no predstavljaju prvu objavu novih rešenja i ideja, i to pre nego što se objave u drugim publikacijama.

Pristupanje Espacenet bazi može se vršiti preko sajta Zavoda za intelektualnu svojinu ili direktno preko internet adrese (slika 1).



Slika 1 – Pristup Espacenet bazi  
Figure 1 – Access to the Espacenet base  
Рис. 1 – Доступ к базе данных «Espacenet»

Espacenet baza patentne dokumentacije dozvoljava tri načina za pretragu. To su: brza pretraga (Smart Search), napredna pretraga (Advanced Search) i pretraga po klasifikaciji (Classification Search).

**Brza pretraga** omogućava pretragu patentne dokumentacije korišćenjem ključne reči ili izraza koji opisuje predmetni pronalazak. Upotreba više ključnih reči ili izraza doprinosi sužavanju broja pronađenih dokumenata na preglediv broj dokumenta. Tako, na primer, ukoliko za pretragu iskoristimo ključnu reč *helikopter* dobićemo 15.783 dokumenta, što je vrlo veliki broj za pregled. Daljim sužavanjem pretrage, korišćenjem kombinacije ključnih reči *helikopter i rotor* (rotor helikoptera), biće nam ponuđeno 5.429 dokumenata, dakle tri puta manje nego sa jednom ključnom reči. Međutim, i ovaj broj je vrlo veliki, tako da treba suziti pretragu. Dodavanjem novog pojma u ključnoj reči, npr. *helikopter sa besšarnirnim (hingeless) rotorima*, dobijamo izbor od 18 dokumenata, što je razumljiv broj za pregled i analizu.

**Napredna pretraga** omogućava veće mogućnosti i efikasniju pretragu. Ovaj način pretrage omogućava kombinaciju više kriterijuma za pretragu, a to su:

- naslov (Title) – ova opcija omogućava pretragu patentne dokumentacije korišćenjem termina koji se nalaze u naslovu patenta. Za pretragu se može koristiti do deset reči koje opisuju patent. Ako se pretraga vrši sa više reči treba imati u vidu da će biti prikazani samo dokumenti koji u naslovu imaju sve tražene reči. Ako se ova opcija ne kombinuje sa još nekom, najbolje je pretraživati sa manjim brojem reči i postepeno povećavati, u zavisnosti od broja pronađenih dokumenata koji realno mogu da se pregledaju. Ovde je moguće upotrebiti za pretragu i tačno određenu frazu, što se čini uz pomoć navodnika (npr. „HINGELESS ROTOR”). U ovom slučaju biće prikazani samo patentni dokumenti u kojima je sadržan tačan izraz, tako da dokumenti u kojima se navodi ROTOR HINGELESS neće biti prikazani;
- naslov ili apstrakt (Title or abstract) – ova opcija omogućava pretragu patentne dokumentacije korišćenjem termina koji su sadržani ili u naslovu ili u apstraktu. Za pretragu se može koristiti do deset reči koje opisuju patent. Ne moraju sve tražene reči biti u naslovu ili u apstraktu, tako da od četiri tražene reči dve mogu da budu u naslovu, a dve u apstraktu ili sve četiri u naslovu ili apstraktu;
- broj objave (Publication number) – broj koji se uglavnom sastoji od koda države (dva slova)<sup>9</sup> i serijskog broja od 1 do 12 cifara (na primer DE202004009768);
- broj prijave (Application number) – broj koji je dodeljen prilikom podnošenja prijave patenta kod nadležnog zavoda za intelektualnu svojinu. Obično se sastoji od koda države (dva slova), godine podnošenja (četiri cifre) i serijskog broja (promenljiv, maksimalno sedam cifara);
- broj prioriteta (Priority number) – broj prijave u vezi sa kojom se zahteva pravo prvenstva, odnosno da je isti kao i broj prijave predmetnog prioriternog dokumenta. Sastoji se od koda države (dva slova), godine podnošenja (četiri cifre) i serijskog broja (promenljivi, sedam cifara);
- datum objavljivanja prijave (Publication date) – datum kada je prijava prvi put objavljena i postala dostupna javnosti;
- podnosilac prijave (Applicant) – lice ili organizacija koja je podnela prijavu patenta;

<sup>9</sup> Na primer, kodovi pojedinih zemalja su: Austrija (AT), Čile (CL), Kina (CN), Nemačka (DE), Danska (DK), Španija (ES), Finska (FI), Japan (JP), Koreja (KR), Holandija (NL), Norveška (NO), Poljska (PL), Rumunije (RO), Švedska (SE), Turska (TR), Tajvan (TW) i Srbija i Crna Gora (YU).

- pronalazač (Inventor) – lice imenovano kao pronalazač patenta. On, takođe, može biti podnosilac prijave. U prijavi može biti navedeno više pronalazača;
- korporativna klasifikacija patenata (CPC – Cooperative Patent Classification) – sistem za klasifikaciju patenata, koji ima hijerarhijsku strukturu koja se sastoji od sekcija, klase, potklase, grupe i podgrupe. Koristi se pri pretraživanju prijave patenta Evropskog zavoda za patente (EPO);
- Međunarodna klasifikacija patenata (IPC – International Patent Classification).

Napredno pretraživanje svrsishodno je koristiti ukoliko se u pretrazi kombinuju različiti kriterijumi. Tada rezultat pretrage predstavlja lista patentne dokumentacije koja sadrži zadate kriterijume. U zavisnosti od kombinacije kriterijuma dobija se lista sa većim ili manjim brojem dokumenata.

**Pretraga po klasifikaciji** je svrsishodan i efikasan način za praćenje stanja tehnike iz konkretne oblasti, jer su patentna dokumenta klasifikovana na osnovu oblasti tehnike kojoj pripadaju. Lista patentne dokumentacije sadrži sva patentna dokumenta koja pripadaju određenoj oblasti tehnike, pa je veoma bitno tačno precizirati klasu koja nas interesuje, kako bi se dobila relevantna dokumenta. Radi uspešne pretrage patentne dokumentacije na ovaj način, neophodno je poznavanje međunarodne klasifikacije patenta (IPC), koja predstavlja hijerarhijski sistem uređenja patentne dokumentacije upotrebom slovnih i brojčanih oznaka za klasifikaciju patentne dokumentacije, iz različitih oblasti tehnike. Međunarodna klasifikacija patenta služi za lakše čuvanje i pretragu patentne dokumentacije prema tehničkom problemu koji rešava prijava. Omogućava objektivnije pretraživanje u odnosu na slučaj kada je u pitanju sama kombinacija ključnih reči. Kombinacijom IPC simbola i ključnih reči sužava se rezultat pretrage na preglediv broj dokumenata.

Međunarodna klasifikacija obuhvata osam sekcija, označenim slovima A, B, C, D, E, F, G i H. Svaka sekcija deli se na klase, koje nose brojčanu oznaku (npr. F41), klase su razvrstane na potklase koje su obeležene slovnim oznakama (npr. F41C), potklase su podeljene na glavne grupe (npr. F41C 19) i glavne grupe na podgrupe (npr. F41C 19/12).

Prilikom određivanja oznake po međunarodnoj klasifikaciji patenata, potrebno je tačno odrediti sekciju. Ako razmatramo rotor helikoptera, iako je poznato da se stalni razvoj rotora, kao glavnog elementa helikoptera, realizuje radi povećanja brzine i poboljšanja manevarskih karakteristika borbenih helikoptera, patentna dokumentacija za ovo sredstvo nije svrstana u sekciju F (naoružanje) već u sekciju B (saobraćaj i transport), na osnovu njegove osnovne namene. Na primer, oznaka IPC za patent iz ove oblasti može da glasi: B64C 11/06 ili B64C 27/38.

U tabeli 1 je, na primeru objave prijave patenta pod nazivom: Nisko-zavojni polukruti rotor sa radijalnim zglobovima sa promenljivim nagibom (Low offset hingeless rotor with pitch change bearings), prikazan način, po hijerarhijskoj strukturi određivanja IPC oznake<sup>10</sup>.

Tabela 1 – Struktura IPC oznake  
Table 1 – Structure of the IPC code  
Таблица 1 – Схема IPC кодов

|          |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b> | <b>SEKCIJA A</b>  | <b>TEKUĆE ŽIVOTNE POTREBE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>B</b> | <b>SEKCIJA B</b>  | <b>OBRADA I PRERADA; SAOBRAĆAJ I TRANSPORT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          | <b>B64</b>        | <b>VAZDUHOPLOVSTVO; AVIJACIJA; KOSMONAUTIKA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|          | <b>B64C</b>       | <b>AVIONI; HELIKOPTERI (vozila na vazdušnom jastuku B60V)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|          |                   | Napomene<br>Ukoliko je to moguće klasifikacija se vrši prema konstrukcionim karakteristikama; obično se smatra da je klasifikacija prema posebnim vrstama letelica od sekundarnog značaja, osim u slučajevima gde se to smatra karakterističnom osobinom. [3]<br><u>Sastavni delovi konstrukcije letelica ili aerodinamički elementi letelica</u> |
|          | <b>B64C 11.00</b> | <b>Elise, npr. tunelkog tipa; Elementi zajednički za elise i rotore za helikoptere (rotori posebno podešeni za helikoptere B64C 27/32)</b>                                                                                                                                                                                                        |
|          | <b>B64C 11/02</b> | • konstrukcija glavčina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|          | <b>B64C 11/04</b> | • učvršćivanje lopatica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|          | <b>B64C 11/06</b> | ••• lopatica sa promenljivim korakom                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|          | <b>B64C 11/08</b> | ••• lopatice koje se ne mogu podešavati                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|          | <b>B64C 11/10</b> | ••• krute lopatice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|          | ...               | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>C</b> | <b>SEKCIJA C</b>  | <b>HEMIJA; METALURGIJA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>D</b> | <b>SEKCIJA D</b>  | <b>TEKSTIL; PAPIR</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>E</b> | <b>SEKCIJA E</b>  | <b>GRAĐEVINARSTVO, RUDARSTVO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>F</b> | <b>SEKCIJA F</b>  | <b>MAŠINSTVO; OSVETLJENJE; GREJANJE; NAORUŽANJE; MINIRANJE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>G</b> | <b>SEKCIJA G</b>  | <b>FIZIKA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>H</b> | <b>SEKCIJA H</b>  | <b>ELEKTROTEHNIKA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Za naoružanje i vojnu opremu (NVO) veoma je bitna sekcija F (mašinstvo, osvetljenje, grejanje, naoružanje, miniranje), gde se u većini slučajeva nalazi oblast tehnike u kojoj se rešava određeni tehnički problem. Svakako, ne treba isključiti ni ostale sekcije u zavisnosti od problema koji se rešava. Ovde se po sekcijama daje izdvojen prikaz samo nekih od IPC simbola koji mogu biti usko vezani za sredstva NVO:

<sup>10</sup> Korišćeno je deveto izdanje IPC.

#### **Sekcija F:**

- F41 Oružja
- F42 Municija; miniranje

#### **Sekcija B:**

##### Oblikovanje

- B21 Mehanička obrada metala bez znatnog skidanja materijala; prosecanje metala
- B22 Livenje metala; metalurgija metalnog praha
- B29 Obrada plastičnih masa; obrada materija u plastičnom stanju

##### Transport

- B60 Transportna sredstva uopšte
- B63 Brodovi ili ostala plovila; njihova oprema
- B64 Vazduhoplovstvo; avijacija; kosmonautika
  - B64C Avioni; helikopteri
  - B64D Oprema letelica; letачka odela; padobrani; ugradnja ili raspored pogonskih grupa ili prenosa energije od motora

#### **Sekcija C:**

##### Hemija

- C06 Eksplozivi; šibice
- C09 Boje; premazi; politure; prirodne smole; lepkovi; različite smeše; različita upotreba materija
- C10 Industrija nafte, gasa ili koksa; sintezni gasovi koji sadrže ugljenmonoksid; goriva; maziva; treset

##### Metalurgija

- C21 Metalurgija gvožđa
- C22 Metalurgija; legure gvožđa ili obojenih metala; obrada legura ili obojenih metala
- C23 Prevlačenje metalnog materijala; prevlačenje materijala sa metalnim materijalom; hemijska površinska obrada; obrada metalnog materijala difuznim postupcima; prevlačenje isparavanjem u vakuumu, raspršivanjem, uvođenjem jona ili hemijskim taloženjem pare; sprečavanje korozije metalnih materijala ili stvaranje naslaga

#### **Sekcija G:**

- G02 Optika

Pored međunarodne klasifikacije patenata neki zavodi su razvili sopstvenu klasifikaciju, baziranu na IPC. Tako je Evropski patentni zavod (EPO – European Patent Office) razvio klasifikaciju ECLA, koja pored osam standardnih sekcija sadrži i devetu sekciju Y – Tehnologija održive energije i novih nanotehnologija.

Bez obzira na vrstu pretrage (brza, napredna, po klasifikaciji), Espacenet baza će, kao rezultat pretrage, prikazati listu rezultata (slika 2) pretrage sa brojem dokumenata koji odgovaraju traženom kriterijumu. Lista rezultata sadrži podatke kao što su: naslov dokumenta, ime pronalazača (Inventor), podnosilac prijave (Applicant), Korporativna klasifikacija patente (CPC), Međunarodna klasifikacija patenta (IPC), broj prijave sa datumom objave (Publication date) i datum prioriteta (Priority date). Na osnovu prikazanih podataka u listi može se izvršiti uvid u željeni dokument jednostavnim klikom na naslov odabranog dokumenta.

The screenshot shows the Espacenet Patent search interface. At the top, there's a header with the Espacenet logo and navigation links. Below the header, there's a search bar and a 'Result list' tab. The search results are displayed in a table with columns for Inventor, Applicant, CPC, IPC, Publication info, and Priority date. The first result is 'Helicopter rotor blade mounting assembly' by SCHMALING DAVID N [US] and KNAPP JR FREDERICK J [US]. The second result is 'Helicopter rear rotor blade mounting assembly' by MOUILLE RENE.

| Inventor                                                 | Applicant                   | CPC                    | IPC                             | Publication info             | Priority date |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------|
| SCHMALING DAVID N [US]<br>KNAPP JR FREDERICK J [US] (+1) | SIKORSKY AIRCRAFT CORP [US] | B64C27/48              | B64C27/48<br>(IPC1-7):B64C27/38 | US5562416 (A)<br>1995-10-08  | 1995-08-10    |
| MOUILLE RENE                                             | MOUILLE RENE [FR]           | B64C27/35<br>B64C27/45 | B64C27/35<br>B64C27/45          | FR2775951 (A1)<br>1999-09-17 | 1998-03-16    |

Slika 2 – Espacenet baza – lista rezultata pretrage

Figure 2 – Espacenet base – list of search results

Рис. 2 – база данных «Espacenet» - страница с результатами поиска.

Dalji uvid u patentnu dokumentaciju moguće je izvršiti na više načina, koji su ponuđeni u odgovarajućim opcijama u gornjem levom uglu aplikacije, kao na primer: opcija „Mosaics” – uvid u tehničke crteže; opcija „Original document” – uvid u kompletan dokument prijave; opcija „Download” – preuzimanje dokumenta u PDF formatu; opcija „Description” – uvid u opis patenta; opcija „Claims” – uvid u patentne zahteve; opcije „Cited documents” i „Citing documents” – uvid u citiranost dokumenata kojim se opisuju najpribližnija rešenja predmetnom dokumentu.

## Primena patentne dokumentacije pri projektovanju glavnog rotora helikoptera

Prilikom konstruisanja glavnog rotora helikoptera neophodno je izvršiti analizu postojećih konstrukcija rotora, radi sveobuhvatnijeg sagledavanja karakteristika postojećih rešenja i dolaženja do rešenja koje je po karakteristikama i tehnološkim mogućnostima najprihvatljivije.

Kako baze patentne dokumentacije sadrže veliki broj dokumenata, veoma je bitno doći do validnog (optimalnog) broja pregledivih dokumenata. Da bi se došlo do validnog broja pregledivih dokumenata, za konkretan problem neophodno je sačiniti efikasan plan pretrage patentne dokumentacije. S obzirom na to da jedinstvena strategija ne postoji, neophodno je za svaki konkretan problem osmisliti i kreirati sopstvenu strategiju (Kovač, Čabarkapa, 2009), (Rajić, 2007).

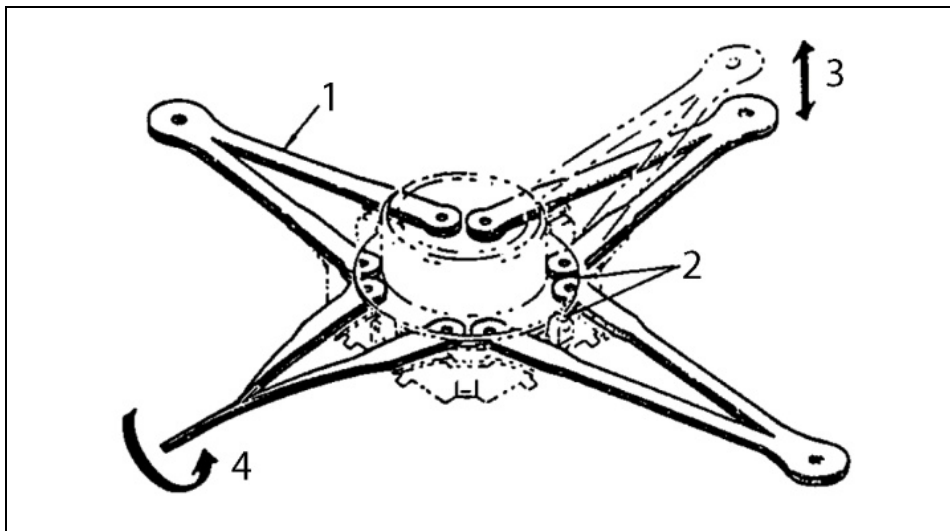
Strategija plana pretrage patentne dokumentacije glave rotora helikoptera sastoji se od sledećih koraka:

1. Usko definisati predmet pretraživanja.
2. Identifikovati i izabrati relevantne izvore informacija.
3. Odrediti ključne reči koje opisuju ovu vrstu rotora.
4. Odrediti simbol po međunarodnoj klasifikaciji патената за ovu vrstu rotora.
5. Identifikovati proizvođače helikoptera koji proizvode ovu vrstu glave rotora.

Iako je, usko gledano, predmet istraživanja glava rotora helikoptera, treba imati u vidu da sa konstrukcijskog aspekta postoje tri osnovne vrste glave rotora helikoptera: šarnirne, polukrute i krute. Dalja pretraga i prikaz analize patentne dokumentacije usmeren je na primer krutih rotora.

Kruti rotori su oni kod kojih su ležajevi zamenjeni elastičnim elementima, čijom deformacijom se omogućavaju neophodni stepeni slobode lopatice. Konstrukcijski, ovi rotori izvedeni su pomoću elastične veze lopatica sa glavom ili pomoću veze lopatica za elastičnu glavu rotora (Petrović, Čabarkapa, 2014).

Glavni element kod krutih rotora je takozvana elastična greda (slika 3), koja se sastoji od čeličnih ili titanijumskih traka, oblikovanih tako da budu krute na istezanje duž radijalne ose, dok slobodno mogu da se savijaju i uvijaju u rasponu elastičnih deformacija i tako daju lopaticama potrebnu slobodu kretanja oko osa mahanja i zabacivanja. Razvoj savremenih krutih rotora ogleda se u što povoljnijem obliku poprečnog preseka, povoljnijem oblikovanju veza lopatica sa glavom rotora, kao i u primeni kompozitnih materijala za izradu elastične grede (Petrović, Čabarkapa, 2014).



Slika 3 – Glava krutog rotora sa prikazom performansi elastične grede  
 Figure 3 – A rigid rotor head with one of the structural performances of the elastic beams  
 Рис. 3 – Роторная головка с жестким соединением, показаны эластичные крепления лопастей

Prilikom pretrage patentne baze najcelishodnije je koristiti naprednu pretragu, koja pruža veće mogućnosti i efikasniju pretragu, jer omogućava korišćenje kombinacije više kriterijuma za pretragu (koji su navedeni u prethodnom poglavlju).

Ako je potrebno pronaći glavu rotora za konkretan helikopter, to se može učiniti naprednom pretragom, na osnovu predmeta interesovanja i podnosioca patentne prijave. Ključne reči koje najbolje opisuju predmet interesovanja u ovom slučaju su rotor i helikopter ili, rečeno u patentnom žargonu, avion sa rotirajućim krilima (rotary wing aircraft). Ključnu reč rotor unećemo u polje naslov (Title), a helikopter u polje naslov ili apstrakt (Title or abstract). Imajući u vidu da se radi o krutim rotorima pored datih podataka dobro je uneti i međunarodnu klasifikaciju (IPC – International Patent Classification) za ovu vrstu rotora. Po međunarodnoj klasifikaciji oznaka za ovu vrstu rotora je B64C27/33 (konstrukcija rotora sa savitljivim kracima) i ona se unosi u polje IPC. Kako su podnosioci prijave autori pronalaska ili institucija u kojoj je nastao pronalazak, iskoristićemo ovu činjenicu i pokušati da sa naslovom ukrstimo i poznate proizvođače helikoptera kako bi došli do dokumenata koja opisuju traženi rotor helikoptera.



Slika 4 – Helikopter AH-1Z Viper „Zulu Cobra”  
 Figure 4 – Helicopter AH-1Z Viper „Zulu Cobra”  
 Рис.4 – Ударный вертолет Bell AH-1Z Viper «Zulu Cobra»

Tako, na primer, ukoliko želimo da dođemo do tehničke dokumentacije koja opisuje rotor helikoptera AH-1Z Viper pod nadimkom kao „Zulu Cobra” (slika 4), u polju podnosilac prijave unesemo ime kompanije Bell<sup>11</sup>, kao proizvođača ovog helikoptera.

|                                                 |                     |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| Enter keywords in English                       |                     |
| Title: <input type="text"/>                     | plastic and bicycle |
| <input type="text"/>                            | ROTOR               |
| Title or abstract: <input type="text"/>         | hair                |
| <input type="text"/>                            | HELICOPTER          |
| Enter numbers with or without country code      |                     |
| Publication number: <input type="text"/>        | WO2008014520        |
| Application number: <input type="text"/>        | DE19971031696       |
| Priority number: <input type="text"/>           | WO1995US15925       |
| Enter one or more dates or date ranges          |                     |
| Publication date: <input type="text"/>          | yyyyymmdd           |
| Enter name of one or more persons/organizations |                     |
| Applicant(s): <input type="text"/>              | Institut Pasteur    |
| <input type="text"/>                            | BELL                |
| Inventor(s): <input type="text"/>               | Smith               |
| <input type="text"/>                            |                     |
| Enter one or more classification symbols        |                     |
| CPC <input type="text"/>                        |                     |
| IPC <input type="text"/>                        | H03M1/12            |
| <input type="text"/>                            | B64C27/33           |

Slika 5 – Napredna pretraga upotrebom naslova , naslova ili apstrakta, podnosioca prijave i IPC  
 Figure 5 – Advanced search using the title, the title or abstract, the applicant and the IPC  
 Рис. 5 – Расширенный поиск по названию, ключевым словам, заявителю и IPC

<sup>11</sup> Treba imati u vidu činjenicu da je za složena sredstva podnosilac prijave, po pravilu, kompanija (Rajić 2007).

Unosom podataka u polje naslov, naslova ili apstrakta, podnosilac prijave i međunarodne klasifikacije patenta (slika 5), dobija se lista rezultata sa šest dokumenata (slika 6).

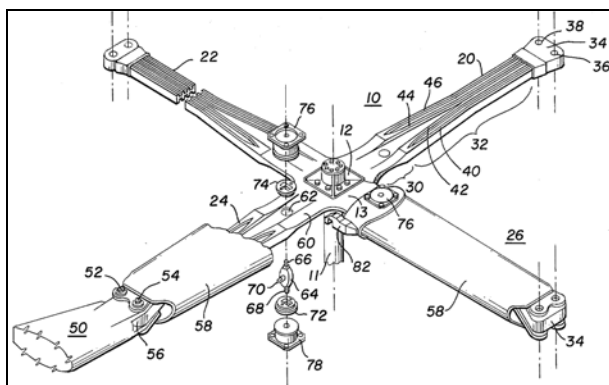
| Result list                                                                                                                                                                                                |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Select all (0/6) <input type="checkbox"/> Compact <input type="checkbox"/> Export (CSV   XLS) <input type="button" value="Download covers"/> <input type="button" value="Print"/> |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |
| 6 results found in the Worldwide database for:<br>ROTOR in the title AND HELICOPTER in the title or abstract AND BELL as the applicant AND B64C27/03 as the IPC classification                             |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |
| Sort by: <input type="button" value="Upload date"/> Sort order: <input type="button" value="Descending"/> <input type="button" value="Sort"/>                                                              |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |
| <input type="checkbox"/> 1. <b>Normalized rotor</b>                                                                                                                                                        |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |
| ★                                                                                                                                                                                                          | Inventor:<br>YEN JUNG G [US]<br>POPELKA DAVID A [US]                  | Applicant:<br>BELL HELICOPTER<br>TEXTRON INC [US] | CPC:<br>B64C27/03<br>B64C27/473                | IPC:<br>B64C27/03<br>B64C27/473<br>B64C27/51<br>(+1)               | Publication info:<br>US4427340 (A)<br>1986-07-22 |
| <input type="checkbox"/> 2. <b>Soft inplane bearingless helicopter rotor</b>                                                                                                                               |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |
| ★                                                                                                                                                                                                          | Inventor:<br>METZGER ROBERT W [US]<br>NEATHERY WILLIAM D [US]<br>(+4) | Applicant:<br>BELL HELICOPTER<br>TEXTRON INC [US] | CPC:<br>B64C27/03<br>B64C27/61                 | IPC:<br>B64C27/03<br>B64C27/05<br>B64C27/48<br>(+2)                | Publication info:<br>US4427340 (A)<br>1986-01-24 |
| <input type="checkbox"/> 3. <b>Helicopter power train for distributing rotor blade flapping displacements through a plurality of drive train components</b>                                                |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |
| ★                                                                                                                                                                                                          | Inventor:<br>CRESP WESLEY L [US]                                      | Applicant:<br>BELL HELICOPTER<br>TEXTRON INC [US] | CPC:<br>B64C20/27002<br>B64C27/03<br>B64C27/61 | IPC:<br>B64C27/00<br>B64C27/05<br>(IPC 1-7) B64C27/04              | Publication info:<br>US4430046 (A)<br>1984-02-07 |
| <input type="checkbox"/> 4. <b>Tail rotor</b>                                                                                                                                                              |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |
| ★                                                                                                                                                                                                          | Inventor:<br>WHITE BILLY P [US]<br>MORRISON DWAYNE E [US]             | Applicant:<br>BELL HELICOPTER<br>TEXTRON INC [US] | CPC:<br>B64C27/03<br>B64C27/62                 | IPC:<br>B64C27/03<br>B64C27/62<br>B64C27/05<br>(IPC 1-7) B64C27/06 | Publication info:<br>US4811874 (A)<br>1989-11-21 |
| <input type="checkbox"/> 5. <b>Yoke for helicopter rotor systems</b>                                                                                                                                       |                                                                       |                                                   |                                                |                                                                    |                                                  |

Slika 6 – Lista rezultata napredne pretrage

Figure 6 – List of results of advanced search

Рис. 6 – страница с результатами расширенного поиска

Dobijeni broj dokumenata napredne pretrage je preglediv i analizom dokumenata, u patentnoj prijavi pod oznakom US4427340(A), koja se nalazi na rednom broju 2 liste rezultata. U prijavi patenta prikazan je tip konstrukcije, glave rotora helikoptera AH-1Z Viper „Zulu Cobra” (slika 7). Ovo rešenje rotora nastalo je kao i stalna potreba da se naoružanje i vojna oprema modernizuje, kako bi odgovorila savremenim tendencijama oružane borbe.

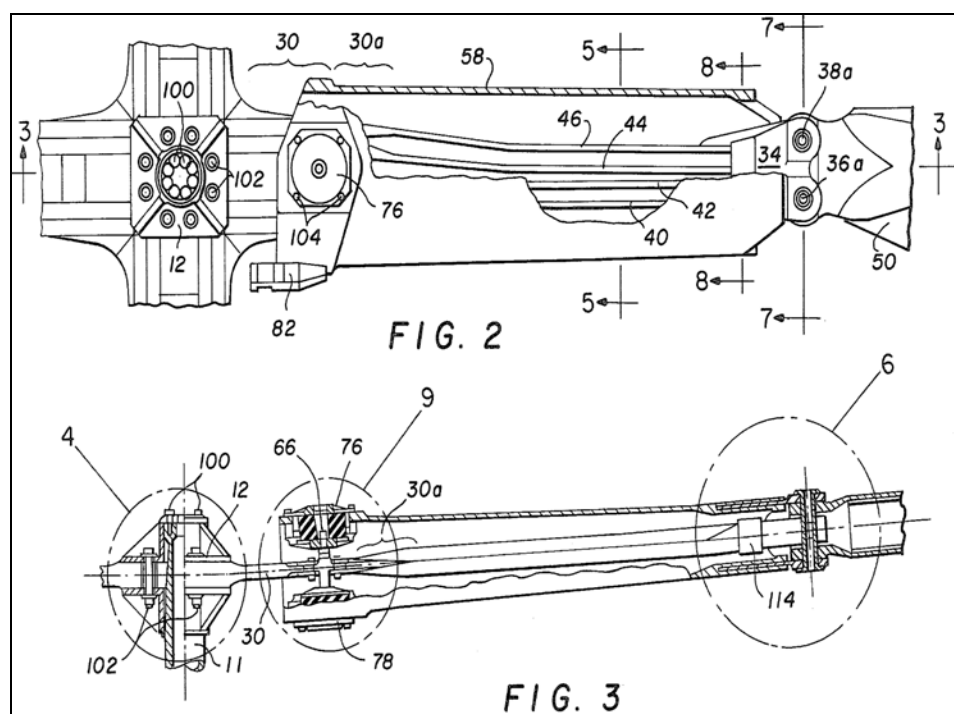


Slika 7 – Nacrt glave krutog rotora firme Bell prikazane u prijavi patenta US4427340(A)

Figure 7 – Draft of a rigid rotor head of the Bell company displayed in the application US4427340(A)

Рис. 7 – Схема жесткого соединения лопастей и роторной головки компании Bell представлено в приложении US4427340 (A)

Kod prikazanog rešenja prikazanog u patentnoj dokumentaciji elastične grede smeštene su u krute torzione cevi elipsastog poprečnog preseka u vidu oplata, otporne na uvijanje, koje na korenom delu imaju rukavac za vezivanje sa potisno-povlačećim polugama radi upravljanja smestajnim uglom, a na krajnjem delu su oblikovane tako da služe kao okovi za učvršćivanje lopatica rotora. Povoljnijim oblikovanjem ovih cevi postignuto je smanjenje otpora oblika glave rotora i smanjenje ukupnog otpora čitavog helikoptera, a time i bolje aerodinamičke karakteristike. Svaka torziona cev je u korenom delu vezana za elastičnu gredu prigušivačem oscilacija, postavljenim pod određenim uglom, tako da istovremeno amortizuje vibracije u vertikalnoj i horizontalnoj ravni (slika 8).

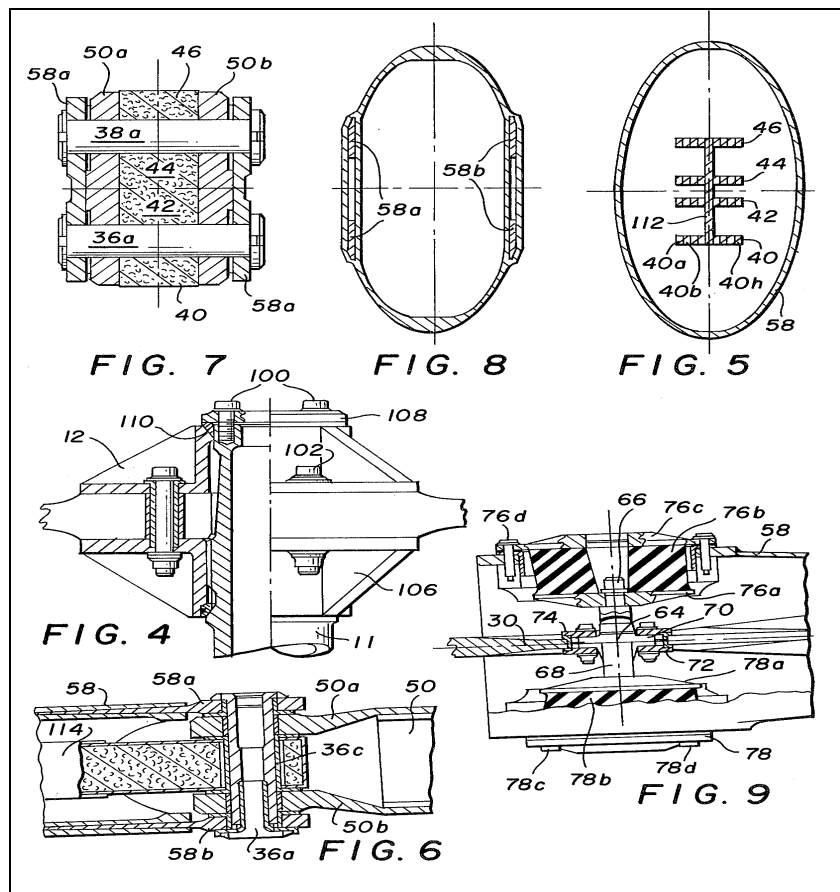


Slika 8 – Nacrt glave krutog rotora u dve projekcije (odozgo i sa fronta) firme „Bell” prikazane u prijavi patenta US4427340(A)

Figure 8 – Draft of a rigid rotor head in two projections (top and front) of the Bell company displayed in the application US4427340(A)

Рис. 8 – Схема жесткого соединения лопастей и роторной головки компании Bell представлено в двух проекциях в приложении US4427340 (A)

Ovakav koncept konstrukcije sa elastičnom gredom eliminisao je postojanje zglobova, čime je eliminisano trenje i uprostio sklop, a samim tim se povećao i broj časova leta između povremenih i periodičnih pregleda.



Slika 9 – Prikaz detalja glave krutog rotora firme „Bell” prikazane u prijavi patenta US4427340(A)

Figure 9 – Draft of the details of a rigid rotor head of the Bell company shown in patent US4427340(A)

Рис. 9 – Чертеж деталей жесткого крепления лопастей к головке ротора компании Bell представлено в патенте US4427340 (A)

U patentnoj dokumentaciji za prijavu US4427340(A) dati su svi detalji sklopa rotora sa mogućim varijantama ovog tipa rotora, što se ne može naći u dostupnoj literaturi (slika 9).

## Zaključak

Patentna dokumentacija predstavlja najveće intelektualno bogatstvo. Treba je koristiti iz više razloga, a naročito zbog toga što sadrži tehničke informacije iz svih oblasti tehnike i oko dve trećine tehničkih informacija

koje se ne mogu naći ni na jednom drugom mestu. Pored toga, tehničke informacije sadržane u ovoj dokumentaciji pojavljuju se nekoliko godina ranije u odnosu na druge relevantne tehničke publikacije. Podatak da sredstva naoružanja i vojne opreme veoma brzo zastarevaju, kao imperativ pred njihove konstruktore postavlja zahtev da je za potrebe vlastitog istraživanja i razvoja ovih sredstava neophodno pravovremeno pratiti i koristiti patentnu dokumentaciju.

U radu je dat prikaz sadržaja ili strukture patentnih dokumenata sa prikazom mogućnosti pretraživanja baza patentne dokumentacije sa primerom upotrebe Espacenet baze, kao najpoznatije i najčešće korišćene baze. Na konkretnom primeru projektovanja glavnog krutog rotora helikoptera, kao najvažnijeg i najsloženijeg dela helikoptera, prikazane su mogućnosti primene patentne dokumentacije kroz korišćenje napredne pretrage. Valjano korišćenje patentne dokumentacije veoma je koristan alat za dolaženje do konkretnih ideja pri rešavanju određenih tehničkih problema u toku konstruisanja. U konkretnom primeru tehnički problem se odnosio na konstrukcijsko rešavanje glave krutih rotora helikoptera, sa ciljem da se obezbedi potrebno zabacivanje i brži odziv promene smeštajnog ugla (koraka) lopatice krutog rotora helikoptera.

Osnovna namera ovog rada je da se istraživačima – konstruktorima ukaže na neophodnost korišćenja patentne dokumentacije u postupku konstruisanja.

## Korisni linkovi

Zavod za intelektualnu svojinu (sajt [www.zis.gov.rs](http://www.zis.gov.rs)):

- Uputstvo za korišćenje baze [esp@cnet](mailto:esp@cnet).
- Uputstvo za pretraživanje nacionalne baze patenata MIMOSA.
- Uputstvo o sastavljanju prijave za zaštitu patenta.
- Priručnik za pronalazače.
- Patent. Kako zaštititi pronalazak.
- Priručnik za nastavu o patentima, elektronska verzija.

Relevantne patentne baze (adrese):

- [www.zis.gov.rs](http://www.zis.gov.rs) (ZIS - Zavod za intelektualnu svojinu RS).
- [www.epo.org](http://www.epo.org) (EPO – Evropska patentna organizacija).
- [www.wipo.int](http://www.wipo.int) (WIPO - Svetska organizacija za intelektualnu svojinu).
- [www.uspto.gov/patft/](http://www.uspto.gov/patft/) (Američki zavod za patentne i žigove).
- [www.eapo.org](http://www.eapo.org) (EAPO, Evroazijska patentna organizacija).
- (EPO, Evropski patentni zavod).
- [www.dpma.de](http://www.dpma.de) (Nemački zavod za patente i žigove).
- (Japanski zavod za patente)

## Literatura

- Čabarkapa, O., Dunjić, M., & Petrović, D. 2011. Vojni patentni sistem - stanje i perspektive, *Vojno delo*, 63(3), str. 221-241.
- Čabarkapa, O., Petrović, D., & Bojović, M. 2013. Prijava poverljivog patenta sa primerom sastavljanja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 61(4), str. 7-25.
- Čabarkapa, O., Petrović, D., & Dunjić, M. 2013. Uslovi patentibilnosti za zaštitu pronalazaka, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 61(1), str. 146-161.
- Kovač, M., & Čabarkapa, O. 2009. *Razvoj odbrambene industrije kao opredeljenje strategije odbrane Republike Srbije*. U: Treći naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem Odbrambene tehnologije OTEH 2009. VTI, Beograd.
- Petrović, D., & Čabarkapa, O. 2014. Poverljiva prijava patenta: „Elastični element za obezbeđivanje savijanja i promene smeštajnog ugla lopatice krutih rotora”. U: *Registar prijava poverljivih pronalazaka br. P- 279, od 14.05.2014. godine*. Uprava za stratejsko planiranje, Beograd.
- Rajić, D. 2007. Model zaštite i razvoja intelektualne svojine u vojnim preduzećima i ustanovama. U: Naučno-stručni skup, Odbrambene tehnologije, OTEH – 2007. VTI, Beograd.

## ОБЗОР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЛАВНОГО РОТОРА ВЕРТОЛЕТА

ОБЛАСТЬ: машиностроение (проектирование), материалы

ВИД СТАТЬИ: обзорная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

Краткое содержание:

*В работе рассмотрено проектирование главного ротора вертолета при использовании патентной документации, в качестве важнейшего инструмента поиска конкретных технических решений, что позволяет снизить экономические затраты при решении определенных конструктивных проблем. Большой объем технической информации впервые публикуется в качестве патентов, а около 2/3 невозможно найти в других источниках.*

*Приведена структура патентной документации по разделам, с пояснениями возможности применения технических решений при проектировании главного ротора вертолета. На конкретном примере показан способ поиска по патентной базе «Espacenet», которая содержит более 80 миллионов различных патентов и является наиболее часто используемой.*

*Основная часть работы относится к описанию процесса поиска патентных документов при решении проблемы жесткого соединения лопастей с головкой ротора и изменения угла атаки (шага) лопастей, при проектировании главного ротора вертолета.*

**Ключевые слова:** патентная база данных, документация, ротор, патент, вертолет.

## REVIEW OF THE DESIGN OF THE HELICOPTER ROTOR

FIELD: Mechanical Engineering (Design), Materials

ARTICLE TYPE: Review Paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

## Summary:

*This article - paper presents the design of the main rotor of the helicopter supported by the patent documents, as a very useful tool (instrument) to reach the specific ideas and design in order to find the most economical way for the quality solution for a certain technical problem present in the process of design (construction). A large amount of technical information first appears in patent documents and about two thirds of this information cannot be found on any other site.*

*The structure of patent documents is presented with an emphasis on the elements that relate to technical information with the detailed explanation of the possibilities of the application of the patent documentation during the process of design of the main helicopter rotor. The procedure and methods of research of the related patent documents are presented on a specific example of helicopter rotor design. The Espacenet database of patent documents was used as the most comprehensive and the most frequently used database containing over eighty million different patent documents about inventions and technical improvement (advancement) from all over the world. The crucial part of the paper relates to the presentation of a patent search method in order to find a technical solution for the structures of the main helicopter rotor which relates to the provision of the required casting and rapid response changes of accommodation angle (step) of the rigid rotor blades of helicopters.*

## Introduction

*Patent documents contain the largest database of various specifications, which, in order to preserve novelty of the innovation, first appear in patent documents three to five years earlier than in other technical reference publications. For this reason, patent documentation is an essential source of information for researchers - designers, primarily with the aim of finding structural solutions to the technical problem being solved, as well as for the monitoring and establishing new trends in the development of specific systems and equipment.*

## Patent documentation and content of patent documents

*Patent documents contain technical, legal and bibliographic information to determine the patent. Technical information is of fundamental importance to designers for understanding the invention. If the technical information contained in the patent documents contains the*

*solution of the specific problem to be solved, it is necessary to examine the legal basis for using this information, in order to avoid violation of intellectual property rights.*

#### Patent documents search

*By searching a patent documents database, an expert in a particular field of technology is allowed to: be up to date with the latest technical and technological solutions, find ready-made solutions to specific technical problems, get ideas for starting future development, establish patent activities of competitors in the market, get insight into the trends of development in a particular technical field, assess technology offered for licensing, have a more favorable positioning during negotiations on the transfer of technology as well as a variety of other information.*

The application of patent documents in designing the main helicopter rotor

*Search and analysis of patent documents is given as an example for rigid rotors, in which the bearings are replaced by elastic elements. In terms of design, these rotors are derived by connecting the blades and the head with elastic elements or by linking the blades with the elastic rotor head.*

*During the design of the rotor head, advanced search for patent documents in the Espacenet basis is applied.*

#### Conclusion

*This article - paper emphasizes the significance of patent documents and the necessity of the search of patent documents databases, while designing the main rotor of a helicopter. The proper use of patent documents is a very useful tool for getting to specific ideas for solving specific technical problems during design. In this specific example, a technical problem related to a structural solution of the head of the rigid rotor of a helicopter, in order to provide the necessary casting and a rapid response of changes of the accommodation angle (step) of rigid rotor blades of helicopters.*

*The basic intention of this paper is to illustrate and explain to researchers - designers that it is necessary to use patent documents in the process of design - construction.*

**Key words:** *Patent databases, Documentation, Rotors, Patents, Helicopters.*

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 20. 06. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 21. 01. 2015.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 23. 01. 2015.

## ПРИЛОГ УНАПРЕЂЕЊУ РАДА И УПРАВЉАЊА У ВОЈНОЈ АКАДЕМИЈИ И НА УНИВЕРЗИТЕТУ ОДБРАНЕ

Марко Д. Андрејић<sup>а</sup>, Ивана М. Андрејић<sup>б</sup>,  
Славиша Н. Арсић<sup>а</sup>, Срђан Д. Љубојевић<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Универзитет одбране у Београду, Војна академија,  
Катедра логистике

e-mail: markodandrejic@hotmail.com; arsic.slavisa@gmail.com;  
srdjanljubojevic@gmail.com

<sup>б</sup> Висока школа струковних студија за ДТМ, Београд  
e-mail: ivana.andrejic92@gmail.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-7038

ОБЛАСТ: организационе науке

ВРСТА ЧЛАНКА: прегледни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: српски

### Сажетак:

*Обимне и динамичне организационе промене које су у последњих неколико година спровођене у области одбране захватиле су и области високог образовања и научноистраживачког рада везаног за одбрану. Настојао се формирати нови, интегрисани научни и образовни систем, хармонизован са националним системом, који ће бити самообновљив и делом самоодржив, те као такав бити користан не само систему одбране већ и широј друштвеној заједници. Да би се операционализовала основна замисао основан је Универзитет одбране, као државни универзитет и институција интегративног карактера у којој се одбрана изучава и истражује на научним основама.*

*Анализом функционисања Универзитета одбране на нечелима и логици системског и ситуационог приступа, кроз сагледавање постојећих начина рада, тренутних могућности, потреба и очекиваних резултата, може се уочити да постоје могућности за опште унапређење постојећег стања и за постизање вишег нивоа организационих перформанси.*

*Могућности за унапређење стања постоје у области усклађивања постојеће и националне нормативно-законске регулативе, затим организације, организационе културе, у области технологије рада, квалитета и расподеле, у функцијама и процесима, као и у домену појединачних елемената система.*

*Кључне речи: образовање, промена, интегрални приступ, квалитет.*

## Увод

Високо образовање представља врло значајан део стратегије моћи и утицаја реалног система одбране. Креативност као базични ресурс продукује иновације којима је систем одбране могуће оплемити и унапредити.

Организационе промене у држави током последње деценије, као важну државну функцију и поље објективне друштвене стварности, нису заобишле ни одбрану. Актуелне околности наметнуле су низ изазова:

- већу цивилну контролу система одбране и већу цивилну одговорност,
- паметну и логистички одрживу одбрану,
- формирање новог, делом самоодрживог и самообновљивог система научноистраживачке делатности и образовања у области одбране, хармонизованог са еквивалентним друштвеним (цивилним) системом, који ће као такав бити потребан и користан систему одбране, привреди, друштву и држави,
- виши квалитативни ниво изучавања одбране и
- виши квалитативни ниво научног истраживања одбране.

Стратејски одговори на наведене захтеве окружења били су:

- стварање институционалних услова за цивилну контролу и одговорност за стање одбране,
- веће економисање ресурсима у одбрани и већа транспарентност у кориштењу ресурса,
- државна подршка и одређивање тежишта и приоритета ради стварања услова за већу синергију науке (научних институција) и образовних институција, као и делимични прелазак научних и образовних установа на „самофинансирање“, као основа за превазилажење круцијалног недостатка – одсуства адекватног управљања,
- оснивање Универзитета одбране (УО), као интегрисаног државног универзитета и институције у којој се одбрана изучава на научним основама и научно третира са ИМТ (интердисциплинарно, мултидисциплинарно и трансдисциплинарно) аспекта,
- акредитација Војне академије (високошколска јединица УО) и Медицинског факултета Универзитета одбране (МФУО) као високих школа и научноистраживачких организација и
- убрзане припреме и отпочињање школовања професионалних припадника Војске и запослених у државној администрацији на заједничком студијском програму у оквиру Високих студија одбране и безбедности, што доприноси јединственом политичком, економском и војном гледању на одбрану и безбедност земље.

Најзначајнија промена у систему одбране настала је формирањем УО. Анализу и оцену достигнутог стања, у развоју и функционисању УО, треба вршити у односу на претходно стање, али и у контексту жеља и очекивања корисника услуга (систем одбране, цивилни студенти који се школују на УО, студенти који се школују на универзитетима и факултетима који имају развијене заједничке студијске програме са УО, односно Војном академијом, студенти – кадети страних држава и њихови инвеститори).

Промене предузете ради побољшања стања система и решавања проблема у њему треба да се третирају на начелима и логици системског и ситуационог приступа, а све дефинисане акције треба усмерити ка подизању перформанси високошколских јединица УО на квалитативно виши ниво.

Високо образовање, научноистраживачки рад (НИР) и њихови „производи и услуге” треба да се посматрају кроз читав животни циклус, на целом току и са аспекта квалитета<sup>1</sup>.

У области реформе високог образовања за потребе одбране остварено је доста добрих резултата, али актуелни временски тренутак захтева више.

Синхронизованим напорима шире заједнице, органа управљања и пословођења и увођењем система који прави баланс између радног учинка и емоционалног задовољства запослених могуће је унапредити способности УО и високошколских јединица у саставу УО до нивоа којим ће се поносити држава Србија и сви запослени на УО.

### *Приступ унапређењу наставног и научног рада*

Образовање не треба перципирати као трошак, већ као инвестицију, која се озбиљно припрема у адекватном организационом амбијенту (Andrejić et al, 2011, pp.5-26). Услед тога, унапређење квалитета образовања<sup>2</sup> и истраживања на УО треба ускладити са дугорочним

<sup>1</sup> Ради унапређења постојећег стања свакој стратешкој одлуци треба да претходе озбиљне студије и анализе, засноване на примени квалитетних „алата”, као што су: „Cost-benefit” анализе, SWOT анализе и методе вишекритеријумске оптимизације. Оптимизацију решења треба вршити на нивоу система (држава) као целине, а не на нивоу појединих подсистема и делова.

Уз уважавање принципа стандардизације, специјализације и симплификације, у Војној академији треба развијати, првенствено, високо образовање и НИР, чиме ће се подићи квалитет и омогућити оживљавање процеса обуке у ВС преко веће упослености ресурса који су намењени за обуку.

<sup>2</sup> Данашњи систем образовања (у друштву) даје и сувише неапликативна знања, а премало актуелних, поготово у односу на технички напредак, **развој науке о управљању и глобалне промене**. Зато формална спрема „финалног производа” не одговара у довољној мери пројектованом радном месту. Део знања постаје инертан или одумире. Посебно је неадекватан дијалектички приступ образовању. Знатан број запослених је, услед недо-

концептом развоја система одбране и друштва у целини, уз уважавање технологије одвијања процеса образовања и обучавања, јер брза, јефтина и истовремено квалитетна решења у образовању нису позната.

Потребну флексибилност, као одговор на велике технолошке и организационе изазове, могуће је остварити унапређењима и развојем нових програма у складу са потребама праксе.

Неопходно је да постоје и дугорочне, међусобно усклађене стратегије развоја система одбране (и његовог система високог образовања) и привреде. Систем образовања, заснован на начелима Болоњског процеса, довео је до видљивих помака (укинут је кампањски рад, али је изгубљена „дубина знања“ због ограничене употребе литературе, па се као решење намеће континуирана едукација кроз читав радни век).

Модернизација и оздрављење друштва може се постићи само реформом управљања у јавном сектору<sup>3</sup> и реформом образовања<sup>4</sup>. Међутим, она захтева адекватан наставнички кадар који ће је спроводити и у томе је срж проблема (двоструки кадровски вид реформе, треба истовремено мењати и навике и стицати нова знања). Реформи је лакше зацртати него спровести, јер постоји отпор код актера.

Управљати новим друштвом и новим системом не може се без нових знања, па је зато важно да се сваки појединац оспособи за ону улогу у друштву за коју је најподеснији (а не коју воли), јер квалитет система зависи од квалитета и врсте образовања његових елемената – чланова (друге могућности су исцрпљене).

У домену реформе образовања у ВА и на УО, начела перманентног и повратног образовања и напретка<sup>5</sup> првенствено се односе на наставне кадрове.

Образовни систем мора бити отворен и са експлицитно дефинисаним критеријумима успешности (Beker et al, 1994), а афирмативна организациона клима подлога за елиминисање постојећих негативних односа и отпора иновацијама у образовању. Ради побољшања постојећег стања и унапређења управљања на УО, као и унапређења производа и услуга које УО пружа, неопходно је пројектовати дугорочан концепт развоја са израженим организационим аспектом, примерен потребама праксе, захтевима времена и савременим трендовима. Такав концепт подразумева процесно<sup>6</sup> засновано упра-

статка адекватних програма школовања и усавршавања, потребна знања стекао кроз радну праксу, а не конвенционалним путем.

<sup>3</sup> Проблеми већине јавних и државних система (предузећа) јесу ниске цене услуга, вишак запослених, запуштена и израубована опрема и инфраструктура, али се као један од значајнијих разлога наводи и слабо управљање овим предузећима.

<sup>4</sup> Наш национални циљ треба да буду образовање и памет, као највећи развојни потенцијали.

<sup>5</sup> Напредак није пуко поправљање прошлости, већ непрекидно кретање према будућности.

<sup>6</sup> Актуелни захтеви намећу постојање и едукацију специјализованих менаџера за управљање организационо-технолошким процесима.

вљање и пословање УО и високошколских (ВШ) јединица, усмерено на финални производ и услугу коју пружа образовање и НИР.

У систему одбране нужно је прихватити безрезервно опредељење за стандардизацију, симплификацију и специјализацију<sup>7</sup>, што би имплицирало рационалну употребу ограничених ресурса.

Специјализација би у случају УО и његових високошколских јединица, посебно Војне академије, подразумевала веће усмеравање ка академској високошколској настави и научноистраживачком раду, кроз диференцијацију факултета, сходно припадности научним пољима. Промена концепта школовања, са „школовања за радно место” на „школовање за запошљавање” представља нужан одговор на промене (Heleta, 2003). Специјализација за радно место, према новом концепту, обављала би се у компетентним организационим целинама Војске Србије, а усвајање актуелних и савремених научних сазнања кроз интензивно континуирано образовање и усавршавање на специјалистичким курсевима у високошколским јединицама.

Постепеним увођењем оваквих промена, уз уважавање организационих капацитета (инфраструктуре) и ресурсних ограничења, смањила би се ширина зоне ангажовања и повећала дубина зоне одговорности и интереса.

Унапређење стања могуће је извести и на макро и на микроплату, ангажовањем свих субјеката УО и свих заинтересованих страна, кроз синергијско повезивање<sup>8</sup>.

Оптимизацију ресурса и решења треба вршити на националном нивоу. Ради презентовања и заштите сопствених идеја и интереса, неопходно је партиципирати у националним телима која се баве високим образовањем, науком и технолошким развојем. У складу са тим, сва позитивна решења која постоје у високошколском систему у друштву треба уградити и у функционисање УО и обратно.

Одлуке о профилу кадра који се школује у ВА треба донети уз уважавање тренда у повећању броја људи који се ангажују на производњи услуга у односу на број ангажованих у стварању производа и постепени прелазак са економије производа на економију услуга<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> Специјализација организационих целина система одбране за одређену врсту посла, на супрот ширењу асортимана активности, позитивно утиче на квалитет њиховог обављања. У том смислу, УО треба да, кроз високошколске јединице, развија универзитетску мисао, да унапређује високо образовање и научноистраживачки рад, а обуку да делегира постојећим, за то компетентним организационим целинама у Војсци Србије.

<sup>8</sup> Отпори унапређењу стања не смеју се правдати специфичностима производа и војне организације. Закони и принципи су универзални, а приоритет циљева и интереса вишег система се подразумева.

<sup>9</sup> Удео услужних у односу на производне делатности у материјално развијеним земљама света у сталном је порасту.

Услед тога, Универзитету одбране потребна је и већа управљачка, академска и финансијска аутономија, као и јасно дефинисани управљачки токови. Мисија, задаци и циљеви (објектни и наменски), као и тежишта и приоритети, морају бити познати и општеприхваћени међу свим организационим јединицама и члановима УО и свим стеикхолдерима. У таквим условима, и уз транспарентност критеријума успешности, могуће је успоставити и адекватан радностимулативни систем, који почива на доприносу прокламованим циљевима, у складу са законима и стандардима.

*Неки од праваца унапређења стања на Универзитету одбране јесу оптимизација режијске радне снаге и броја лица која нису директно у функцији основне производне делатности којом се баве високошколске јединице (високо образовање и научноистраживачки рад), научно пројектовање структуре и димензионирање елемената у складу са објективним потребама и развојним плановима. Потребно је преиспитивање и корекција мисије сваке организационе целине и растерећење Војне академије (с обзиром на додељену мисију од стране оснивача) обавеза које могу реализовати друге структуре у систему одбране (војна обука, логистика, интернатски и касарнски послови итд.).*

*Утрошак новца и организацијске енергије, као и обим медијске презентације високошколских јединица мора да кореспондира са мисијом и задацима, а ангажовање људских ресурса, посебно кадетата, треба да буде што више у складу са дугорочним концептом развоја и дугорочним смерницама (мање у функцији дневних оперативних одлука вишег система: као организациона кадровска резерва).*

*Потребно је брже стварати услове за здраву интерну и екстерну радну конкуренцију<sup>10</sup>. Ради тога постепено треба уводити институцију јавног конкурса при избору органа пословођења и другог руководећег кадра (ректор и проректори, декан и продекани, начелници катедри...)<sup>11</sup>.*

Одговарајућом регулативом (закон, стандарди, критеријуми и мерила) треба уредити ефикасност и ефективност организације. Такође, законски уређеним радностимулативним системом, заснованим на здравој и правилној расподели (плате, бонусе, стимулансе, награде..), у складу са доприносом прокламованим циљевима као централној категорији одлучивања и јединој идеологији када је развој у питању, треба мотивисати органе управљања, пословођења и све запослене да више и квалитетније раде и да буду одговорнији.

<sup>10</sup> Ако нема конкуренције не зна се вредност нечега и нема услова за стварање елите.

<sup>11</sup> Овај приступ повећава друштвену одговорност изабраних лица и даје им ауторитет који извире из живота и чињеница, што у крајњем исходу унапређује и олакшава управљање.

*Напоре треба усмерити ка томе да УО постане нека врста пословног „бизнис инкубатора“ чији састав изражава широк спектар интереса из којег ће се за неколико година формирати ембрион кластера од организационих целина које се баве повезаним и сличним пословима (ВА, МФ-ВМА, ТОЦ, ВТИ, фабрике српске одбрамбене индустрије, можда и неки елементи јавно-приватног партнерства) како би се постигао довољан обим производње и конкурентан производ (услуга) у екстерном окружењу.*

Мисију, циљеве (објектни и наменски), резултате и задатке, технологију, као и тежишта и приоритете, у смислу синергијског деловања, треба синхронизовати у свим организационим јединицама и код свих чланова УО. У таквим условима и уз транспарентност критеријума успешности могуће је успоставити и адекватан радностимулативни систем, који почива на „специфичној тежини“ појединца и доприносу прокламованим циљевима УО.

У складу са доприносом у достизању дефинисаних циљева, расподелом као централном категоријом одлучивања када је развој у питању, треба стимулисати и органе управљања, пословођења и остале задатке како би се унапредила ефикасност и ефективност рада.

### ***Институционални оквир за унапређење наставног и научног рада***

Пре предузимања организационих мера и поступака усмерених на унапређење квалитета образовања и истраживања у Војној академији, неопходно је познавати релевантне чиниоце и предуслове успешних организационих промена (табела 1).

Организациону енергију и напоре треба усмерити ка остварењу правне и организационе следивости по читавој дубини интегрисаног система, ка оптимизирању организационе дубине УО и високошколских јединица (број хијерархијских нивоа утиче на број људи који се извлаче из основног, мисијом одређеног процеса), инсталирати по читавој дубини система вредносни систем и хијерархију академских звања (академик, професор, ванредни професор, доцент, асистент, сарадник), експлицитно и енергичније изразити мисију УО и високошколских јединица, увести радностимулативни систем и унапредити статус наставног особља.

Имајући у виду наведене предуслове, а ради унапређења квалитета рада и управљања на УО, неопходно је формирати УО као чврсту организацију, са већим степеном организационе самосталности, са већим академским слободама и већом финансијском самосталношћу.

Адекватним пројектовањем организационе структуре УО и високошколских јединица у његовом саставу такође треба обезбедити одређени степен децентрализације, уз формирање засебних факултета (факултет за менаџмент, факултет за логистику и техничко-технолошке науке и медицински факултет), у чије ће димензионирање бити уграђена развојна и кадровска резерва, у складу са природном флукуацијом кадрова. Са аспекта хијерархијских односа унутар УО и система одбране уопште, факултети нужно морају бити организационо везани за УО (Andrejić et al, 2010, pp.33-61), а растеређени хијерархијских веза са другим организационим целинама Министарства одбране.

Са производно-процесног аспекта, неопходно је смањити асортиман производа које УО пружа и постепено се специјализовати за одређене производе и услуге, како би се обезбедила интерна и екстерна конкурентност, захваљујући већој производној серији (уз исте фиксне трошкове) и фреквенцији појављивања одређеног производа – услуге. У том смислу, потребно је створити услове да носиоци теоријско-методолошких и академско општеобразовних предмета и садржаја на УО буду компетентни кадрови са цивилних факултета, који су матични за конкретне области (то је један од прилога оптимизацији решења на нивоу државе), а на УО и посебно у Војној академији развијати наставнички и истраживачки кадровски потенцијал за научно-стручне и стручно-апликативне предмете и садржаје.

Основна делатност и намена Војне академије, као њене кључне одреднице, треба да буде уочљива спољашњем објективном и независном посматрачу, а унутар Војне академије све функције и пословни процеси усмерени ка квалитетном високом образовању и истраживањима у домену одбране.

У складу са захтевима времена и концептуалним опредељењем, али и самом природом и појмовним одређењем универзитета, на УО академски дух и слободе морају имати примат над ускозанатским аспектима школовања и над обуком<sup>12</sup>. Истовремено, нужна је већа радна ефикасност и ефективност како би се у што скорије време достигли строги критеријуми и захтеви које модерно академско окружење носи.

<sup>12</sup> Процес обуке (сви војни програми, на свим нивоима и облицима школовања и усавршавања) који се реализује у Војној академији, у том светлу, треба што пре раздвојити од високог образовања, хармонизовати га са целовитим системом обуке у Војсци Србије, рационализовати и пренети у надлежност Генералштаба Војске Србије, а кадровске и друге ресурсе за обуку груписати и димензионирати под контролом ГШВС сходно потребама. Потребно је прецизирати, уз доминантни утицај ГШВС, колики је обим и шта је срж базичне (основне) војне обуке, основног официјерског курса (исти за све родове и службе – употреба јединице ранга стрељачког односно пешадијског) и апликативног официјерског курса (различит по родовима и службама) кадета – будућих официра, који ће реализовати разни постојећи центри и команде видова са својим потчињеним јединицама и установама.

Табела 1 – Предуслови за успешне организационе промене  
 Table 1 – Preconditions for successful organizational changes  
 Таблица 1 – Условия для успешного проведения организационных реформ

|                                                                                                                                   |   |                                           |   |                                                                                  |   |         |                                                         |                 |                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------|---|---------|---------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|
| За успех организационих промена није довољно<br>ИМАТИ ВИЗИЈУ И ДОБРУ ВОЉУ.<br>Потребне су конкретне претпоставке и чврста уверења |   |                                           |   |                                                                                  |   |         |                                                         |                 |                                               |
| Визија                                                                                                                            | + | Вештине<br>Искуство<br>Знање              | + | Побуда<br>Подстицај<br>Мотивација<br>Иницијатива                                 | + | Ресурси | +                                                       | Акциони<br>план | = ПРОМЕНЕ                                     |
|                                                                                                                                   |   | Вештине<br>Искуство<br>Знање              | + | Побуда<br>Подстицај<br>Мотивација<br>Иницијатива                                 | + | Ресурси | +                                                       | Акциони<br>план | = КОНФУЗИЈА                                   |
| Визија                                                                                                                            | + |                                           |   | Побуда<br>Подстицај<br>Мотивација<br>Иницијатива                                 | + | Ресурси | +                                                       | Акциони<br>план | = АНКСИОЗНОСТ<br>ЗАБРИНУТОСТ<br>УЗНЕМИРЕНОСТ  |
| Визија                                                                                                                            | + | Вештине<br>Искуство<br>Знање              | + | Побуда<br>Подстицај<br>Мотивација<br>Иницијатива                                 | + | Ресурси |                                                         |                 | = ПОГРЕШАН,<br>ВАРЛЈИВ,<br>НЕТАЧАН<br>ПОЧЕТАК |
| Визија                                                                                                                            | + | Вештине<br>Искуство<br>Знање              | + | Побуда<br>Подстицај<br>Мотивација<br>Иницијатива                                 | + |         |                                                         | Акциони<br>план | = ФРУСТРАЦИЈЕ                                 |
| Визија                                                                                                                            | + | Вештине<br>Искуство<br>Знање              | + |                                                                                  |   | Ресурси | +                                                       | Акциони<br>план | = СПОРЕ<br>ПРОМЕНЕ                            |
| ДА БИ ОРГАНИЗАЦИОНЕ ПРОМЕНЕ УСПЕЛЕ ТРЕБА ИМАТИ:                                                                                   |   |                                           |   |                                                                                  |   |         |                                                         |                 |                                               |
| СТРАТЕГИЈУ<br>за достизање<br>циљева                                                                                              |   | ОРГАНИЗАЦИЈУ<br>за остварење<br>резултата |   | КАДАР<br>- са изграђеним<br>способностима<br>- који зна или је<br>спреман да учи |   |         | РЕСУРСЕ<br>- у потребној мери<br>- правилно распоређене |                 |                                               |
| ПАРТИЦИПАЦИЈУ<br>Кадрови који ће спроводити промене треба и да учествују у њиховом креирању                                       |   |                                           |   |                                                                                  |   |         |                                                         |                 |                                               |

Такође, однос према високообразованим кадровима (посебно оним са наставним, научним и истраживачким звањима који представљају носиоце развоја, а тиме и опстанка) треба унапредити, пре свега у области расподеле (стимулације), у складу са решењима на другим високошколским установама што ће посебно мотивисати млађе кадрове да се опредељују за наставнички и научни тип каријере.

Радностимулативни систем у којем се статус и позиција сваког наставника и руководиоца одређују на основу резултата рада (компетентност, моралност, законитост рада, остварени резултати и сл.), захтева транспарентност и мерљивост остварених резултата.

Унапређење ефикасности и ефективности рада, образовања и усавршавања у Војној академији и њеним катедрама могуће је остварити променом оријентације са „организације вођене правилима“ на „организацију вођену мисијом“ (Andrejić et al, 2011, pp.5-26). Основне предности овакве оријентације могуће је сагледати кроз:

- већу ефикасност,
- већу ефективност,
- повећање иновативности,
- већу флексибилност,
- већу мотивацију запослених и др.

Остварење наведених предности зависи од континуираног спровођења процеса унапређења (стална мала побољшања). Суштински, овај процес се састоји од повећања свести о неопходности промена, са једне стране, и иницирања и управљања тим променама, са друге стране.

Организацију и технологију рада у Војној академији и на УО треба преузети по принципу најбоље праксе („best practice“), а већ преузета решења критички анализирати. Радом управљачког борда (савета) треба обезбедити највиши квалитет високог образовања у Војној академији, коју треба отворити према академској јавности и ставити у позицију такмичења са конкуренцијом.

Оптимизацијом при редизајнирању „non-core“ процеса редуковао би се и број извршилаца на тзв. режијским пословима, а поједини послови били би организовани на outsourcing принципу (нпр. логистички, режијски и општи послови). Редизајнирањем и централизацијом планирања и управљања наставним процесом, а децентрализацијом извршења задатака, организација би се растеретила непотребног административног баласта и постала ефикаснија. Са тог аспекта, у Војној академији би ту централизацију требало извршити на нивоу деканата, а редизајнирани процеси управљања били би фокусирани на кључне ресурсе: кадете (студенте), наставне групе, наставнике, сараднике, учионице, литературу и сл. Уз одређени степен аутоматизације и, на научним основама, редизајниране процесе (Andrejić, 2009, pp.32-53), основне производне јединице – катедре растеретиле би се бројних захтева<sup>13</sup> који могу бити задовољени на

<sup>13</sup> Неопходно је дефинисати информационе потребе Универзитета, Војне академије (односно факултета које треба формирати од ње), Медицинског факултета и других структура у систему одбране и извештајне периоде, а број документа који се захтевају од производних јединица (катедри) рационализовати и максимално смањити. Одређени извештаји које израђују оперативне јединице нису примерени за Војну академију (факултете) и

други начин (аутоматизованим информационим системима<sup>14</sup>, радом органа чија је основна намена да топ менаџмент снабдевају одређеном врстом података и информација (Andrejić et al, 2010, pp.33-61) – плански орган, орган за људске ресурсе, орган логистике, орган за финансије и сл.).

Сходно томе, сви управни органи и пратеће службе (планска, финансијска, логистичка, студентска, интернатска и др.) треба да буду рационализовани, аутоматизовани, организационо модернизовани и у функцији сервиса основне делатности (образовање и истраживање) у Војној академији. Апсурдна ситуација да процеси основне делатности буду нарушавани, а ресурси основне делатности у функцији пратећих служби, није одржива и не доприноси ни квалитету, нити развоју. Напротив, перманентно и озбиљно угрожава систем образовања и истраживања, нарочито када ресурси основне делатности испомажу подршку.

При ангажовању наставног кадра за потребе Војне академије изван њеног састава, треба бити конкурентан у понуди услова и цене рада, уз инсистирање на законитости и квалитету рада, стандардима и принципима.

Пракса континуираног периодичног одржавања стручних скупова и тематских конференција из области од интереса за Војну академију и систем одбране више је него пожељна у Војној академији. Ништа мање пожељно, ако не и преко потребно, јесте постојање одговарајућег научно-стручног часописа (журнала) под ингеренцијом Војне академије или УО.

Кадар који се бави наставничким и истраживачким радом треба стимулисати и адекватним организационим мерама и поступцима подстицати и усмеравати да се усавршава, с обзиром на то да су у односу на претходни период отежани услови за достизање наставних и научних звања, а постоји и реална могућност губитка и постојећег кадра.

Неопходно је континуирано критички анализирати студијске програме и вршити унапређење садржаја у постојећим предметима и отварајући нове предмете, прецизно дефинисати излазна знања и резултат одређеног програма, модула или предмета, а остварене резултате континуирано мерити и упоређивати са пројектованим (планираним).

Такође, едукацији едукатора треба посветити више пажње (кроз активирање андрагошко-педагошких курсева и других облика усавршавања наставника и кроз школовање одређених наставника у ино-

---

не треба инсистирати на њима, јер одузимају много организационе енергије, а не доприносе прокламованим циљевима.

Такође, контроле и инспекције које се односе на борбене јединице и установе нису мерење високошколским јединицама и нису у функцији основне делатности. Просветна инспекција била би сврсисходнија.

<sup>14</sup> Постојећи аутоматизовани информациони системи КАИС, ЛИС – ПАИС, ВЕДИС и ПО-МАК нису довољно присутни, нити експлоатисани у пракси.

странству на престижним универзитетима). Неопходна је модернизација постојећих организационих облика и начина рада<sup>15</sup>, поред осталог и већим укључивањем у наставни процес квалификованог кадра који није стално запослен у Војној академији (са цивилних факултета, из МО и ГШ ВС, укључујући и наставнике из иностранства по основи међународне размене наставника).

Наставник<sup>16</sup> и студент (кадет, слушаалац) треба да буду партнери у процесу стицања знања, при чему треба водити рачуна и о потребама и склоностима слушаалаца. Нови тренд образовног система је перманентно образовање<sup>17</sup>, а нова пословна реалност – свет у којем свако у исто време учи и подучава. Наставници опстају само уколико су менаџери знања који своје студенте (кадете, слушаоце, полазнике и др.) посматрају као клијенте којима образовањем треба помоћи да креирају сопствену будућност<sup>18</sup> у којој свако преузима одговорност за своје запослење и своје слободно време.

Процес усвајања знања треба да прате адекватни уџбеници и друга наставно-образовна литература, наставна средства и помагала. У поступку усвајања наставних садржаја треба да су заступљени подједнако традиционални и савремени начин подучавања, рад у мањим групама уз активно учешће студената (кадета) и већу примену нових наставних метода, техника и техничких средстава, нарочито информатичке опреме<sup>19</sup>, у наставном процесу и научним истраживањима<sup>20</sup>.

Већа индивидуализација наставе омогућиће смањење фонда часова неопходних за усвајање знања, у односу на фонд часова за изборну наставу, чиме би се повећала мотивација студената и слушаалаца за стицање нових и продубљивање постојећих знања (Službeni vojni list, 10/2012).

<sup>15</sup> Модернизација друштва може се постићи реформом образовања уз адекватан наставнички кадар који је спроводи.

<sup>16</sup> Вредност универзитетске наставе јесте у професоровом начину проматрања и његовом личном утицају на духовно изграђивање студената (Арчибалд Рајс).

<sup>17</sup> Свака организација ће постати образовна или ће пропасти (Дон Тапскот).

<sup>18</sup> Области у којима је свима потребна едукација су економија, интернет и језици, као и нови трендови у продаји (продаја образовања уз производ).

<sup>19</sup> Већа примена информатичке и рачунарске технологије отвара могућности за примену симболичких и симулационих модела реалних појава и процеса, чиме се готово анулирају емпиријске методе у истраживачком процесу, али мора постојати мера у поједностављењу појава и процеса како се појава или процес не би превише поједноставили и редуквала суштина, те тако реалне појаве и процеси заменили неадекватним „академским – школским“ моделима.

<sup>20</sup> Данашњи степен развоја науке карактерише и знатна употреба експеримената, модела (укључујући и рачунарске моделе) и математике (математизација науке), а резултати науке се све чешће приказују логичким и математичким моделима и апстрактним изразима. Методе једне науке се, неретко, користе у другим наукама, скраћује се време прелаза сазнања из једне науке у другу и врло брзо се откривају нова сазнања. Граница између теоријских и практичних наука је све мање изражена и јача веза између основних и примењених наука.

Научно-технолошки напредак је, с једне стране, извор „кризе у образовању“, а са друге стране пружа могућности за ефикасну рационализацију наставног рада путем различитих техничких средстава и медија који потпомажу брже и трајније усвајање знања и вештина.

Појам рационализације наставе захвата многе аспекте којима се одређују поступци и методе, средства и облици усавршавања наставног процеса. У суштини, ради се о изналажењу решења за повећање продуктивности, економичности, рентабилности, квалитета и ефективности наставе. Рационализација и даље подразумева научну организацију процеса наставе, што захтева доста знања, искуства и времена, стандардизацију, унификацију и типизацију производа и процеса.

Непрекидно ширење фонда научних знања и техничких достигнућа у области наука одбране и технике налажу да се у војним школама смелије врше преображаји од учења чињеница, према учењу за примену знања у пракси и према развијању способности сталног и самосталног стицања нових знања, било путем наставе или неких од облика самообразовања.

Традиционалан концепт образовања, заснован на фронталном предавању и простом меморисању садржаја, одавно је превазиђен.

Стицајем разних околности, а првенствено услед неадекватног третмана високог образовања и високообразованог кадра у систему одбране<sup>21</sup>, само образовање и институције које образују кадар за потребе система одбране објективно су још увек доминантно ауторитативног карактера, са доминантном улогом наставника и без адекватних услова да у процесу образовања, као активни субјекти, учествују студенти.

Један од крајњих циљева промена у образовању јесте обезбеђење квалитетног образовања<sup>22</sup>. До сада се, углавном, мерило и нормирало само оно што у школе улази, а никада се, сем спорадичних примера оцењивања од стране појединаца, није евалуирала количина знања која се из школе (ВА) износи.

Образовни систем треба да повеже реалан систем одбране, односно привреду и УО. Субјекте образовања, кроз образовни систем, треба припремити да буду равноправни учесници у конкурентском и компетитивном друштву у којем живе.

<sup>21</sup> Уколико наставник високе школе жели да има и сачува високо наставничко звање потребно је, поред великог рада, и да улаже велика новчана средства (књиге, симпозијуми, објављивање радова у домаћим и страним часописима, конференције). Без квалитетног високог образовања нема ни развоја, а без развоја нема ни будућности.

<sup>22</sup> При трагању за новим практичним решењима не треба се ослањати на интуицију већ користити достигнућа науке. Ко се поведе за праксом без теорије, тај је као кормилар који се укрца на лађу без кормила и компаса и никад не зна куда ће стићи (Леонардо да Винчи). Такође, и несврхисходна теорија – теорија која је сама себи циљ губи сваки смисао у оперативној пракси.

У процесу образовања студенте (кадете) и полазнике треба примарно оспособљавати за уочавање односа, а не садржаја, разумевање, а не репродукцију знања, бављење свим аспектима проблема и циљно решавање проблема<sup>23</sup>.

Уместо учења напамет (просто меморисање чињеница које се забораве убрзо након испита) код субјекта образовања треба развијати креативно размишљање и разумевање. У процесу образовања треба избећи некритичност и когнитивни ауторитаризам<sup>24</sup>.

Студенте и слушаоце треба перманентно мотивисати у коришћењу различитих извора знања (живи људи, материјална средства, документа, литература, интернет, простор, време и др.). Треба их подстаћи и подржати у доношењу одлука и решавању типичних проблема у конкретним ситуацијама, уважавањем логистичких аспеката одлучивања, у учењу вештини прикупљања и систематизовања информација из различитих области и извора, вештини селекције и анализирања тих информација, тражењу могућности за решења проблема и деловању према властитом избору (не инсистирање на „државним, институционалним и наставничким” решењима), повезивању сопствених искуства и школског знања. У едукацији је потребно више инсистирати на решавању проблемских ситуација везаних за потенцијалну формацијску дужност и у амбијенту приближном будућем окружењу. При трагању за новим решењима не треба се ослањати на интуицију, већ користити достигнућа науке (Andrejić, et al, 2013, pp.140-147).

У процесу образовања фокус је на активном учењу, на трансферу знања од особа са већим знањем ка особама са мањим знањем. Активно учење подразумева давање одговора на питање: „Шта треба да уради студент – ученик?”, а не „Шта треба да уради наставник?”. Наставник није онај који емитује знање, већ онај који организује процес стицања знања.

У том смислу, систем образовања треба да произилази из потреба система одбране, привреде и друштва. Међутим, није довољно образовати људе само за рад, већ и за управљање и за сврсисходно коришћење слободног времена<sup>25</sup>. Нужно је да се, поред струч-

<sup>23</sup> Учи се путем деловања, посматрања последица, реорганизовања перцепције стварности и поновног деловања, уз елиминацију сувишних и нецелисходних корака и решења.

<sup>24</sup> Треба избећи парадокс да се из ситуације у којој се очекивало да је боље сутра ту иза угла, упадне у ситуацију у којој се јавно тврди да је прошлост била боља (боље стање) и да је важнија од садашњости, да се треба борити за ту прошлост.

<sup>25</sup> У Војној академији на студијском програму ЛОГИСТИКА ОДБРАНЕ, у летњем семестру школске 2013/2014. године отпочела је реализација Програма додатног оспособљавања кадета, усмерена на унапређење личних, организационих и стручних способности кадета, стварање људи високих моралних и културолошких вредности, препознавање и стварање елите. Тренд се наставља и наилази се на позитиван пријем код кадета, а гостујући професори, вођени појмом општег добра и патриотизмом, предавања реализују без новчане надокнаде.

ног знања (вештине), образовањем стичу и духовне (врлине) и културне вредности, навике и способности за даље стваралачко деловање. Неопходно је кроз образовање више радити на концепту који ствара људе високих моралних и културних<sup>26</sup> вредности и концепту који доприноси стварању елите<sup>27</sup>.

Организациону модернизацију УО и високошколских јединица треба вршити перманентно.

У процесу модернизације, у току пројектовања нове структуре високошколских јединица (факултета – не ВА), као и увођења новог производа, треба се придржавати принципа циља, принципа конституције (структуралне и функционалне), принципа организације рада и принципа организације радних места. Свакој озбиљнијој промени треба да претходи израда студије оправданости заснована на интегралном логистичком посматрању производа и услуге кроз читав животни циклус, на целом току и са аспекта квалитета (Andrejić, et al, 2013, pp.140-147), студије изводљивости и студије одрживости на дуже време (подржана скенирањем потреба окружења).

Неопходно је убрзати циркулацију информација и трансфер знања на УО, уз укључивање стејкхолдера из система одбране и са других универзитета, а уз водећу улогу Универзитета одбране. То је начин да се брзо унапреде перформансе система, без додатног улагања ресурса.

На оваквим организационим основама могуће је у перспективи повећати величину серије која се школује у високошколским јединицама УО, па чак и фреквенцију појављивања кадрова који се школују. Тиме би се за исте фиксне трошкове реализовала већа добит, односно повећала ефикасност и ефективност рада, а држава би добила више расположив, поуздан, функционално поуздан и дугорочно одржив систем високог образовања у области одбране.

### *Управљање променама у унапређењу наставног и научног рада*

Управљање променама на УО могуће је уколико је правилно дефинисана мисија, пројектована визија, дефинисани циљеви које треба достићи, резултати које треба остварити (мерљиви), задаци које треба извршити, тежишта и приоритети. Свакако мора постојати адекватна политика функционисања (Andrejić, et al, 2013, pp.140-147) и управљања, стратегија (у алгоритамском облику) за достизање циљева и при-

<sup>26</sup> Ако имамо и чувамо културу, имаћемо и традицију, ако имамо традицију имаћемо и нацију, ако имамо нацију имаћемо и државу.

<sup>27</sup> Без елите нема напретка. Од највиђенијих људи нације (елите) очекује се да преузму одговорност и да дају несебичан допринос напретку нације.

мена јасних принципа: принципи циља, принципи конституције (функционалне и структурне) и принципи функционисања.

Организациона структура и димензионирање ресурса у организацији (УО и високошколске јединице) треба да се хармонизују са сличним решењима у цивилним високошколским установама, а у складу са обимом и карактеристикама захтева који се испољавају, односно задатака који се реализују. Информационе и материјалне токове треба рационализовати на нивоу система одбране (у ужем смислу) као целине (МО и ВС). Приликом увођења и примене стандарда и норми треба уважити тренутно стање у систему, визију развоја и различито наслеђе високошколских јединица у саставу УО. Треба континуирано радити на преиспитивању и усаглашавању достигнутих способности УО и високошколских јединица са потребама оснивача.

Управљање променама подразумева суочавање са изазовима који се могу идентификовати као: недостатак креативности, културолошке и вредносне баријере; групна солидарност, групно мишљење; конформизам у односу на претходно прихваћене норме; структуралне поделе; дистрибуција ауторитета; технологија; филозофија управљања; стил управљања и др.

Човек је доминантни фактор промена, а добро познавање природе људског понашања и унапређење квалитета рада са људима јесу неопходност и мерило свих предузетих акција. С тим у вези, важно је напоменути да је људско понашање узроковано, усмерено и мотивисано, а на њега утичу наслеђе (генетика), средина (васпитање, образовање и друштвени систем вредности) и тренутни мотиви. Људским понашањем може се и треба управљати, користећи сазнања науке.

За откривање, разумевање и превазилажење пасивности у променама (одржавања „*status quo*”) потребно је изабрати адекватан управљачки кадар<sup>28</sup>.

Реакције на промене у организацији могуће је сврстати у следеће категорије:

- прихватање: ентузијастичка сарадња и подршка, сарадња под притиском управљачких структура, пристајање и мирење са судбином;
- индиференција: равнодушност, апатија, губитак интересовања, минимални допринос;
- пасиван отпор: регресивно, стереотипно, протестно понашање, понашање по прескрипцији;
- активан отпор: минимални учинак, успорена активност, повлачење, свесно чињење пропуста, саботажа рада на променама.

<sup>28</sup> Управљачке структуре и стручни кадар који спроводи унапређења треба да буду адекватно интерно прихваћени од производне базе и треба да одражавају производе и услуге које универзитет, односно високошколске јединице производе, односно пружају производну културу и климу.

Веома је важно да се реакције на промене благовремено уче и усмере у правцу остварења резултата и достизања циљева.

У оквиру управљања променама усмереним на унапређење високог образовања, научноистраживачког рада и управљања на УО и високошколским јединицама неопходно је да се решавају и проблеми оптималног распоређивања ресурса (разне врсте) и да се постави информациона основа за њихово обезбеђење, по количини, месту и времену (роковима).

Проблем оптималне расподеле ресурса произилази отуда што се за извршење сваке активности ангажују средства и људство које је могуће ангажовати и на извршењу других активности, па и задатака.

Осим тога, оптимизација се спроводи и због тога да би се избегла већа одступања броја људи и средстава, што може довести до тешкоће приликом њиховог ангажовања и ефикасног коришћења, па чак и до неизвршења одређених задатака и неостварења одређених резултата.

Оптимално решење ангажовања ресурса условљено је усвојеним критеријумом оптимизације и ограничавајућим условима.

Тешкоћа провођења оптимизације расте зависно од пораста броја ограничавајућих фактора, а може се вршити уз уважавање следећих критеријума:

- да се за чврсто задати рок, уз познати обим и врсту задатака, изнађе оптималан план ангажовања ресурса (људских, материјалних, енергетских, финансијских, просторних итд.);
- да се за чврсто задате ресурсе, познати обим и врсту задатака изнађе оптималан рок извршења задатака;
- Да се за познате расположиве ресурсе у задатом временском интервалу изнађе врста и обим задатака које је могуће реализовати уз постизање максималних ефеката (економских, образовних и других).

## Закључак

Однос према сопственој будућности одражава се кроз однос према креативности и знању као највреднијим ресурсима, који у извесној мери могу да надоместе одсуство материјалних и финансијских ресурса, па им је потребно посветити посебну пажњу.

Државе попут Србије могу се успешно такмичити у конкурентском окружењу не оријентацијом на „масу“, већ оријентацијом на „специфичну тежину“, у чему знање као примарни развојни потенцијал свакако може дати највећи допринос.

Управљање и организацију система могуће је побољшати подстицањем промена на микро, мезо и макронивоу, као и професионалним приступом у избору, усавршавању и развоју менаџерског кадра.

Потребе праксе и изазови савременог друштва захтевају да се образовању, истраживањима и менаџменту на УО (и високошколским јединицама универзитета) посвети више пажње и додели већи значај.

Потребно је да се Универзитет одбране више осамостали (управљачки и финансијски) и достигне способност да се препознају и предухитре захтеви потенцијалних корисника производа. Тежиште менаџмента треба да буде на обезбеђењу веће правне и организационе следивости у системским решењима, на већем овладавању процесима, на рационализацији информационих и материјалних токова и на растерећењу основног производног кадра административних послова.

Пре отпочињања великих пројеката везаних за унапређење високог образовања на УО и унапређење управљања треба сагледати шта се може учинити (асортиман и количине производа) са постојећим кадровима, а шта је од кадрова и других ресурса потребно да би се реализовали жељени производи и развојни планови (оправданост, изводљивост, одрживост на дужи време)<sup>29</sup> и јасно дефинисати тежишта и приоритете.

Компаративне предности на којима је могуће заснивати унапређења (постепена побољшања) јесу: знање, искуство, квалитет<sup>30</sup> и нове технологије.

Развој високог образовања и истраживања на УО треба уградити у дугорочни концепт развоја система одбране и високог образовања и научног рада у друштву.

Универзитет одбране треба и даље развијати и јачати, на здравим основама, кроз унапређење квалитета у обављању основне производне делатности, квалитета управљања<sup>31</sup> (нарочито планирања)<sup>32</sup> и увођењем радно-стимулативног система<sup>33</sup>.

Образовни систем и истраживања на УО треба унапређивати у правцу који развија креативно размишљање и разумевање, осећај личне одговорности, критички дух и самосталност и ствара способност за суочавање са изазовима. Свакако, развој патриотизма и љубави према својој земљи и њеног места и улоге у глобалној констелацији снага се подразумевају.

<sup>29</sup> Не сме се дозволити „агенцијско пословање” и изнајмљивање доминантне већине кадрова из других организационих целина система одбране и из цивилних образовних и истраживачких организација за обављање основне делатности УО, јер то води губљењу лиценце за рад.

<sup>30</sup> Неки се квалитети стичу вековима и не могу се надокнадити технологијом.

<sup>31</sup> Решење је већа примена научних достигнућа и упућивање менаџмента на краће курсеве из области менаџмента.

<sup>32</sup> Планирање је иницијална управљачка функција која треба да спречи да систем дође у нежељено стање, односно ако дође да што пре из њега изађе.

<sup>33</sup> Ово системско решење делује мотивишуће на људе, унапређује интерперсоналне односе, доприноси повећању задовољства у раду, иновативности и продуктивности на дужи стазе. Мали распон у платама доводи до пада мотивације и слабљења организационог поверења.

Неопходно је офанзивно промовисати став да улагање у кадар и истраживања није трошак, већ најбоља инвестиција и гаранција успешне и извесне будућности система одбране и друштва, те да нема развоја одбране без улагања у образовање и научноистраживачки рад.

Високо образовање и научноистраживачки рад су комплементарни процеси, па их при пројектовању новог система (структура, димензионирање, односи, токови информација и материјала, надлежности, вредносни систем, расподела) треба третирати заједно, уз уважавање мисије, визије и циљева система (објектни и наменски), просторне, временске и организационо-технолошке димензије, те у друштву прихваћених принципа, стандарда и закона.

Ради унапређења стања у области истраживања и високог образовања на УО неопходно је непрекидно деловање усмерено на:

- подршку остварења циљева вишег система;
- унапређење логистичких аспеката образовања;
- промену структуре, обима и квалитета знања и материјалне базе наставе;
- примену савремених организационих облика и начина (метода) давања и примања знања;
- стварање институционалних могућности за унапређење образовања и научног рада, увођење радностимулативног система и унапређење статуса наставника и истраживача.

Управљање у савременим и успешним организацијама одликује низ карактеристика, а пре свега:

- разни облици групног организовања и рада добијају предност над појединачним радом, а привремене структуре формиране по задатку добијају примат над класичним бирократским структурама,
- професионализација менаџмента и
- вођство, моћ и утицај који све више зависе од способности и знања да се реши проблем, а не од унапред делегираних улога одређених организационом структуром организације.

Уместо контроле рада треба контролисати резултате рада и награђивати остварени резултат.

У данашње време знање и способност су највреднији ресурс. Однос према знању, образовању и памети у току спровођења организационих промена је и однос према властитој будућности. С обзиром на скромне материјалне и финансијске могућности система одбране, само образован, истрајан и енергичан кадар може систем извести из кризе и повећати ефикасност и ефективност функционисања.

Свим организационим променама на почетку се супротставља већина запослених у једној организацији, али касније, када контуре визије постану препознатљиве, нагло се смањује број опонената. На

крају спроведених организационих промена њихови највећи противници настоје да докажу да су они заправо били за те промене, али их други нису правилно схватили, што је у теорији одавно познато, а пракса више пута потврдила.

### *Литература / References*

Andrejić, M., Ljubojević, S., Milenkov, M., 2013, Integralni pristup unapređenju kvaliteta obrazovanja i rada u Vojnoj akademiji i na Univerzitetu odbrane, *Naučno-stručni skup Politehnika-2013*, Beograd, 140-147.

Andrejić, M., Milenkov, M., Sokolović, V., 2010, Logistički informacioni sistem, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 58 (1), 33-61.

Andrejić, M., Radosavljević, R., Arsić, S., 2011, Logističko obrazovanje i obučavanje nelogističkog osoblja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 59 (1), 5-26.

Andrejić, M., Sokolović, V., 2009, Integralna logistička podrška sredstava naoružanja i vojne opreme, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 57(1), 32-53.

Beker, I., et al, 1994, *Sistem kvaliteta-unapređenje-metode i tehnike*, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad.

Heleta M., 2003, *Znanje kao generator promena primenom koncepta TQM*, Knowledge Management, Fakultet za menadžment "Braća Karić", Beograd.

Službeni vojni list, 10/2012, *Pravilnik o kvalitetu na Univerzitetu odbrane*.

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОЕННОЙ АКАДЕМИИ И УНИВЕРСИТЕТА ОБОРОНЫ

ОБЛАСТЬ: Наука управления  
ВИД СТАТЬИ: обзорная статья  
ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

#### *Резюме:*

*Широкие и динамичные организационные изменения, которые в последние годы осуществляются в оборонной сфере, требуют перемен и в областях высшего образования и научных исследований, связанных с обороной. В связи с этим необходимо сформировать интегрированную систему, объединяющую науку, образование, связанную с национальной системой, и которая будет являться самоподдерживающей и сомообновляющейся структурой. Такая система будет полезна не только армии, но и обществу в целом. В целях практической реализации концепции, учрежден Университет Обороны, в качестве государственного ВУЗ-а, в котором преподается и изучается на научной основе данная тематика.*

*Анализ работы Университета Обороны с применением системных и ситуационных методов, путем мониторинга существующих методов работы, потребностей и прогнозных резуль-*

татов, позволяет увидеть возможности для улучшения существующей ситуации в общем, а также для повышения эффективности управления.

Возможности для улучшения ситуации имеются в области урегулирования существующих и национальных нормативно законодательных актов, управления, методов работы, качества как во всей системе в целом, так и в отдельных её элементах.

Ключевые слова: образование, реформирование, интегрированный метод, качество.

## CONTRIBUTION TO WORK AND MANAGEMENT IMPROVEMENT IN THE MILITARY ACADEMY AND THE UNIVERSITY OF DEFENCE

Marko D. Andrejić<sup>a</sup>, Ivana M. Andrejić<sup>b</sup>, Slaviša N. Arsić<sup>a</sup>,  
Srđan D. Ljubojević<sup>a</sup>

<sup>a</sup> University of defence in Belgrade, Military academy,  
Department of logistics

<sup>b</sup> The college of textile design, technology and management – DTM,  
Belgrade

FIELD: Organisational Studies  
ARTICLE TYPE: Review Paper  
ARTICLE LANGUAGE: Serbian

### Summary:

*Robust and dynamic organizational changes that have been carried out in defense in recent years affected the field of higher education and scientific research related to defense. A creation of a new, integrated research and education system, harmonized with the national system, is underway. Such a system will be resilient and partly self-sustaining and useful not only for the defense area, but also for the wider community.*

### Introduction

*Higher education is a very important part of the strategy of power and the influence of a real defense system. Creativity as a basic resource produces innovations which can enhance and improve the defense system.*

*Organizational changes in the country over the last decade did not miss its defense system, an important state function and the field of objective social reality. The most important change in the defense system has resulted in the formation of the UD.*

Approach to improving teaching and scientific work at the Military academy and the University of Defence

*Education should not be seen as a cost but as an investment, seriously prepared in the adequate organizational environment (Andrejić et al, 2011, pp.5-26). As a result, the improvement of the quality of education and research at the UD should be aligned with the long-term development concept of the defense system and the society as a whole, taking into account the technology of the process of education and training since fast, cheap and, at the same time, high- quality solutions in education are not known.*

*It is possible to achieve a necessary flexibility in response to significant technological and organizational challenges by improving and developing new programs to meet the needs of practice.*

Institutional framework for the advancement of teaching and scientific work in the Military Academy and the University of Defence

*Before applying organizational measures and procedures aimed at improving the quality of education and research at the Military academy, it is necessary to know the relevant factors and preconditions of organizational changes.*

*From the production-process point of view, it is necessary to reduce the range of products provided by the UD and to gradually specialize in certain products, in order to ensure internal and external competitiveness. In this regard, it is necessary to create conditions so that lecturers of methodological and theoretical academic general education courses at the UD are experts from relevant civilian universities while the UD and the Military Academy in particular should develop teaching and research human resources for scientific-professional and professional-applied science courses.*

*The main activity and the purpose of the Military Academy should be clear to an objective and independent observer from outside the Academy. Within the Military Academy, all functions and business processes should aim at quality higher education and research in the field of defense.*

*In accordance with the requirements of time, a conceptual orientation and the nature of the University itself, the academic spirit and freedom must take precedence over professional aspects of education (performance of training centers and colleges of professional studies). At the same time, higher operating efficiency and effectiveness are necessary to reach strict criteria and requirements of the modern academic environment.*

Management of changes to improve the teaching and scientific work at the Military Academy and the University of Defence

*Change management involves coping with challenges that can be identified as: lack of creativity and value or cultural barriers; group solidarity, group thinking; conformity in relation to the previously accepted norms; structural divisions; distribution of authority; technology; philosophy of management; management style, etc.*

*The man is the dominant factor of changes and good understanding of the nature of human behavior is a necessity and the measure of all actions taken. For detecting, understanding and overcoming the passivity of change (maintaining the "status quo"), it is necessary to choose adequate management staff.*

#### Conclusion

*The management and organization of the system can be improved by encouraging changes at the micro, meso and macro levels and by professional approach in the selection, training and development of managers.*

*The University of Defence needs to be further developed and strengthened through the improvement of quality in the performance of primary activities, quality management and planning and the introduction of a labor - stimulating system.*

*The comparative advantages on which it is possible to base the changes are: knowledge, experience and "know how".*

*The attitude towards one's own future is reflected in the attitude towards creativity and knowledge as the most valuable resources, which can, to some extent, compensate for the lack of material resources - therefore, they need special attention.*

Key words: education, change, integrated approach, quality.

---

Датум пријема чланка / Paper received on / Дата получения работы: 30. 10. 2014.  
Датум достављања исправки рукописа / Manuscript corrections submitted on / Дата  
получения исправленной версии работы: 07. 12. 2014.  
Датум коначног прихватања чланка за објављивање / Paper accepted for publishing  
on / Дата окончательного согласования работы: 09. 12. 2014.

## INTRODUCTION OF THE UNIFIED COMMUNICATIONS INFORMATION SYSTEM E-112

Drage T. Petreski<sup>a</sup>, Andrej P. Iliev<sup>a</sup>, Aleksandra D. Petreska<sup>b</sup>  
<sup>a</sup> Military Academy „General Mihailo Apostolski“, Skopje,  
Republic of Macedonia,

e-mail: drage\_petreski@yahoo.com, andrej220578@gmail.com

<sup>b</sup> Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,  
Skopje, e-mail: petreska\_aleksandra@yahoo.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-6818

FIELD: Defense Management, Crisis Management

ARTICLE TYPE: Professional Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

### Abstract:

*The introduction of the European emergency number 112 in the Republic of Macedonia should provide benefits that will be implemented and regulated in accordance with the European legislative framework. This number has already provided numerous benefits to all member states of the European Union. Its implementation should be supported by the introduction of the latest technology information and communication solutions, hardware and software solutions tailored to the situation in the country. It will replace four current phone numbers for emergency calls that are a responsibility of the Ministry of Interior (192), local fire units (193), emergency care (194) and the Center for Crisis Management (195). These numbers are planned to be replaced by the European emergency number 112 together with its full implementation into the integrated information - communication center.*

*Key words: European number 112; solutions; information systems; implementation; countries; communities; benefit; unification.*

## Introduction

The introduction of the European emergency call number E – 112 is one of the major projects which are implemented by the Centre for Crisis Management of the Republic of Macedonia, based on the Law for Crisis

Management of the Republic of Macedonia (Official Gazette, 29/2005), Amending the Law for Crisis Management (Official Gazette, 36/2011) and the Law for Electronic Communications (Official Gazette, 39/2014).

The Center for Crisis Management is the most responsible state body for the implementation of the single communication information system for emergency calls E-112. This project is an inter-ministerial activity which will be realized and implemented in cooperation with various entities in our state that have responsibilities in this segment.

The first phase of the task is completed, which includes the activities of the inter-agency project and the responsibilities of several state bodies. The activities of the second phase include fully implementing and introducing the use of E-112 and also the tasks that cover the part of the state administration.

The introduction of the use of this number is the duty and obligation of every country-candidate for a membership in the European Union, which, at the time for obtaining a status for a country member of the EU, should have introduced this number in operational use.

The Agency for Electronic Communications based on a Plan for public communications networks and services in the Republic of Macedonia (Official Gazette, 143/2009) has adopted Decision No. 07-588/4 from 25.05.2012, which represents the main legal regulations for awarding this number to the Center for Crisis Management of the Republic of Macedonia.

Besides the current phone numbers for emergency calls, closely related to number 112 are: Law for Fire Protection, Law for Health Insurance, Law for Protection and Rescue, Police Law and the competencies of several NGOs.

One of the reasons for introducing 112 into many countries around the world represents the growing efforts of relevant departments to deal with many risks that took place in the past as well as in the present.

Generally speaking, the world has shown very serious institutional and organizational weaknesses, especially in the protection of population, environment and material wealth during frequent accidents, hazards and disasters. Precisely for these reasons, both at the national and international level, developed states, first on their own and then united with other states, made efforts to strengthen their own capacity building and skills for quick and more efficient response to possible dangers. People are increasingly faced with non-traditional forms and types of risks such as: global terrorism, drug trafficking, illegal weapons, dangers from weapons of mass destruction, infectious diseases and epidemics of large-scale, unemployment, poverty and other social problems, consequences of global climate change, natural disasters, environmental degradation, technical and technological disasters, industrial hazards and other dangers.

In all these challenges, there is an active participation of international organizations such as: United Nations (UN), European Union (EU) and NATO, which through their institutional mechanisms, specific measures and actions plan preventive measures to reduce the risks of disasters worldwide. The decade of 2005 – 2015 is a period of strengthening the resilience of many NATO and EU countries.

By adopting the concept of National Security and Defense, they expressed the need for the construction of a new modern system which provides a higher level of security and protection of citizens and their property. The establishment of the system will achieve a full and complete compatibility and interoperability with most European and global security systems. Among other things, the purpose and the basic function of this system are the terms of prevention, early warning and dealing with all the possible risks and hazards, providing faster and more efficient response for their elimination. (Official Gazette, 40/2003).

The basis of the whole system is providing a consistent level of coordination, cooperation and communication of all relevant entities, ongoing assessment of the risks and dangers as well as fast, timely, complete and effective response to all relevant entities with appropriate use of available resources in states.

We are witnessing a number of changes and amendments to EU legislation, harmonization and improvement of the characteristics and standards of the national legislation with the EU. The imperative for the implementation of the universal European emergency number 112 is a necessary requirement for prospective countries wishing to join the EU. The telephone number 112 is a universal number constantly updated and upgraded with standards that represent a new generation of 112, with applying the best practices that have taken the best and the most efficient models in Europe that are incorporated as a standard.

## Characteristics of emergency call numbers

The organization and functioning of all current phone numbers for emergency calls are established through 24-hour shifts with the following telephone numbers: 192 - phone number for emergency calls to the Ministry of Interior, 193 - phone number for emergency calls to territorial units for fire protection 194 - phone number for emergency calls of medical assistance and 195 - phone number for emergency calls to the Centre for Crisis Management in the RM. This is available with free dialing from all means of telecommunications (fixed and mobile telephony) covering the whole territory of the Republic of Macedonia, 24 hours and 365 days of the year.

All four phone numbers for emergency calls at this time are organized and operate without a full and complete telecommunication and information

connectivity, without a possibility of automatic switching - routing the call from one service to another, although they cooperate with each other manually.

The organization and operation of the state bodies, administration and the 35 regional offices of the organization that cover all the territory are divided into eight planning and statistical regions.

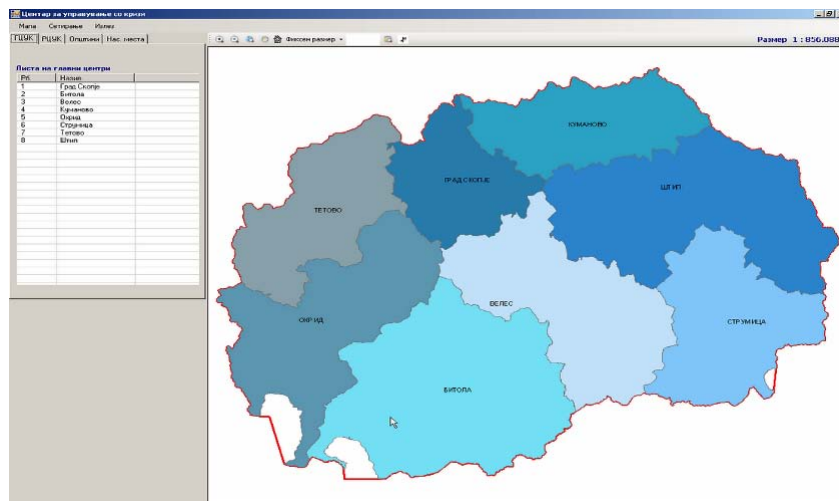


Figure 1 – Organization model with eight departments in CMC and MOI

Slika 1 – Organizacioni model sa osam sektora u CUK i MUP

Рис. 1 – Организационная модель, объединяющая 8 департаментов ЦКС и МВД

The coverage and the ability to dial the phone number 195 from any place in the Republic of Macedonia is provided through one of these eight operating centers and an emergency response will be provided to each call.

According to the Regulation on the type of data and information on the manner and procedure for their submission to the Center for Crisis Management, through the State duty operational center in Skopje, the information from all major regional centers, institutions (government and private) is shared at a local and national level, as well as to nongovernmental organizations and civic associations. After preparing a national report or daily information on the current situation, they forward this information to the Government, relevant ministries, government departments and agencies, international institutions in the country, some embassies and other state institutions (Official Gazette, 09/2007).

The emergency number 195 of the Center for Crisis Management is commonly used in cases of emergency which is not directly related to one of the emergency services of police, fire department or emergency medical service assistance. Typical cases of the emergency number 195 are the interruption of power supply, water supply problems, large snowfalls, technical or environmental accidents or explosions and other hazards.

### *Ability to integrate telephone numbers for Emergency calls in a single emergency number*

The operating center for the emergency calls E-112 will have a major impact with each other telecom operators. They will have an impact on standards and characteristics to meet the E-112, and that will be a selection of the best and most suitable service providers. Telecom operators should be obliged to deliver all existing calls to the emergency numbers 192, 193, 194 and 195 and the new 112 number directly to the center for emergency calls. Telecom operators will also have a responsibility to deliver additional information for each call, such as information on the caller's location.

There are currently more mobile telecom operators such as: T-Mobile, owned by Deutsche Telecom, ONE owned by Slovenia and Austria and VIP. Land line operators are: Macedonian Telecom partly owned by Deutsche Telecom, NeoTel of NeoComm, ONE -Slovenija, Blizoo-Fiber Power and other operators in accordance with the provision of electronic communications services for citizens which can use the interconnection services to other operators (Official Gazette, 39/2014).

Communication systems are organized and function in this moment by operators for telephone numbers for emergency calls in Macedonia with: Tetra system, analog radio systems and mobile telephony - GSM, fax and landline phone lines.

Previously listed phone numbers for emergency calls (192,193,194 and 195), which are currently operating in the country, are phone numbers that are functioning independently and they are not connected to a common communication system. They have no common communication support, collaboration and joint automatic dispatching. The large percentage of the capacity of telephone numbers cannot respond in case of major hazards and risks arising in the country, which is especially the case with the capacity of the telephone number 195.

### *European emergency number 112*

For dealing with risks and hazards presenting danger to the population, a crises management system has been organized for prevention and early warning activities which pose a risk to the property, health and life of humans and animals and other risks and hazards that directly threaten the constitutional order and security of the Republic of Macedonia, or a part of it. According to the Law for Crisis Management, this includes information gathering, assessment, situation analysis, setting goals and objectives, developing and implementation of the necessary actions for prevention, early warning and crisis management (Official Gazette, 29/2005 and the Official Gazette, 36/2011).

The Center for Crisis Management is a professional, organizational and administrative support to the two bodies of the Government – the Steering Committee and the Assessment Group. Pursuant to Article 40 of the Law for Crisis Management, the Center is an independent state authority with a responsibility for the implementation of the European emergency number E-112. The establishment of E-112 and the introduction of a single emergency number in Macedonia in accordance with the Law for Crisis Management is regulated and determined necessary by Chapter V in Articles 37 to 41 in the National Law to ensure continuous communication, coordination and cooperation in collecting data and information, analysis, and submission information about the risks and dangers that may threaten the security of the state. In order to provide timely actions of all relevant agencies, including all the necessary and available resources, it is necessary to fulfill one of the important criteria - the functioning of 112. Therefore, the Crisis Management Law has to deal with the introduction, application and development of a geographical information system.

The implementation of the E-112 is an obligation and a right for the users of electronic communications networks and services in the EU member states, which are required to implement the single European emergency number E-112.

The Republic of Macedonia is interested in introducing the use of the European emergency number and complies with current European standards.



Figure 2 – The territorial division of the Republic of Macedonia Municipalities

Slika 2 – Teritorijalna podela Republike Makedonije po opštinama

Рис. 2 – Административно-территориальное деление Республики Македония

Introducing the European emergency number 112 in each country involves numerous activities such as popularization, informing the population and residents throughout the state with the role, tasks and the objective which must be achieved as well as the obligations for holders of

implementation before its introduction into service. Awareness of the public and all citizens has a crucial importance for better and more efficient operating. (Official Journal of the European Communities, 108/51, 2002), (Official Journal of the European Communities, L337/11, 2009).

Informing all the categories of people and state institutions is important for the representatives of 81 units of local self-government and municipalities in the country.

With introducing the use of this number, The Republic of Macedonia will have to mark the European Day of 112 and also a holiday which is February 11th. It should be another interesting event to promote the tasks and the role of 112.

People learn about the possibility of using 112 as an important tool for getting SMS messages to the mobile device when they enter the country. It is a daily practice that can be seen on entering each of the EU countries. A feasibility study of the characteristics of the Macedonian situation provides the basic tasks and functions that will attain 112. These include emergency services and assistance such as police, fire protection units, Emergency Department, Directorate for Protection and Rescue Center, crisis management and additional AMSM - Office road assistance, Customs Agency for Electronic communications and other services. Popularization and introduction of the role of each of these services is also in citizens' interest.

The majority of EU normative acts are related to the European Association for Emergency Numbers - EENA, which has its own role and the responsibility to assist countries in adapting and implementing international normative acts of the European Union and the competent committee.

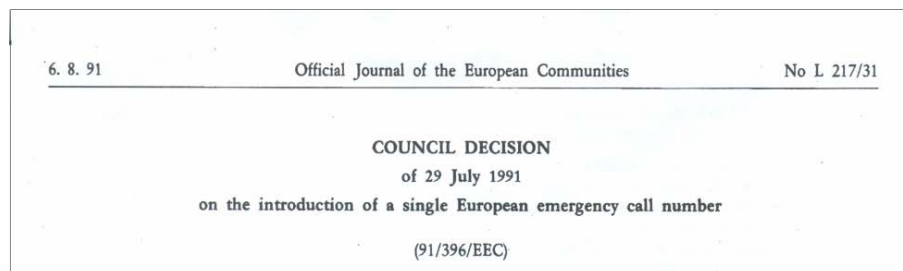


Figure 3 – EU Official Journal introducing the use of E-112  
Slika 3 – Službeni list Evropske unije za uvođenje u upotrebu E-112  
Рис. – Официальный журнал ЕС, Директива «Системы Е-112»

(The Council of the European Union, Council Decision 91/396/EEC, Official Journal of the European Communities, L 217/31, 1991). The international norm related to this topic gives many international decisions, directives and regulations, requiring that all EU member states ensure that the number 112 is used in public telephone networks as a single European emergency number (<http://www.eena.org>).

The Member States were asked to introduce the single European emergency number 112 for their emergency services to be more accessible to all people in need of emergency assistance. The single European emergency number 112 works in parallel with the existing national numbers in most of the countries and must not replace the existing national emergency numbers.

Each year, Europeans make around 1.25 billion journeys in different forms in the European Union. That means that a large number of travelers may face emergencies and may need help from (EENA Operations Document Multilingual 112 Calls, 2012).

There are more than 200 million migrants in the world. Europe receives the largest number of migrants - about 70.6 million people (International Organization for Migration, 2005).

These are numbers that cannot be ignored because it is necessary to have an effective, publicly recognized, connected and accessible organization or service that will answer to all these possible requirements.

Remembering different phone numbers in different countries was a problem for travelers especially when their safety or life was threatened and they required assistance. The compatibility of standards in all countries will enable all people to get assistance no matter where they are.

The EENA is a European association founded in 1999, dedicated to promoting the provision of high quality services in emergency cases, which are obtained through the number 112. It assists and provides services in determining the manner of organization and management in case of emergency and the use of 112. It promotes solutions of various EU Member States that develop different models of organization and functioning of 112. It assists in quality solutions and emergency responses of competent bodies and services.

It helps bringing national and international laws in all countries.

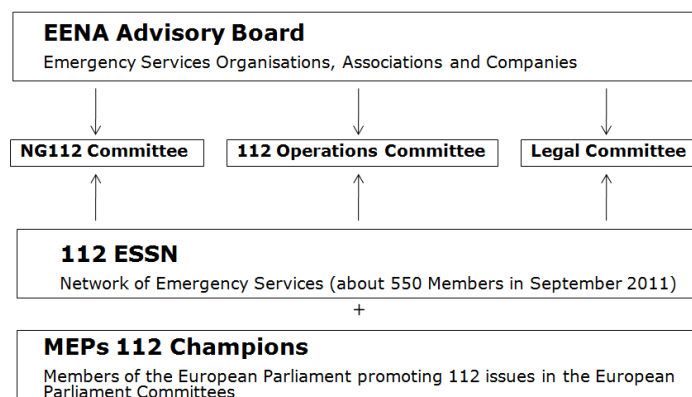


Figure 4 – Structure of the European association EENA

Slika 4 – Struktura evropske asocijacije EENA

Рис. 4 – Структура Европейской ассоциации экстренных служб EENA

The EENA helps promoting and establishing effective systems for reporting emergencies to citizens. The EENA membership includes the access to about 630 different associations for emergency services, represented by more than 40 European countries, 50 different solutions organizations, other international organizations and associations, and 28 Member States of the European Union and Parliament (EENA Operations Document 112 Accessibility for People with Disabilities, 2012).



Figure 5 - The symbol of the EENA -112 Associations

Slika 5 – Simbol EEHA – 112 udruženja

Рис. 5 – Логотип ЕЕНА – 112 (Единый номер экстренной службы)

In its work, the EENA brings relevant agencies, state authorities, individuals and organizations together. The Advisory Board (Advisory board of EENA) brings together politicians, associations, international organizations and those who provide solutions aimed at implementing and improving the chain of network E-112 for emergency services of individuals or services which can strengthen the public services in shared experiences and best practices shown (Communications Committee, Implementation of the European emergency number 112, 2014).

With 112, the Members of European Parliament have a network dedicated to promoting better communication between competent authorities as well as between citizens in case of danger and urgency.

The EENA annually holds round tables, conferences, workshops, and video conferencing with invitations to participants to share and exchange their experiences.

Last year the conference was held in Riga – Latvia and this year the conference was held in Warsaw, Poland, from 02-04 April 2014. The exchange of different national experiences, suggestions and solutions is available on the Internet site of the EENA for all its members. It is an opportunity to identify and share lessons learned from different countries and authorities.

The last major activity conducted by the EENA is introducing a new standard of an agreed call. So far this has been an agreed pilot project in eight Member States of the EU, which started last year with the

implementation of this new project as a pilot standard. This project proposes the establishment of requirements for all vehicles in traffic to install a modem, which would, in case of an accident and collision, immediately and automatically send a signal to the center of the E-112 to the emergency response and rescue team (Caller Location in Support of Emergency Services, Next Generation 112, 2012). The implementation of this project is to help and to mitigate the consequences of severe accidents in the EU. Automatic dialing of any vehicle that has suffered a serious car accident through the center 112 will become operational by the end of 2015. It needs to enable full compatibility, interoperability and continuity equally to all member states and it should be an improvement in road security systems to help and prevent loss of lives and injuries (EENA Operations Document - Caller Location in Support of Emergency Services, Next Generation 112 (NG112) - Introduction to Next Generation Emergency Services in Europe, [Internet], Available at: <http://www.eena.org/pages/ng-112>).

### *Achieved level of introducing the E-112 in the Republic of Macedonia*

On the basis of the international tender from August 2008, a feasibility study for the E-112 in RM has been prepared. The study has been produced by a chosen consulting company, Herman Buehler GmbH from Austria. It incorporates features that need to be fulfilled for the introduction of the E-112 as well as the course and characteristics of the implementation of the E-112.

The Government set up a Steering Committee to supervise the feasibility study prepared by the consulting company, which was composed of members from relevant government entities - Center for Crisis Management, Ministry of Interior, Ministry of Health, Ministry of Transport and Communications, Directorate for protection and Rescue, Agency for Electronic communications, etc. The feasibility study was approved by the Government.

The information for the final report of the Supervisory Board to supervise the Feasibility Study System Emergency E-112 of the Republic of Macedonia was that two stages were planned in the 112 implementation. The first phase was the conceptual definition of the E-112, while the second stage was the implementation of the E-112. Since the adoption of the feasibility study, several possible options have been proposed on how the Macedonian model will be functioning. The organization and the decision on accepting the best model for the organization and functioning of the E-112 operating center are shown in this figure.



Figure 6 - Proposed and adopted solution for the organization of 112 in the RM according to the Feasibility Study

Slika 6 – Predlog i usvojeno rešenje za organizovanje 112 u RM Prema Fizibiliti studiji

Рис. 6 - Решение по организации системы E-112 на территории Республики Македония, согласованное с технико-экономическим обоснованием

The implementation of the E-112 will need to cover all the latest and final solutions of the full technology infrastructure installed in the hardware and software systems and necessary equipment.

The feasibility study was provided based on three regional operating centers and emergency calls in: Skopje, Stip and Prilep. The Center for Crisis Management will have the same infrastructure software, hardware and connectivity as well as these three operational centers, for full and complete logistical, technical, professional and administrative support to the Steering Committee and the Assessment Group, as separate bodies of the government in case of major risks and possible disasters.

The image below provides the coverage of the zones of three operational centers in Skopje, Stip and Prilep. In case of the interruption of work for any reason in any of these centers, the other two operational centers will be able to take over work for its territory and population. This is a "back up" solution for full and complete coverage in case of emergency. In such cases, there is an opportunity to divert calls by operators.

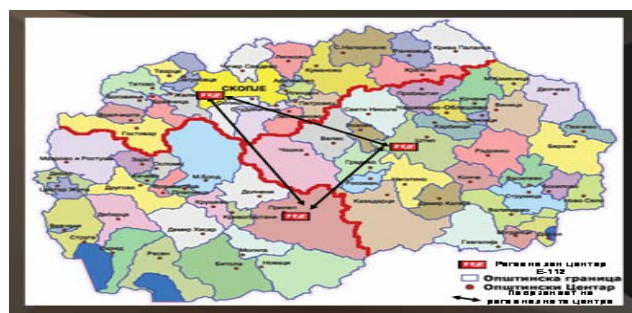


Figure 7 – Situation in the Operating centers E-112 in the Republic of Macedonia

Slika 7 – Postavljenost operativnih centara E-112 u Republici Makedoniji

Рис. 7 – Места расположения оперативных пунктов системы E-112 на территории Республики Македония

The modern E-112 communication and information system also includes a sophisticated Geographic Information System - GIS. It is dealt with in Chapter V of the Law for Crisis Management, under the heading on communication and coordination which is related to the E-112 communication and information system (Official Gazette, 29/2005 and Official Gazette, 36/2011).

The development and application of the technology for the Geographic Information System - GIS started in 2008. Devastating fires in 2007 indicated a need to use this modern method for spatial presentation and overview of conditions and events, with a detailed map showing the location of the closest available units and decision makers in rescue activities. The platform will be based on a software system and GIS server tools for the development of desktop applications for data entry in the geodatabase and a WEB application browser. The purpose of this is to accelerate and systematically improve the access to information to the Center for Crisis Management and to create daily analyses.

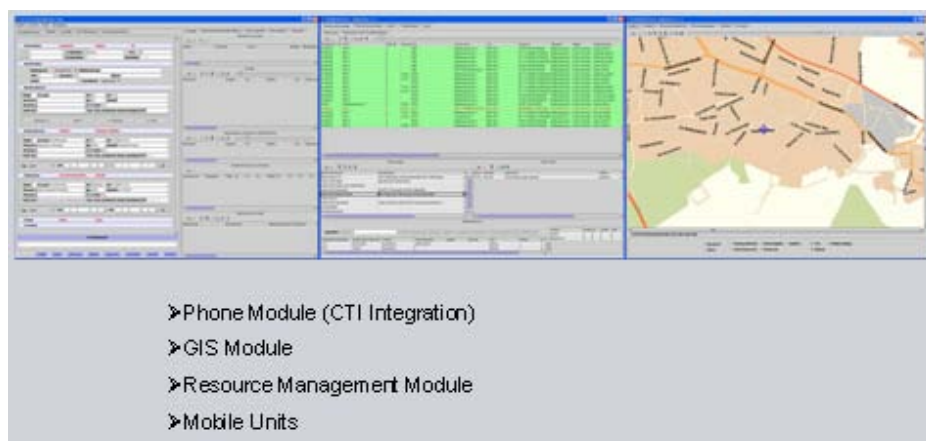


Figure 8 - Models of three monitor displays depending on the E-112 operator's needs

Slika 8 – Model prikazivanja događaja prema potrebi operatora E-112

Рис. 8 – Модели происшествий, выведенные на монитор диспетчера системы E-112

Figure 8 shows the features of the software model for filling an E-112 event report, the base management and resources of the E-112 for the event location, as well as the geographic information system with a detailed map and the location of the closest available units.

The Center for Crisis Management should have a key role in providing the fastest, most efficient and comprehensive way of intervention of all relevant operating entities in order to ensure the use of appropriate resources required proportionally to the intensity, severity and nature of the threat.

The basic requirements are met by introducing the use of the E-112 emergency number. Meeting the prescribed European standards should be specified in the national laws through harmonizing all services involved with current phone numbers for emergency calls with E-112.

## Conclusion

This inter-ministerial project of the Republic of Macedonia for its candidate status in NATO and the EU is mandatory.

A single phone number for emergency E-112 is simple, easy-to-memorize, popularized not only by the EU Member States, but also in our country. The project implementation and financial implications will be around six to seven million euros.

Functioning with a reduced number of employees in comparison to the current situation with a united service for emergency calls will be the final benefit for more effective work and financial savings that will be achieved.

The experiences in the 28 EU Member States that have implemented a variety of ways consistent with their national and required European standards gave positive effects. It can be noticed that, except for the emergency call number E-112, there are other national numbers. Only in these six countries: Denmark, Finland, Iceland, Netherlands, Romania and Sweden, the number E-112 exists as a single emergency call number (EENA NG 112 Document, Next Generation 112 Long Term Definition, [Internet], Available at: <http://www.icpem.net/LinkClick.aspx>).

This project has also been introduced in the countries such as: Serbia, Montenegro, Bosnia and Herzegovina, Croatia and other states but without meeting any standards.

Accepting the solution applied in the majority of the countries on the European continent, and achieved compatibility with all these countries is a sufficient argument for this project to be implemented as soon as possible in order to bring all the benefits in increased security for the citizens and protection of material goods.

## References

Communications Committee, 2014, *Implementation of the European emergency number 112 – Results of the seventh data-gathering round*, Brussels, European Commission.

EENA Operations Document - *Multilingual 112 Calls*, [Internet], Available at: [http://www.eena.org/ressource/static/files/2012\\_01\\_25\\_3-1-4\\_mic\\_v1.0\\_abstract.pdf](http://www.eena.org/ressource/static/files/2012_01_25_3-1-4_mic_v1.0_abstract.pdf), Accessed: 04.01.2014

EENA NG 112 Document, *Next Generation 112 Long Term Definition*, [Internet], Available at: [http://www.icpem.net/LinkClick.aspx?fileticket=eG\\_L4ieP0us%3D&tabid=107&mid=588](http://www.icpem.net/LinkClick.aspx?fileticket=eG_L4ieP0us%3D&tabid=107&mid=588), Accessed: 04.01.2014

EENA Operations Document - *112 Accessibility for People with Disabilities*, [Internet], Available at: [http://www.eena.org/uploads/gallery/files/operations\\_documents/2012\\_01\\_13\\_112accessibilityforpeoplewithdisabilities.pdf](http://www.eena.org/uploads/gallery/files/operations_documents/2012_01_13_112accessibilityforpeoplewithdisabilities.pdf), Accessed: 24.01.2013

EENA Operations Document - *Caller Location in Support of Emergency Services, Next Generation 112 (NG112) - Introduction to Next Generation Emergency Services in Europe*, [Internet], Available at: <http://www.eena.org/pages/ng-112>, Accessed: 23.01.2013 <http://www.eena.org>

International Organization for Migration, 2005, *World Migration 2005*, Geneva, International Organization for Migration.

Official Gazette of the Republic of Macedonia, 40/2003, Conception for national security and defence, Skopje, State Enterprise "Official Gazette".

Official Gazette of the Republic of Macedonia, 29/2005, The Law for Crisis Management, Skopje, State Enterprise "Official Gazette".

Official Gazette of the Republic of Macedonia, 09/2007, Regulation for type of data and information on the manner and procedure for submission to the Center for Crisis Management, Skopje, State Enterprise "Official Gazette".

Official Gazette of the Republic of Macedonia, 143/2009, Plan for public communications networks and services in Republic of Macedonia, Skopje, State Enterprise "Official Gazette".

Official Gazette of the Republic of Macedonia, 36/2011, Amending Law for the Crisis Management, Skopje, State Enterprise "Official Gazette".

Official Gazette of the Republic of Macedonia, 39/2014, Law for Electronic Communications, Skopje, State Enterprise "Official Gazette".

Official Journal of the European Communities L217/31, 1991, The Council of the European Union, *Council Decision 91/396/EEC on the introduction of a single European emergency call number*, Brussels.

Official Journal of the European Communities, L108/51, 2002, The European parliament and the Council of the European Union, *Directive 2002/22/EC on universal service and users' rights relating to electronic communications network and services*.

Official Journal of the European Communities L337/11, 2009, The European Parliament and the Council of the European Union, *Directive 2009/136/EC*.

## ВНЕДРЕНИЕ ЕДИНОЙ КОММУНИКАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ E-112

ОБЛАСТЬ: управление защитой, кризис-менеджмент

ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

### Краткое содержание:

*Внедрение единого европейского номера 112 по экстренным происшествиям на территории Республики Македония будет произведено в соответствии с европейскими стандартами и законодательными актами ЕС, с целью улучшения системы защиты населения.*

*Преимущество внедрения единого номера 112 по экстренным происшествиям подтверждены Советом Европы и введены данной информационно-коммуникационной системы странами Евросоюза.*

*Внедрение данной системы должно поддерживаться новейшими компьютерными технологиями и прогрессивным программным обеспечением, согласованными с возможностями государства.*

*Необходимо объединить существующие телефонные номера по экстренным происшествиям, такие как: Министерство*

полиции (192), Пожарной охраны (193), Скорой медицинской помощи (194), Центра управления в кризисных ситуациях (195).

Планируется заменить существующие номера по экстренным происшествиям единым европейским номером 112, интегрированным в общую информационно-коммуникационную систему Евросоюза.

Ключевые слова: единый европейский номер E-112, решение, информационная система, внедрение, страны, сообщества, польза, объединение.

## UVOĐENJE JEDINSTVENOG KOMUNIKACIJSKOG INFORMACIONOG SISTEMA E-112

OBLAST: menadžment u odbrani, krizni menadžment

VRSTA ČLANKA: stručni članak

JEZIK ČLANKA: engleski

Sažetak:

*Uvođenje evropskog broja za hitne događaje 112 u Republici Makedoniji treba da omogući poboljšanje, koje će biti implementirano, uređeno i u saglasnosti sa evropskom zakonodavnom regulativom. Dokaz za to jesu brojni benefiti ostvareni tokom višegodišnjeg postojanja broja 112 u državama članicama Evropske unije. Ovaj broj predstavlja integrisanu i jedinstvenu funkcionalnu i informatičko-komunikacijsku celinu. Njegovo uvođenje treba da bude podržano najnovijom tehnologijom informatičko-komunikacijskih rešenja, hardverske opreme, kao i softverskih rešenja prilagođenih uslovima države. Biće objedinjena sadašnja četiri telefonska broja za hitne događaje, koji su pod kontrolom Ministarstva policije (192), lokalnih protivpožarnih jedinica (193), Hitne medicinske pomoći (194) i Centra za upravljanje krizom (195). Predviđa se da brojevi budu zamenjeni uključivanjem u rad i potpunom implementacijom evropskog broja za hitne događaje 112 u integrisan informatičko-komunikacijski sistem.*

Ključne reči: evropski broj E-112, rešenja, informacioni sistemi, izvršenje, zemlje, zajednice, korist, ujedinjenje.

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 27. 09. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 27. 10. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 29. 10. 2014.

# KOMUNIKACIJA U INDUSTRIJI PRIMJENOM PROFINET PROTOKOLA

Adnan M. Mulaosmanović  
Global Ispat Koksna Industrija Lukavac,  
Bosna i Hercegovina  
e-adresa: adnan.mulaosmanovic@gmail.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-6586

OBLAST: automatika, telekomunikacije, industrijski softver  
VRSTA ČLANKA: stručni članak  
JEZIK ČLANKA: srpski

## Sažetak:

*U ovom radu govorit će se o PROFINET komunikaciji koja se koristi u industriji za potrebe komunikacije između različitih elemenata unutar sistema praćenja i regulacije proizvodnih procesa. PROFINET protokol se temelji na industrijskom Ethernetu i omogućava korištenje TCP/IP standarda, čime se omogućavaju velike poslovne pogodnosti u toku životnog ciklusa proizvodnog pogona. Takođe, PROFINET se zasniva na svim iskustvima sa PROFIBUS-om, te ide korak dalje u svojoj fleksibilnosti poboljšavajući performanse. Sa PROFINET-om je omogućena integracija različite upravljačke opreme od pogonskog nivoa pa sve do kontrolnog nivoa. Koncept PROFINET-a zadovoljava sve zahtjeve industrijske automatizacije i može se koristiti za procesnu automatizaciju koja zahtjeva brzo vrijeme reakcije, tj. vremena ispod 100 ms. Za potrebe drugih aplikacija, kao što je sinhronizirana kontrola kretanja, omogućeno je vrijeme reakcije manje od 1 ms, a za potrebe sigurnosnih aplikacija moguće je koristiti PROFIsafe koji je integrisan u PROFINET.*

Ključne reči: PROFINET, mreže, industrija, automatizacija.

## Uvod

Industrijski sistemi sami po sebi su vrlo složeni, pa je neminovna njihova podjela na dijelove koji se međusobno nadopunjuju i komuniciraju preko protokola o kojima će biti više riječi u samom nastavku rada.

Osnovni uslov industrijske automatizacije sistema jeste rad u realnom vremenu, kao i pouzdanost, za razliku od poslovne mreže gdje je primarni uslov visoka propusnost i niski operativni troškovi. Industrijski Ethernet, kao što se može vidjeti iz samog naziva, bazira se na već opštepoznatom Ethernet protokolu iz poslovnih računarskih mreža, namijenjenom za industrijske aplikacije. PC (Personal Computer) računari i ostala periferna

oprema (uključujući printere, različite skenere i čitače kartica) preselili su se u industrijsko područje, gdje korišteni sa inteligentnim svičevima (skretnicama) i ruterima Ethernet postaje sve prihvaćeniji i za to nema nikakvih prepreka. Ethernet/IP (IP – Internet Protocol) jeste industrijski, aplikativni protokol, za industrijske automatizacijske aplikacije.

Veliki automatizacijski sistemi koji sadržavaju jedan ili više PLC (Programmable Logic Controller) kontrolera i PC-ova komuniciraju međusobno, a takođe i sa IT (Information Technology) sistemima unutar kontrolnih soba razmjenjujući velike količine podataka, koji se najčešće prenose kroz sigurnu sredinu (neeksplozivnu, bezbjednu sredinu, zaštićenu od jakih elektromagnetnih smetnji). Uočavajući da u takvim uslovima i sa takvim komunikacionim zahtjevima standardi, kao što su TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), Ethernet, Intranet i Internet imaju značajne prednosti nad PROFIBUS-om, razvijen je i standardizovan PROFINET, komunikacioni protokol baziran na Ethernetu koji koristi standardne mehanizme IT komunikacije u realnom vremenu. (Perunović, Radulović, 2010)

Na tržištu postoji mnogo različitih industrijskih komunikacijskih mreža, a neke od njih su fieldbus, industrijski Ethernet, PROFINET, PROFIBUS, MODBUS, CAN, HART i mnoge druge.

## Fieldbus

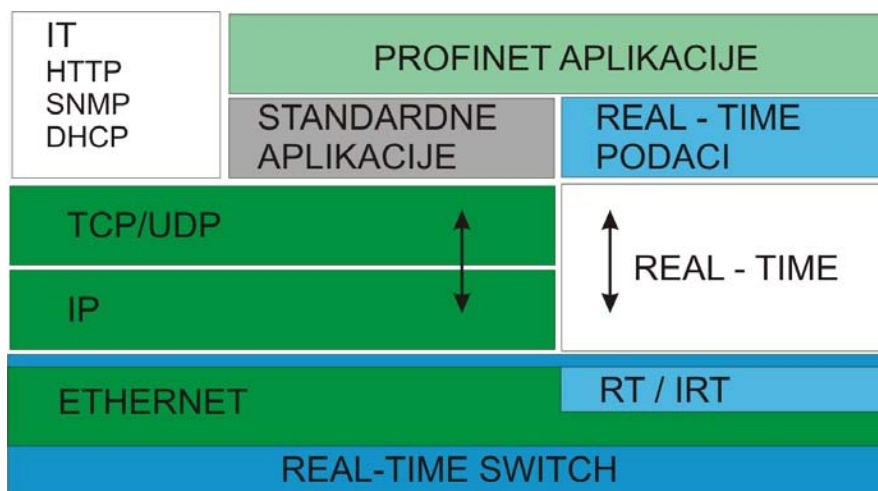
Fieldbus je naziv koji opisuje moderni digitalni industrijski komunikacijski sistem namjenjen da zamjeni postojeće strujne i naponske analogne signale, za čiju je implementaciju korištena velika količina kablova. Pored toga, samo projektovanje i implementacija projekata bila je dosta složena, kao i samo održavanje takvih sistema. Stoga se počelo razmišljati o drugačijem pristupu, odnosno započet je prelaz sa analognih na digitalne metode prenosa podataka, koje, pored prethodno navedenog, omogućuju i veću preciznost od klasičnog analognog signala. Kada je riječ o fieldbusu radi se o digitalnoj, dvosmjernoj komunikacionoj mreži sa serijskom sabirnicom koja se upotrebljava za povezivanje različitih uređaja kao što su kontroleri, senzori, aktuatori itd. Ono što pruža fieldbus je smanjenje ožičenja, jednostavno lociranje kvara i održavanje opreme, jednostavnost implementacije i nadogradnje, te povećanje modularnosti postrojenja. Svaki od uređaja ima instaliran računarski sistem koji ga čini „pametnim” (Perunović, Radulović, 2010). Ovakvi uređaji mogu obavljati jednostavne zadatke, kao što su kontrola, mogućnost dvosmjerne komunikacije, dijagnostika i funkcije održavanja. Na ovaj način ostvaruje se komunikacija između čovjeka i uređaja, kao i samih uređaja međusobno.

## PROFINET standard

PROFINET zadovoljava sve zahtjeve koje pred njega postavlja automatizacijska tehnologija, bez obzira na to da li se radi o automatizaciji proizvodnih pogona, procesnoj automatizaciji ili automatizaciji mašina. Kao standardna tehnologija već se odavno koristi u auto-industriji. Takođe, PROFINET je dosta rasprostranjen i u drugim industrijama kao što su mašinska industrija, industrija hrane, industrije pakovanja i logistike (<http://www.profibus.com>), a svakim danom sve se više koristi i u drugim industrijama kao što su brodogradilišta i željeznice.

PROFINET je standardizovan IEC 61158 i IEC 61784 standardima. Koncept PROFINET-a definisan je bliskom saradnjom sa krajnjim korisnicima, a baziran je na standardnom Ethernetu prema standardu IEEE 802. Dodaci na standardni Ethernet su definisani samo u slučajevima gdje neki od specifičnih uslova nisu mogli biti ispunjeni.

PROFIBUS je otvoreni fieldbus standard za automatizaciju od strane PROFIBUS International, dok je PROFINET otvoreni standard industrijskog Ethernet-a i pokriva različite primjene u automatizaciji. Ove dvije tehnologije mogu se koristiti u različite svrhe i u različitim aplikacijama za povezivanje različitih uređaja, kao što su PLC, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), industrijski računari, HMI (Human Machine Interface), transponderi, mjerači protoka, temperature i pritiska, frekventni pretvarači, enkodori, pozicionatori i sl.



Slika 1 – Stek PROFINET-a  
Figure 1 – PROFINET stack  
Рис. 1 – PROFINET стек

Karakteristika ovog protokola je da se omogućava korištenje UDP/IP protokola kao protokola višeg nivoa za zahtjevne razmjene podataka. Paralelno sa UDP/IP (UDP – User Datagram Protocol) komunikacijom, ciklična razmjena podataka u PROFINET-u bazirana je na skalabilnom real time konceptu. Skalabilna real time komunikacija se odvija preko istog kabla za sve aplikacije, u opsegu od jednostavnih upravljačkih zadataka do zahtjevnih aplikacija upravljanja kretanjem. Za vrlo precizne regulacije sa povratnom spregom, deterministički i izohroni prenos vremenski kritičnih procesnih podataka moguć je sa jitterom (*devijacijom komunikacijskog ciklusa*) manjim od 1  $\mu$ s.

Pored toga PROFINET omogućava i visoku dostupnost, odnosno obezbjeđuje mogućnost redundantnih rješenja te koncepte inteligentne dijagnostike. Aciklični dijagnostički podaci koji se šalju obezbjeđuju važne informacije koje se tiču statusa mreže i uređaja na mreži, uključujući topologiju mreže. Definisani koncepti redundancije prenosnih medija i sistemске redundancije znatno povećavaju dostupnost sistema automatskog upravljanja.

Tehnologija sigurnosnih rješenja koja se bazira na već dokazanoj PROFIsafe tehnologiji (IEC 61508 i IEC 61784-3-3) korištenoj u PROFIBUS-u, takođe je dostupna i u PROFINET mreži. Sama mogućnost korištenja istih kablova za standardna i sigurnosna rješenja znatno snižava cijenu implementacije cjelokupnog projekta.

## Verzije PROFINET-a

Postoje njegove dvije verzije:

- Component Based Automation (PROFINET CBA)
- Input / Output (PROFINET IO)

PROFINET IO omogućuje brz i izravan priključak distribuiranih I/O (Input/Output) uređaja u polju na Ethernet. Bazira se na više od 15 godina iskustva sa uspješnim PROFIBUS DP protokolom i kombinuje standardne korisničke operacije sa simultanim korištenjem inovativnih koncepta Ethernet tehnologije. Ovo osigurava jednostavan prelazak sa dobro poznatog protokola PROFIBUS DP na PROFINET. Budući da su svi uređaji spojeni u jednu mrežnu strukturu nudi se jedinstvena komunikacija tokom proizvodnje, a osim toga omogućuje se jednostavno konfiguriranje, programiranje i dijagnostika. Uključuje real time (RT) komunikaciju i izohronu real time (IRT) komunikaciju za cikličku obradu podataka. Omogućene su i različite mrežne topologije zvijezda, prsten, stablo i linijska topologija.

SIEMENS-ov Step7 alat je zadržao iste preglednike bez obzira dali se konfigurišu PROFINET ili PROFIBUS uređaji. Programiranje korisnič-

kog programa je isto za oba protokola, pošto se koriste prošireni blokovi i statusne sistemske liste za PROFINET IO (SIEMENS, 2012.).

PROFINET CBA (Component Based Automation) je protokol koji koristi objektno orijentisanu paradigmu. Pretpostavka od koje se polazi je da se sistem može podijeliti na područja (tehnološke module / proizvodne linije). PROFINET CBA koncept fokusira se na sledeće:

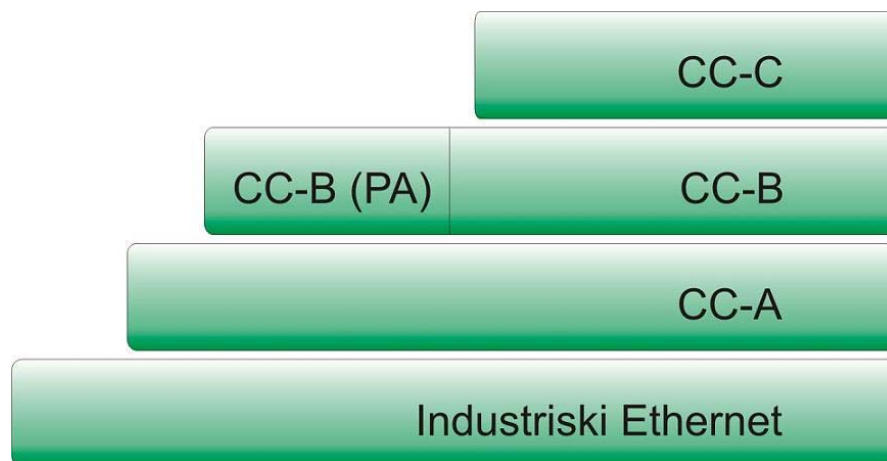
- implementaciju modularnih aplikacija
- komunikacija mašina-mašina (machine-machine)

On omogućava jednostavni modularni dizajn pogona i proizvodnih linija baziran na distribuiranoj inteligenciji koristeći grafički bazirane konfiguratore komunikacija između inteligentnih modula. Sa ovakvim konceptom moguća je implementacija kompletnih tehnoloških modula kao standardnih komponenti koje se mogu koristiti unutar većih sistema.

PROFINET CBA komunicira preko TCP/IP i real time komunikacije. Na primer komponente koje sadržavaju SIEMENS SIMATIC uređaje kreirani su sa STEP7 alatom, i povezane su koristeći SIMATIC iMAP alat. Komunikacijske veze između uređaja konfigurišu se jednostavno grafičkim interkonekcijskim linijama.

## Klase usklađenosti

Postoje tri klase usklađenosti (Conformance classes CC) koje se međusobno nadograđuju i koje su orijentisane prema tipičnim aplikacijama (PROFIBUS Nutzerorganisation, 2011).



Slika 2 – Klase usklađenosti CC  
Figure 2– Conformance classes CC  
Рис. 2 – Классы соответствия CC

CC-A obezbjeđuje osnovne funkcije PROFINET IO sa RT komunikacijom.

Ova klasa sadržava sledeće funkcije:

- cikličku razmjenu I/O podataka sa real time karakteristikama od 1 ms do 512 ms
- acikličku razmjenu podataka za čitanje i pisanje podataka koji se šalju i primaju na zahtjev, kao što su parametri i dijagnostika
- paralelna TCP/IP komunikacija
- fleksibilni alarmni model za signalizaciju grešaka opreme i mreže u tri alarmna nivoa – zahtjev za održavanje, hitno održavanje i dijagnostika.

PROFINET je bazirna na 100 Mbps, full-duplex Ethernet mreži. Brža komunikacija je takođe moguća na svim prenosnim sekcijama (između svičeva, PC sistema ili sistema video nadzora). Kabliranje se prema uputstvu iz standarda IEC 61784-5-3 izvodi dvoparičnim kablovima, a ukoliko je potreban Gigabitni prenos mogu se koristiti četveroparični kablovi. Dodatno, CC-A mreža dozvoljava izgradnju mreže sa aktivnim i pasivnim komponentama prema standardu ISO/IEC 24702 dok se u obzir uzimaju CC-A uputstva za kabliranje. Ovo je zbog toga što se PROFINET kabliranje bazira na standardu ISO/IEC 11801, a gledano sa tehničke tačke gledišta izvedba IEC 24702 kabliranja je ista kao i ISO/IEC 11801, što znači da se sa tehničke tačke gledišta može koristiti IEC 24702. Ovo obezbjeđuje otvorenost i vertikalnu integraciju, barem što se tiče komunikacije.

Aktivne mrežne komponente prema standardu IEEE 801.x mogu se koristiti u klasi CC-A, pod uslovom da podržavaju VLAN (Virtual Local Area Network) oznaku prioriteta. Važno je napomenuti da se za klasu CC-A preporučuje korištenje standarda kabliranja IEC 61784-5-3, ali nije obavezno. Za razliku od nje, mreže koje se koriste u aplikacijama klase CC-B i CC-C moraju biti urađene prema zahtjevima standarda IEC 61784-5-3 (PROFIBUS Nutzerorganisation, 2008). Klasa CC-A je pogodna za sve sisteme i podsisteme kod kojih mrežna topologija i funkcije koje se oslanjaju na nju nisu neophodne.

CC-B proširuje prethodnu klasu i uključuje funkcije za dodatnu mrežnu dijagnostiku i detekciju topologije. PROFINET u ovu svrhu koristi SNMP (Simple Network Management Protocol). Dijelovi MIB2 (Management Information Base 2) i LLDP-EXT MIB (Lower Link Discovery Protocol-MIB) protokola integrisani su u same uređaje. Paralelno sa SNMP protokolom, dijagnostika i informacije o topologiji mogu se takođe prikupiti putem PDEV (Physical Device Object) koristeći aciklične PROFINET servise.

Za uređaje u procesnoj industriji CC-B je proširena na funkcije redundantnosti sistema CC-B (PA).

CC-C opisuje osnovne funkcije uređaja sa hardverski podržanom rezervacijom bendvita i sinhronizacijom (IRT komunikacija) i stoga je osnovna za izohrone aplikacije. CC-C uključuje sve neophodne sinhronizacijske funkcije za aplikacije sa najstrožim uslovima za determinističkim

ponašanjem. Mreže bazirane na CC-C klasi omogućavaju jitter manji od 1  $\mu$ s. Ciklički paketi se prenose kao sinhronizovani paketi na rezervisanom bendvitu. Svi ostali paketi kao što su dijagnostički paketi ili TCP/IP dijele ostatak Ethernet bendvita.

U klasi usklađenosti C zadana minimalna brzina osvježanja definisana je sa 250  $\mu$ s. Radi postizanja boljih performansi može se smanjivati sve do 31,25  $\mu$ s, u zavisnosti od opreme koja se koristi. Da bi se obezbjedila dobra propusnost veće količine podataka kada je vrijeme osvježanja manje od 250  $\mu$ s, koristi se metod optimizacije okvira podatka DFP (Dynamic Fame Packing). Na ovaj način čvorovi koji imaju zajedničko ožičenje u linijskoj topologiji adresirani su sa jednim podatkovnim okvirom. Takođe, za cikluse manje od 250  $\mu$ s TPC/IP komunikacija se dijeli i šalje u manjim paketima (PROFIBUS Nutzerorganisation, 2011 ).

CC-C klasa obezbjeđuje da se ulazni i izlazni podaci prenose najbrže moguće unutar ciklusa. Kašnjenja uzrokovana ostatkom komunikacije ili privremenim storniranjem podataka u uređajima su isključeni. Na ovakav način mjerene vrijednosti ili regulacione petlje mogu da ovise o ovim funkcijama i budu snimljene sa mnogo većom preciznošću.

## Kabliranje

Specifičnost radnih uslova u kojima rade uređaji u industrijskoj proizvodnji zahtjevaju komponente koje su dosta otpornije od uređaja koji rade u kancelarijskim uslovima. Pošto isti radni uslovi nisu jednaki u svim dijelovima industrijskog sektora postoji podjela na dva posebna tipa radne okoline:

- „unutarnja“ – odnosi se na okolinu koja se može očekivati u upravljačkim centrima, ili upravljačkim ormarima
- „vanjska“ – odnosi se na uslove rada u pogonu, gdje postoji mogućnost pojave visokih temperatura, prašine, vlage, vibracija i slično.

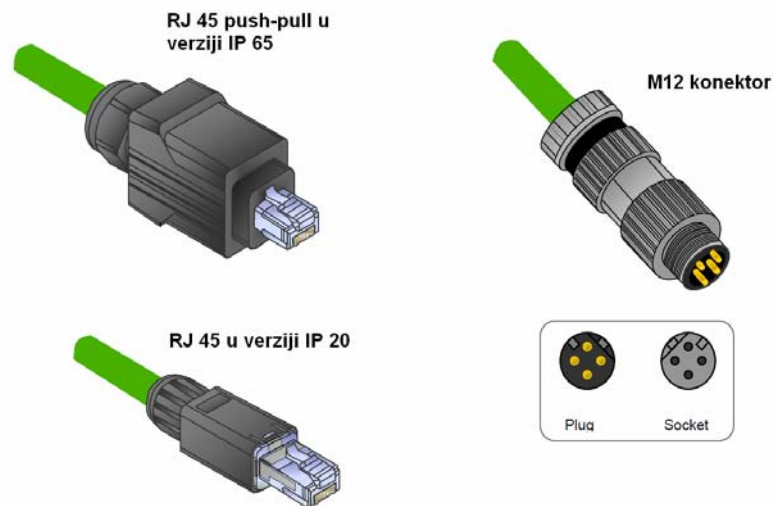
Važno je istaći da se ova podjela ne odnosi na podjelu unutar same mašine. Razlika je jedino u samom kućištu elektroničke opreme.

Jedan od ciljeva PROFINET filozofije je da se unificiraju konektori radi što jednostavnije instalacije. Svi konektori koji ne podliježu specifikaciji PROFINET-a ne smiju se koristiti za PROFINET aplikacije.

Za PROFINET za „unutarnju“ okolinu trebaju se koristiti RJ45 konektori koji su urađeni po standardu IEC 60603-7. Konektori RJ45 sa integrisanom LED signalizacijom kao i drugi RJ45 kompatibilni konektori su dozvoljeni za korištenje. Za uređaje koji pripadaju grupi „vanjskih“ uređaja za povezivanje potrebno je koristiti neki od sledećih tipova konektora:

- RJ 45
- M12

Napajanje uređaja od 24 VDC može se obezbjediti i putem hibridnih konektora koji su izvedeni prema standardu IEC 61076-3-10 ili putem posebnih konektora (PROFIBUS Nutzerorganisation, 2004).



Slika 3 – PROFINET konektori  
Figure 3 – PROFINET connectors  
Puc. 3 – PROFINET разъемы

PROFINET kabliranje zasniva se na linku End-to-End, koje je specificirano u standardu IEC 61784-5-3. PROFINET definira jedan na jedan straight konekciju. Cross over kablovi se ne smiju koristiti. Kablovi i konektori moraju da ispunjavaju sve uslove koji su propisani PROFINET-om. Metode testiranja mehaničkog naprezanja kablova specificirani su standardom IEC 61935-2, i svi zahtjevi koji su navedeni u ovom standardu moraju biti ispunjeni nakon prvog testiranja.

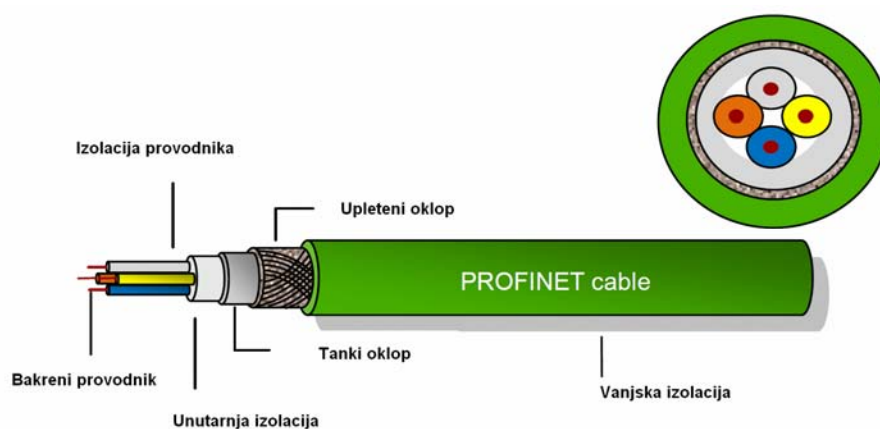
Za spajanje mrežnih čvorova mogu se koristiti bakarni i optički kablovi. U poređenju sa bakarnim kablovima, optički kablovi imaju svoje specifične parametre kao što su slabljenje i valna dužina koji utiču na dozvoljenu dužinu optičke veze.

Bakarni PROFINET kablovi su četverožilni oklopljeni kablovi i mogu da variraju po strukturi žica i/ili materijalu plašta (oklopa) i konstrukciji. Žice su obojene i to tako da prva parica ima žutu i narandžastu boju, dok druga bijelu i plavu. Maksimalna udaljenost između krajnjih tačaka ograničena je na 100 m kao i kod standardnog Etherneta. Bakarni kablovi se dijele na tri tipa prema primjeni:

- Tip A – kablovi dizajnirani za fiksne instalacije,
- Tip B – kablovi dizajnirani za fleksibilne instalacije. Ovo znači da su dozvoljena povremena pomjeranja ili vibracije.

– Tip C – kablovi su namijenjeni specijalnim aplikacijama kao što su stalna pomjeranja kablova nakon njihove instalacije što uključuje pomične lance. U ovom tipu moguća je daljnja podjela na PE kablove, podzemne kablove, vatrootporne nekorozivne kablove (FRNC kablovi), kablove koji se koriste u brodogradnji, putujuće (trailing) kablove.

Specijalne izvedbe bakarnih kablova kao što je njihova fleksibilnost ili korištenje vatrootpornih materijala mogu uticati na maksimalnu dužinu kabla, te je smanjiti ispod 100 m (PROFIBUS Nutzerorganisation, 2010).



Slika 4 – PROFINET bakarni kablovi  
Figure 4 – PROFINET copper cables  
Рис. 4 – PROFINET медный кабель

Kod povezivanja sa bakarnim kablovima mora se posebna pažnja obratiti na izjednačavanje potencijala i na uzemljenje oklopa kabla. Oklop kabla mora se pravilno uzemljiti na oba kraja svakog kabla, što znači na svakom mrežnom čvoru. Ovo uzemljenje se postiže na samim konektorima putem kojih se obezbjeđuje veza oklopa kabla sa uzemljenjem samog uređaja. Odavde slijedi da se svaki od uređaja mora pravilno uzemljiti.

U slučaju gdje je potrebno povezati udaljene mrežne čvorove i/ili gdje su prisutna velika elektromagnetna zračenja i/ili nije moguće obezbjediti izjednačavanje potencijala uzemljenja, preporučuje se upotreba optičkih kablova. Za realizaciju optičkog PROFINET-a moguće je koristiti četiri tipa optičkih kablova u zavisnosti od potrebe:

- plastični optički kablovi POF (Plastic Optical Fiber)
- stakleni optički kablovi multimod (multi-mode)
- stakleni optički kablovi multimod (single-mode)
- stakleni optički kablovi sa plastičnim omotačem (HFC- hard-clad-ded silica fiber i PCF – plastic-cladded fiber)

Kod korištenja optičkih kablova posebna pažnja se mora obratiti na specifično slabljenje signala koje se iskazuje u dB/km. Maksimalno dozvoljeno slabljenje na jednom linku definisano je standardima IEC 61784-5-3 i IEC 61300-3-4.

*Tabela 1 – Poređenje optičkih kablova*  
*Table 1 – Comparison of optical cables*  
*Таблица 1 – Сравнение оптоволоконных кабелей*

| Tip         | Maks. specifično slabljenje | Valna dužina | Maks. PROFINET slabljenje end-to-end                | Dužina linka |
|-------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------------------------------|--------------|
| POF         | $\leq 230$ dB/km            | 650 nm (LED) | 12,5 dB                                             | do 50 m      |
| Multi-mode  | $\leq 1,5$ dB/km            | 1300 nm      | 62,5/125 $\mu$ m: 11,3 dB<br>50/125 $\mu$ m: 6,3 dB | do 2000 m    |
| Single mode | $\leq 0,5$ dB/km            | 1310 nm      | 10,3 dB                                             | Do 14000 m   |
| HCF/PCF     | $\leq 10$ dB/km             | 650 nm       | 4,75 dB                                             | do 100 m     |

Kreiranje dodatnih spojeva na optičkom linku dovodi do dodatnih slabljenja signala. Stoga se posebna pažnja mora obratiti na alate koji se koriste kod kreiranja ovakvih spojeva.

Takođe, bitno je znati da se i bakarni i optički kablovi mogu međusobno nastavljati putem konektora. Da bi se obezbjedila kvalitetna veza postoje preporuke po broju ukupnih konektora na jednom linku za oba tipa kablova. Ukoliko se vrši ispravno spajanje moguće je koristiti do 6 konektora na jednom linku kreiranom putem bakarnih kablova, a da se ne pojave značajna slabljenja signala, tj. da se može ići do dužine linka od 100 m. Kod optičkih kablova takođe se može koristiti do 6 konektora bez uticaja na dužinu linka za Multi-mode, Single mode te HCF tipove, dok za POF tip vrijedi da sa povećanjem broja konektora dolazi do pojave većih slabljenja, te se dužina linka smanjuje do 37 m u slučaju korištenja 6 konektora (tri para).

## Parametri mrežnih čvorova

Prije nogo PROFINET IO uređaji počnu komunicirati sa PROFINET IO kontrolerom, imena uređaja moraju biti dodijeljena svim komunikacionim partnerima.

Svi uređaji koji su tek kupljeni nemaju dodijeljeno nikakvo ime, ali imaju MAC (Media Access Control Address) adresu koja je jedinstvena i koja se nalazi u samom PROFINET uređaju i obično se ne može mijenjati. PROFINET kontroler može pristupiti uređaju samo kada mu se dodijeli ime, koje će se nalaziti u uređaju. Pored imena, uređaju se dodjeljuje i IP (IPv4) adresa, koja je obično fiksna, i potrebna je da bi se jasno identifi-

kovao svaki čvor. U skladu sa brojem čvorova trebalo bi birati opseg dozvoljenih adresa, a bitno je, takođe, da adrese čvorova ne budu u koliziji, odnosno ne smije se dozvoliti da dva čvora imaju identičnu IP adresu. U većini slučajeva dovoljna je privatna klasa adresa C opsega. Samo u specifičnim slučajevima, gdje je potrebno adresirati više od 254 čvora, treba koristiti klase A ili B.

Radi povezivanja simboličkog imena koje je dato svakom uređaju i IP i MAC adresa služi DCP protocol (Dynamic Configuration Protocol) koji je integrisan u svaki od IO uređaja.

Pošto je DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) jako raširen, PROFINET je obezbjedio i opcionu mogućnost adresiranja putem DHCP-a. Opcije adresiranja koje su podržane od konkretnog uređaja definisane su u GSD (General Station Data File) datoteci koja dolazi uz svaki uređaj.

## Mrežne komponente

Kao distributeri signala u PROFINET mreži mogu se koristiti samo uređaji koji imaju funkciju usmjeravanja (switch functionality). Svičevi (skretnice) jesu uređaji drugog nivoa (layer 2) koji podliježu standardu ISO/IEC 15802-3:1988 i koji imaju zadatak da prime pakete podataka na svojim portovima, te da ih selektivno proslijeđuju. To znači da će svič proslijediti paket samo na portove preko kojih će paket doći na ciljano odredište. Svičevi mogu da primaju i proslijeđuju podatke simultano na sve portove (PROFIBUS Nutzerorganisation, 2004). Na ovakav način izbjegavaju se problemi sa kolizijom na mreži. Svaki od PROFINET portova na sviču predstavlja posebnu kolizionu domenu. PROFINET svičevi moraju da ispunjavaju barem sledeće funkcionalnosti:

- podržavaju Ethernet prema standardu ISO/IEC 8802-3 (10/100 Mbit/s),
- podržavaju prekidačke funkcije prema ISO/IEC 15802-3 i IEEE 802.1Q,
- podržavaju standardizovanu dijagnostiku,
- rad u half duplex i full duplex modu,
- podržavaju Auto Cross-Over funkciju.

Kao što je već spomenuto u drugoj tački, PROFINET svičevi treba da podržavaju prioretizaciju okvira podataka (data frames) prema standardu IEEE 802.1Q. Okviri podataka sadržavaju dodatnu informaciju koja se nalazi u zaglavlju okvira, koja se kreće u rasponu od 0 do 7, gdje je prioritet 0 najnižeg nivoa, a prioritet 7 najvećeg nivoa. PROFINET svičevi treba da imaju barem dva reda (queue) za prioritete prema standardu IEEE802.D i Q. Radi postizanja boljih real time karakteristika preporučuje se implementacija do četiri reda prioriteta (PROFIBUS Nutzerorganisation, 2004). Za plug and play PROFINET mreže korisno je da su informacije o mrežnoj topologiji dostupne u svakom trenutku. U tu svrhu koristi

se LLDP, opisan u standardu IEEE 802.1ab, putem kojeg svaki svič otkriva susjede na svakom od svojih portova. Još jedna od karakteristika ovih svičeva je i napajanje koje iznosi 24 V, jer se u većini industrijskih aplikacija često koristi ovaj naponski nivo. Naponski nivo koji se koristi mora biti u opsegu od 18 V do 32 V.

## Zaključak

Kao što se vidi, PROFINET predstavlja niz poboljšanja u industrijskim komunikacijama. Na nivou većih proizvodnih sistema, gdje imamo veći broj PLC-ova i PC računara koji komuniciraju međusobno, kao i sa ostatkom IT sistema gdje se razmjenjuju veće količine podataka, PROFINET se pokazuje kao znatno bolje rješenje od PROFIBUS-a. PROFINET je baziran na industrijskom Ethernetu. Glavna prednost PROFINET-a u odnosu na PROFIBUS je velika brzina prenosa podataka koja se kreće do 100 Mbps.

Postoje dvije verzije PROFINET-a: PROFINET CBA i PROFINET IO. PROFINET IO služi za integraciju distribuiranih IO jedinica, dok PROFINET CBA koristi objektno orijentisanu paradigmu promatranja tehnološko proizvodnih cjelina.

PROFINET koristi tri komunikaciona kanala koji imaju različite performanse, a to su: NRT (Non Real Time), RT (Real Time), IRT (Isochronous Real Time).

Kao i sve komunikacione mreže, i ove PROFINET komunikacione mreže imaju aktivne i pasivne komponente. Pošto se radi o specifičnim uslovima rada, posebnu pažnju potrebno je obratiti na kabliranje, tj. povezivanje mrežnih komponenti, te donijeti odluku o tome da li povezivanja odraditi optičkim ili bakarnim kablovima.

## Literatura

Perunović, M., & Radulović, M. 2010. Savremeni trendovi u industrijskim komunikacijama. U: Informacione tehnologije – sadašnjost i budućnost, 2010, Žabljak, str.21-24

PROFIBUS Nutzerorganisation. 2004. *Installation Guideline PROFINET Part 2: Network Components*. Karlsruhe Germany: PROFIBUS Nutzerorganisation.

PROFIBUS Nutzerorganisation. 2008. *PROFINET Conformance Class A Cabling*. Karlsruhe Germany: PROFIBUS Nutzerorganisation.

PROFIBUS Nutzerorganisation. 2010. *PROFINET Design Guideline*. Karlsruhe Germany: PROFIBUS Nutzerorganisation.

PROFIBUS Nutzerorganisation. 2011. *PROFINET IO Conformance Classes*. Karlsruhe Germany: PROFIBUS Nutzerorganisation.

SIEMENS. 2012. *PROFINET System Description*. Nürnberg Germany: Siemens AG. Preuzeto sa <http://www.profibus.com/>

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВЯЗИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТОКОЛА PROFINET

ОБЛАСТЬ: автоматика, телекоммуникации, промышленное программное обеспечение

ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

## Резюме:

*В данной статье обсуждается применение в промышленности PROFINET протокола, для обеспечения связи между различными элементами системы мониторинга и управления производственными процессами. Протокол PROFINET является одним из открытых стандартов Industrial Ethernet, поддерживаемый ассоциацией PROFIBUS & PROFINET International (PI). Он построен на базе TCP / IP и распространенных ИТ-стандартах, при этом дополняет их специальными протоколами и механизмами для обеспечения лучшей производительности в реальном времени. PROFINET обеспечивает интеграцию существующих систем, таких как Fieldbus, Profibus, DeviceNet и Interbus, без замены существующих приспособлений. Это делает его идеальным для различных промышленных применений, в том числе и для автоматизации технологических процессов.*

Ключевые слова: PROFINET, сети, промышленность, автоматизация.

## COMMUNICATION IN INDUSTRY BY USING THE PROFINET PROTOCOL

FIELD: automation, telecommunications, industrial software

ARTICLE TYPE: Professional Paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

## Summary:

*This paper is about the PROFINET communication used in industry for the purposes of communication between different elements within systems of monitoring and control of production processes. The PROFINET protocol is based on industrial Ethernet and allows the use of TCP / IP standards, which allows big business benefits during the life cycle of a manufacturing plant. Also, PROFINET is based on all the experiences with PROFIBUS, and goes a step further in its flexibility, improving performances. PROFINET enables the integration of various control equipment from the factory level to the control level. The concept of PROFINET satisfies all the requirements of industrial automation, and*

can be used for process automation that requires quick response time, i.e. the time below 100ms. For the purposes of other applications such as synchronized motion control, it enables a response time of less than 1 ms, and for safety applications it is possible to use PROFIsafe which is integrated into PROFINET.

#### Introduction

Industrial systems themselves are very complex so it is inevitable to divide them into parts that complement each other and communicate via protocols which will be discussed in this paper. The basic requirement of an industrial automation system is work in real time as well as reliability, unlike a business network where the primary conditions are high throughput and low operating costs.

#### Fieldbus

Fieldbus is a name that describes a modern industrial digital communication system designed to replace the existing current and voltage analog signals. The design and implementation of projects with a lot of cabling is quite complex as well as their maintenance. A different approach is therefore needed so the transition from analogue to digital methods of data transfer has started, since digital methods also provide greater accuracy than traditional analog signals.

#### PROFINET standard

PROFINET satisfies all the requirements placed before it in automation technology, no matter whether it is manufacturing plant automation, process automation or machinery automation. It has already been used in the auto industry as a standard technology for a long time. Also, PROFINET is in use in other industries such as machine industry, food industry, packaging and logistics, and every day more and more is in use in other industries such as shipbuilding and railways.

#### PROFINET versions

In PROFINET, there are two function classes independent from each other, PROFINET IO and PROFINET CBA. The distributed field devices are connected through the PROFINET IO. Also, it uses three different communication channels to exchange data with the control systems and other devices. For Non real time (NRT) purposes, the standard TCP/IP channel is used for parameterization, configuration and acyclic read/write operations. The real time (RT) channel is used for standard cyclic data transfer and alarms. Isochronous real time (IRT) is a high speed channel used for motion control applications.

The PROFINET CBA concept is designed for the distributed industrial automation applications, and it is suitable for component-based machine-to-machine communication via TCP/IP and for real time communication required for modular plant design.

#### Conformance classes

*The range of functions of PROFINET IO is divided into well-organized conformance classes (CC). These conformance classes provide a practical summary of various minimum properties. There are three conformance classes that build upon one another and are oriented to typical applications. These classes are CC-A, CC-B and CC-C.*

#### Cabling

*Specific working conditions in which devices operate in industrial production require components that are a lot more resilient than devices operating in office conditions. PROFINET cabling is based on the link End-to-End, which is specified in IEC 61784-5-3. PROFINET defines a one-to-one straight connection. Copper cables and optical fibers are available for connection of network nodes. All cables must meet the requirements of a planned automation project.*

#### Network nodes parameters

*For proper work of network nodes, appropriate parameters for individual network nodes have to be assigned. These parameters include a device name and an IP address. New equipment does not have a device name, only a MAC address, which is globally unique and cannot usually be modified.*

#### Network components

*Only units with switch functionality are allowed as signal distributors for PROFINET. A switch is a layer 2 device which complies with ISO/IEC 15802-3:1988 standard, and it receives data packets at its ports and forwards them selectively. It can also send and receive different data simultaneously at all ports.*

#### Conclusion

*As it can be seen, PROFINET represents a number of improvements in industrial communications. At the level of major production systems with a growing number of PLCs and PC computers that communicate with each other and with the rest of the IT system by exchanging large amounts of data, PROFINET shows to be a much better solution than PROFIBUS. PROFINET is based on industrial Ethernet.*

**Key words:** *PROFINET, networks, industry, automation.*

---

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 15. 08. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 27. 09. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 29. 09. 2014.

# KAIZEN KONCEPT I NJEGOVA PRIMENA U LOGISTICI

Predrag J. Pešić  
98. vazduhoplovna brigada,  
161. bataljon za obezbeđenje aerodroma, VP 3472 Niš  
e-mail: ruplje1974@gmail.com

DOI: 10.5937/vojtehg63-6068

OBLAST: logistika  
VRSTA ČLANKA: stručni članak  
JEZIK ČLANKA: srpski

## Sažetak:

*Kaizen je japanska filozofija koja se fokusira na kontinualno poboljšanje, pojednostavljenje i ubrzanje procesa, smanjenjem ili eliminisanjem rasipanja, trošeći minimum potrebnih resursa, a pri tome isporučuje najbolji mogući kvalitet proizvoda ili usluga. To je proces koji, kada se uradi pravilno, humanizuje radno mesto, eliminiše preterano težak rad i uči ljude kako da vrše ispitivanja sopstvenog rada (koristeći naučne metode), eliminišući škart u procesu poslovanja.*

*Mnoge vojne organizacije prepoznale se prednosti Kaizena i implementirale ga u svoju praksu. Kaizen je jedna od najprihvatljivijih metoda kontinualnog unapređenja procesa u logistici. Omogućava inkrementalno poboljšanje procesa, jeftin je i fleksibilan. Istovremeno, pruža mogućnost organima logistike da brzo, efektivno i efikasno reaguju na sve promene u njenom turbulentnom i složenom okruženju.*

*Ključne reči: poboljšanje, rasipanje, logistika, Kaizen, primena.*

## Uvod

Koncept stalnog poboljšanja pretpostavlja da nijedna organizacija nije savršena (perfektna) i da mogu da se pojave problemi. Poznata je misao „Niko nije dovoljno dobar da ne bi mogao da bude bolji”. Sa druge strane, poznata je i misao „Izvršnost je bolje od najboljeg”. Jedna od karakteristika poslovne izvršnosti je: „Kontinualna poboljšanja i permanentno učenje zasnovano na dvema premisama: organizacija koja uči<sup>1</sup> i koja ima tri sadržaja rada, poboljšanje procesa, poboljšanje poboljšanja procesa i poboljšanje poboljšanja poboljšanja procesa” (Perović, 2003, p.10). Da bi se dostigla

<sup>1</sup> Organizacija koja uči je mesto gde zaposleni neprekidno otkrivaju kako da kreiraju svoju stvarnost i kako mogu da je menjaju.

poslovna izvrsnost veoma je važno razviti odgovarajući konceptualni model koji bi trebalo da bude što jednostavniji, logičan i sveobuhvatan. Jedan od tih modela je Kaizen. Termin *kaizen* (unapređenje ili promena nabolje) reč je usvojena iz japanskog jezika koja se odnosi na filozofiju ili praksu usmerenu na stalno unapređivanje načina i organizacije rada, kvaliteta proizvoda i usluga, procesa, ali i svih aspekata života. Iako nastao u Japanu, Kaizen se danas prepoznaje kao svetski pokret sa ciljem eliminisanja svih oblika rasipanja i štedljivog korišćenja resursa u proizvodnim i uslužnim procesima i sa podjednakom promenljivošću u privredama visokorazvijenih zemalja i zemalja u razvoju i njihovim vojnim organizacijama.

Kaizen nije usmeren na fundamentalna unapređenja procesa, jer je njih jako teško postići, nego na mala, ali konstantna unapređenja. Mala konstantna unapređenja, kada se gledaju tokom dužeg perioda, pružaju velike uštede i velika poboljšanja u svim procesima organizacije.

I mnoge vojne organizacije prepoznale su prednosti metoda i tehnika Kaizena i implementirale ih u svoje procese i aktivnosti. U vojnim organizacijama Kaizen daje najbolje rezultate ako se implementira na najnižem hijerarhijskom (taktičkom) nivou. Analize toka vrednosti na taktičkom nivou organizovanja Vojske ukazuju na konkretne, štetne i nekorisne aktivnosti koje se normalno ne bi primetile kada bi se analiza vršila na operativnom ili stratezijskom nivou. To je i najvažnija prednost Kaizena koja ga favorizuje za primenu u vojnim sistemima.

Cilj ovog rada jeste da prikaže kako se Kaizen može primeniti u konkretnoj praksi vojne organizacije, na konkretnim ljudima i stvarnim procesima, i zašto se on, „vojničkim rečnikom“ govoreći, može definisati kao „brzi pogodak“<sup>2</sup>.

## Principi i osnove Kaizen koncepta

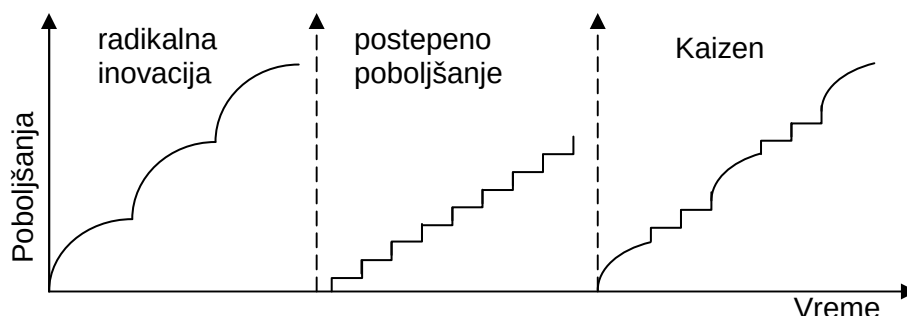
Kaizen označava inkrementalno<sup>3</sup>, neprekidno i sveobuhvatno unapređenje poslovnih procesa – „neprekidno“ u smislu da unapređenje postojećeg stanja procesa nema završetka, a „sveobuhvatno“ u smislu da obuhvata: sve poslovne procese i sve nivoe rukovođenja.

Kaizen predstavlja sinergiju dva potpuno različita pristupa poboljšanjima (slika 1). To su:

- radikalna inovacija (eng; radical innovation), u velikim koracima i
- postepeno poboljšanje (eng; incremental innovation), u malim koracima gde su promene rezultat primene novih ideja, ali gde se promene dešavaju postepeno, jedna za drugom.

<sup>2</sup> Brzi pogodak predstavlja prilike koje će, sa minimalnom investicijom, doneti velike nagrade.

<sup>3</sup> Inkrementalno znači „rastavljanje na sastavne delove i ponovno sastavljanje“. Kaizen omogućava rastavljanje procesa na njegove aktivnosti, poboljšanje svake od tih aktivnosti, kako bi nakon sastavljanja sam proces bio jednostavniji i lakši za radnike.



Slika 1 – Kaizen pristup poboljšanjima  
 Figure 1 – Kaizen approach to improvements  
 Рис. 1 – Кайдзен концепция совершенствования

Kaizen je proces postojane i postepene promene, korak po korak promene stanja (ali ne uvek u malim koracima), koji najčešće nije povezan sa velikim finansijskim ulaganjima. Inovacija je uglavnom izum zapadnih menadžera i traži mnogo novca, a napredak se kupuje novcem, kupovinom novih mašina, koje su po pravilu skupe i investicijama u nove tehnologije.

Kaizen se temelji na nekoliko poslovnih principa (Pešić, 2011, pp.95-102):

- ne sme se prihvatati postojeće stanje,
- treba podržavati pozitivan pristup, odnosno usmerenost,
- ne sme se tražiti izgovor i opravdanja, nego ustrajati na rešavanju problema,
- treba podržavati akcije i sprovoditi ideje,
- treba koristiti svoje znanje u timskom radu,
- glavna prednost organizacije su njeni radnici,
- unapređenje procesa će se pre desiti ako se unapređuje po malo ne-  
go odjednom,
- unapređenja treba implementirati čim se ukaže mogućnost za to,
- preporuke za unapređenje moraju biti bazirane na kvantitativnim i sta-  
tističkim metodama evolucije procesa.

Osnove na kojima počiva Kaizen su:

- fleksibilna i univerzalno osposobljena radna snaga koja predstavlja glavni nosilac svih promena;
- sistem koji podržava kreativno mišljenje i inovativne ideje koje do-  
laze od zaposlenih u smislu iskorišćenja sposobnosti i kreativnih potenci-  
jala zaposlenih;
- autonomnost u smislu samostalne kontrole kvaliteta proizvoda ili  
usluga. Na taj način sprečava se da proizvod koji je neodgovarajućeg kvali-  
teta pristigne iz prethodnog procesa i zaustavi ili uspori narednu operaciju;
- standardizacija koju je nužno sprovesti jer se jedino tako svi radnici  
mogu upoznati sa *najboljim načinom* da se nešto uradi. Pri tome je nužno

shvatiti da se standardi, odnosno pravila, stalno menjaju. To je bitna razlika između Kaizena i metodologija ISO 9000. Standardi ISO 9000 ne bave se efektivnošću i efikasnošću rada i procesa. Standard je zamišljen kao specifikacija koja navodi samo na to *šta* treba uraditi, dok je iznalaženje rešenja i davanje uputstava *kako* prepušteno organizaciji i pojedincima. U tome i jeste problem. *Šta* se nauči brzo (nekoliko stranica teksta), dok je za *kako* potrebno više vremena, više pokušaja i više pogrešnih ili približnih rešenja. I nijedno od njih ne nalazi se u standardima. Kaizen daje odgovor na pitanje: *kako*? U Kaizenu je trenutni standard istovremeno polazna osnova za nove ciljeve kojima težimo, a kad ih dostignemo postavljamo novi standard, koji postaje samo odskočna daska za nove ciljeve;

- *alati* za sprovođenje Kaizena, pri čemu se pod alatom podrazumeva „metod ili postupak za prikupljanje, analizu ili prikazivanje podataka i informacija” (Bošković, 2003, p.51).

Prikaz osnovnih alata koji se koriste u toku realizacije Kaizen projekta može se naći u standardu JUS ISO 9004-4, pa nema potrebe za njihovim opisivanjem. Važno je istaći dve činjenice:

- ovi alati savladavaju se isključivo vežbanjem (korišćenjem),
- njima moraju da vladaju *zaposleni uključeni u problem*, a najbolje oni koji su najbliže nastanku problema.

Ipak, treba neprekidno imati na umu da probleme ne rešavaju alati, već ljudi.

## Metodologija primene Kaizena u logistiku

Logistika je veliki proizvođač, nabavljač i distributer materijalnih sredstava i veliki potrošač finansijskih sredstava, pa zato mora da bude oblast naročite pažnje menadžmenta i permanentne kontrole u fazi planiranja, organizovanja i sprovođenja logističkih aktivnosti (Andrejić, et al., 2010, pp.37-62). U uslovima nedovoljno izvesnog finansiranja i skromnih materijalnih resursa i zahteva za povećanjem operativnih sposobnosti Vojske, rešenje se može naći samo u racionalnom trošenju raspoloživih resursa. Menadžment Vojske mora stalno razmišljati kako da poveća operativnu sposobnost sa resursima koji su mu na raspolaganju. „Ugradnja” Kaizena u logistiku pruža dobru osnovu za rešenje ovog problema iz najmanje dva razloga: oslanja se na ljudske resurse i ne zahteva velika ulaganja.

Vojska koja pretenduje da primeni Kaizen u logistiku, mora da obezbedi visoki nivo logističke kulture<sup>4</sup>, najpre kod menadžmenta, a zatim i kod ostalih zaposlenih u logistici ali i kod *korisnika logističkih usluga*. Ovo iz razloga što

<sup>4</sup> Logistička kultura predstavlja nivo saznanja o tome šta se može učiniti sa raspoloživim resursima i koji su resursi (obim, vrsta količina i kvalitet) potrebni za izvršavanje zadataka i dostizanja željenih ili zadatih ciljeva.

logistička kultura „Puno utiče na smanjenje troškova u sistemu odbrane i unapređenje operativnih sposobnosti Vojske“ (Andrejić, et al., 2010, pp.57). Visok nivo logističke kulture korisnika logističkih usluga doprinosi da oni svoje planove, ciljeve i ambicije usaglasе sa mogućnostima logistike.

U Vojsci se odluke o merama za poboljšanje donose na vrhu hijerarhijske lestvice i prosleđuju naniže (princip *top-down* – od vrha na- dole). Međutim, ove mere se ne poklapaju uvek sa stvarnim problemima koji postoje u lancu vrednosti. Kaizen omogućava da se aktivnosti na poboljšanju fokusiraju na mesto na kojem su nastali problemi, i na taj način se svi nivoi komandovanja bave postojećim problemima u lancu vrednosti. Iz navedenog se može zaključiti da se u postupku primene Kaizen programa u logistici ravnomerno treba primenjivati *top-down* i *bottom-up* pristup, odnosno da je za uspeh Kaizena podjednako značajna posvećenost menadžmenta i izvršnih organa logistike, kao i korisnika logističkih usluga.

Poboljšanje performansi logistike moguće je realizovati pomoću četiri vrste Kaizena. Svi oni imaju isti cilj (eliminisanje rasipanja<sup>5</sup>), ali se razlikuju po učesnicima, mestu odvijanja i dužini trajanja. Prema složenosti problema, učesnicima i veličini timova koji bi radili na projektu možemo ih rasporediti kao u tabeli 1.

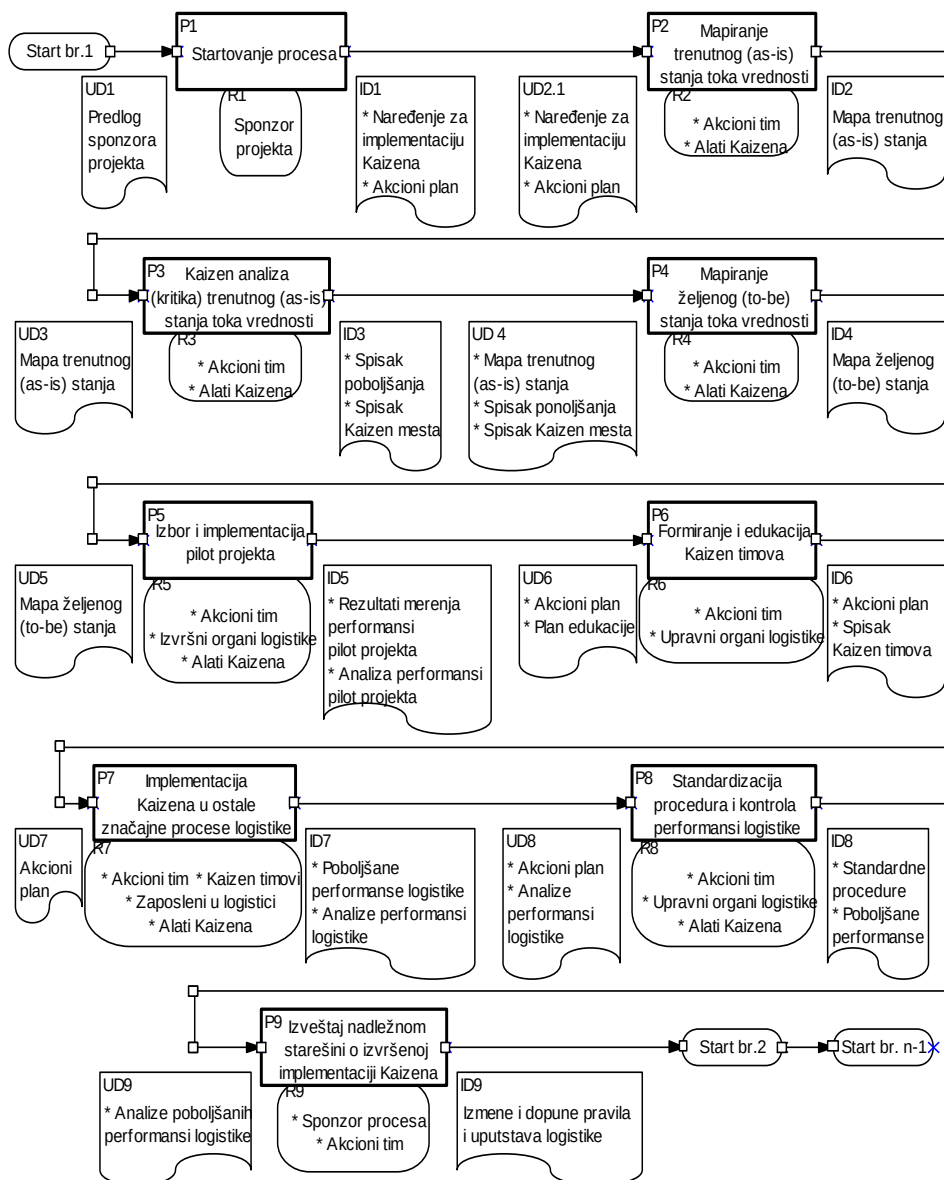
Tabela 1 – Raspodela Kaizena po složenosti

Table 1 – Distribution of Kaizen by complexity

Таблица 1 – Распределение Кайдзен методов по сложности

| Nezavisni uzroci                                  |                                                    |                                        |                    |                                    | Međusobno povezani uzroci    |                           |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Pojam uzroka                                      | Osnovni sporadični                                 | Osnovni tehničko-sporadični            | Složeni sporadični | Hronični                           | Složeno hronični             | Izuzetno složeno-hronični |
| Tehnika za rešavanje problema                     | Razumno osnovno iskustvo                           | Kaizen super blic                      | Blic (brzi) Kaizen | Standardni Kaizen (Kaizen događaj) | Major (veliki-glavni) Kaizen | Napredni (viši) Kaizen    |
| Procesi                                           | procesi organske logistike (logistike u bataljonu) |                                        |                    | procesi logistike u Vojsci         |                              |                           |
| Poboljšanja                                       | operativna                                         |                                        |                    | fokusrana                          |                              |                           |
|                                                   | obuka pojedinaca i timova                          |                                        |                    |                                    |                              |                           |
| Nivo potrebne kvalifikacije za rešavanje problema | referent operater (rukovalac)                      | načelnik referent operater (rukovalac) | tim                | tim                                | tim                          | tim                       |

<sup>5</sup> Rasipanje je svaka operacija koja dodaje troškove, ali ne i vrednost proizvodu ili usluzi.



Slika 2 – Karta MEGA procesa primene Kaizena u logistiku

Figure 2 – Map of the MEGA Process Kaizen implementation in logistics

Рис. 2 – Карта МЕГА процесса применения Кайдзен концепции в логистике

Zbog specifičnosti svake organizacije ne postoji jedna standardizovana, generička i univerzalno primerljiva metodologija, već samo okvir za primenu Kaizen programa. Na slici 2 prikazana je mapa opšteg MEGA

procesa primene Kaizena u logistiku. Pri projektovanju ove mape prime-njen je procesni pristup i Kaizen princip „korak po korak”.

Na mapi su prikazani ključni procesi (P), ulazni dokumenti (UD) na osnovu kojih se procesi realizuju, resursi (R) koji se angažuju u realizaciji procesa i izlazni dokumenti (ID) koji se izrađuju (ili ažuriraju) na kraju pro-cesa. S obzirom na to da je Kaizen „proces bez kraja”, na mapi su, nakon realizacije jednog poboljšanja, prikazani počeci novih procesa poboljša-nja koji slede iza njih (start br. 2.... start br. n-1). Stalnom verifikacijom re-zultata poboljšanja i kontinualnim unapređenjima obezbeđuje se ciklič-nost i spiralnost postupka primene Kaizena.

Prikazana mapa je potpuno kompatibilna sa organizacijskom struk-turom, propisima i principima Vojske, kao i sa temeljnim principima Kai-zen koncepta.

## Tok vrednosti i rasipanja u logistici

Termin tok vrednosti koristi se u Kaizenu da pokaže kako postoji pravi (optimalan) redosled za sve poslovne aktivnosti, kako su one me-đusobno povezane i kako sve one zajedno doprinose uspešnom poslo-vanju. Tok materijala i informacija kroz poslovni proces, kako bi se ispo-ručio proizvod ili usluga krajnjem korisniku, u Kaizen terminologiji naziva se tok vrednosti (Value stream). Tok vrednosti je tok svih aktivnosti, kako onih koje dodaju vrednost završnom proizvodu ili usluzi, tako i onih koje ne dodaju vrednosti (rasipanja) koje postoje u nekom procesu.

S obzirom na to da je krajni cilj Kaizena da eliminiše svako rasipanje u procesu ili radnoj oblasti, neophodno je, da se najpre „vidi” rasipanje, a zatim otkrije uzrok koji ga izaziva. Tako bi se u logističkoj funkciji snabde-vanja, moglo definisati sedam osnovnih rasipanja koja su navedena u ta-beli 2 (Pešić, 2012).

*Tabela 2 – Sedam osnovnih rasipanja u snabdevanju vojne organizacije*

*Table 2 – Seven primary types of waste in the supply of a military organization*

*Таблица 2 – Семь основных видов расточительства при снабжении военных организаций*

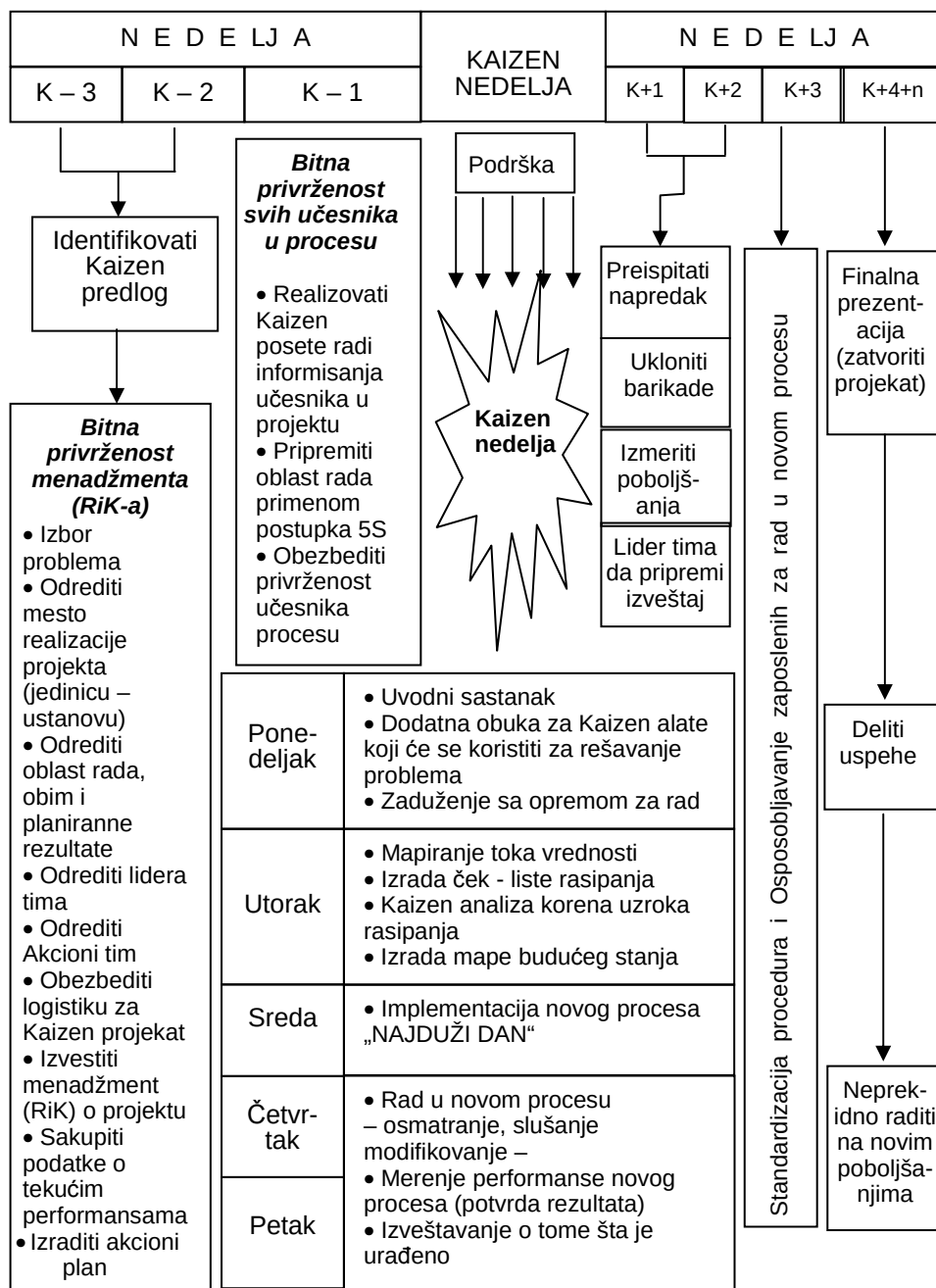
| Rasipanje           | Definicija                                                                         |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Zalihe              | Nepotreban visoki nivo materijala i informacija                                    |
| Čekanje             | Prazan hod radnika i mašina usled čekanja materijala, informacija i ljudi          |
| Defekti             | Svaka dorada proizvoda, usluga ili informacija                                     |
| Transport           | Kretanje materijala koje ne doprinosi vrednosti proizvoda i usluga                 |
| Kretanje            | Nepotrebno kretanje ljudi, materijala i informacija ili nepotrebni pokreti radnika |
| Pasivni resursi     | Svi resursi koji nisu maksimalno angažovani                                        |
| Nepovezanost znanja | Neredovne i zakasnele informacije i uputstva                                       |

Generalno, u logistici su rasipanja u velikoj meri vezana za problem upravljanja zalihama materijala. Zaliha materijala je veličina koja uslovljava druge logističke ciljeve, a visina zaliha ima direktan uticaj na troškove zaliha i skladištenja. Redukcija zaliha, naprotiv, može voditi redukciji sposobnosti isporuke, redukciji raspoloživosti materijala, a samim tim i povećanju vremena isporuke (Pešić, 2010, pp.150-162). Eliminisanje rasipanja u ovom procesu ima upravo za cilj brzo prilagođavanje zahtevima korisnika bez formiranja nepotrebnih zaliha.

## Organizacija i sprovođenje Kaizen događaja

Kaizen događaj (Kaizen Event) obično traje od tri do pet radnih dana, ne računajući pripremne radnje, prezentacije i praćenje rezultata (slika 3) (Pešić, 2012).

Pri organizaciji Kaizen događaja najpre treba identifikovati Kaizen predlog. Prvi korak u ovoj fazi je izbor problema koji treba rešavati i koji će se nalaziti u fokusu Kaizen događaja. Preporuka je da se za početak ne treba usmeriti na neki suviše zahtevan problem, već na onaj kod kojeg će rezultati u kratkom roku biti vidljivi i merljivi. Svaki Kaizen događaj treba da bude projektovan tako da predstavlja progresiju rezultata i novo iskustvo i bazu za edukovanje novih timova. Na ovaj način obezbeđuje se privrženost svi učesnika za nastavak procesa. U narednom koraku vrši se izbor lidera koji će voditi tim za unapređenje procesa. Poželjno je da lider tima ima određena iskustva iz odabrane oblasti rada, ali da trenutno nije neposredno angažovan u njoj. Treći korak je izbor akcionog tima. U Kaizenu postoje razni oblici timova, ali im je zajedničko nekoliko svojstava: maksimalno su efikasni, imaju delegiranu odgovornost i teže ka konstantnom unapređenju svih procesa. Veličina i sastav tima zavisi od prirode problema koji je definisan u prvom koraku provođenja Kaizena. Tim treba da sačinjavaju radnici koji su upoznati sa procesom gde je problem izolovan, ali i nekoliko „autsajdera” (radnici koji poznaju tok procesa ali nisu neposredno angažovani u njemu). Svi oni moraju da budu zainteresovani za unapređenje, tako da su neki vidovi nagrađivanja za uspešni Kaizen dobrodošli. Nakon obezbeđenja logistike za realizaciju Kaizen projekta vrši se prikupljanje tekućih performansi procesa, snimanje kamerama i fotografisanje postojećeg stanja. To se čini kako bi se prilikom finalne prezentacije projekta uporedilo stanje pre i posle primene Kaizena, kako bi se dokumentovala postignuta poboljšanja i obezbedila privrženost zaposlenih filozofiji kontinuiranog unapređenja. Identifikacijom Kaizen predloga završava se izrada akcionog plana. U okviru akcionog plana mogu se izraditi ček-liste ili dijagram odgovornosti lidera i članova tima.



Slika 3 – Raspodela vremena za Kizen događaj  
 Figure 3 – Distribution of the time for a Kaizen Event  
 Рис. 3 – Распределение времени по Кайдзен концепции

U Kaizen projektu ljudi su ključ uspeha, pa je važno da podrže proces. Zato je bitno da im se objasni šta se očekuje od procesa poboljšanja i koja je njihova uloga. Zaposleni moraju postepeno menjati ustaljeni način rada i razmišljanja, što se ostvaruje edukacijom, treninzima i Kaizen posetama. U toku Kaizen posete vrši se priprema oblasti rada postupcima 5S<sup>6</sup>. Postoji više razloga za ovakvo rešenje, a najvažniji su:

- sistem 5S „čisti” i organizuje radno mesto u njegovoj konfiguraciji. To je tipično početna tačka za transformaciju pogona (Stoiljković, et al., 2009, pp.499-504),

- zaposleni ga najbolje poznaju i relativno je jednostavan sistem, a kritična vrednost jednostavnih sistema leži u tome što su laki za razumevanje i primenu. Naravno, i primena sistema 5S predstavlja promenu, i ima svoje poteškoće, ali su one minimizirane zbog jednostavnosti sistema,

- fantastičan je motivator radnika. Kada ljudi shvate (a brzo shvate) da ovako jednostavne aktivnosti imaju toliku snagu i da njihovom dobrom primenom radno mesto postaje mnogo prijatnije za rad, prihvatiće ove principe sa mnogo više oduševljenja,

- 5S isporučuje brze i očigledne rezultate, čime se obezbeđuje i privrženost učesnika za nastavak procesa primene Kaizen projekta.

Kaizen nedelja (sprovođenje Kaizen događaja) obično počinje uvodnim sastankom koji vodi lider tima. Nadležni starešina svojim prisustvom i učešćem izražava privrženost menadžmenta predstojećem procesu. Nakon toga, članovi tima se dodatno informišu u pogledu onih Kaizen tehnika koje će biti korišćene za opisivanje i rešavanje problema tokom Kaizen događaja. Zatim, svaki član tima zadužuje potrebnu opremu i potrošni materijal, kao i set standardnih formulara za praćenje i nadgledanje procesa. Istovremeno, svi članovi se upoznaju i sa timskim resursima kojima će imati pristup. U takve resurse spadaju: rasporedi skladišta, fotografije oblasti rada, funkcionalne dužnosti realizatora procesa, pravila i uputstva za rad upravnih i izvršnih organa, pravilnika zaštite na radu i drugo. Drugi radni dan počinje sa upoznavanjem članova tima sa trenutnim stanjem u oblasti rada. Ključni alat za opisivanje postojećeg stanja i identifikovanje korena uzroka problema je mapa toka vrednosti. U toku procesa mapiranja vrši se i analiza trenutnog stanja toka vrednosti. Tom prilikom akcioni tim izvodi zaključak o značaju svakog koraka u procesu: (da li korak kreira vrednost ili rasipanje, da li se realizuje po planu i da li je tok neometan u njemu ili postoje prepreke koje ga zagušuju). Takođe, dobijaju se informacije o materijalu i informacijama u procesu (da li su na raspolaganju u pravo vreme i u pravoj količini). Na kraju se dobijaju i informacije o opremi koja se koristi u procesu (da li funkcioniše na pravi način) (Pešić, 2012).

<sup>6</sup> Skup pravila za organizovanje radnog mesta 5S (Seri – sortirati, Seiton – urediti, Seiso – očistiti, Seiketsu – standardizovati i Shitsuke – održati).

U logistici postoje i rasipanja koja su teže uočljiva ili su povezana sa specifičnostima samih procesa. Zato se tokom analize postojećeg stanja izrađuje detaljna ček-lista rasipanja (tabela 3). Rasipanja se rangiraju od jedan do četiri (0 – nema rasipanja; 1 – vrlo malo rasipanje; 2 – malo rasipanje; 3 – značajno rasipanje i 4 – izrazito veliko rasipanje).

*Tabela 3 – Detaljna ček lista rasipanja*  
*Table 3 – Detailed Waste Finding Checklist*  
*Таблица 3 – Подробный обзор списка расточительства*

| Red. br. | Proces | Vrste rasipanja (tabela 2+n) |   |   |   |   |   |   |  |   | Ocena | Rang | Komentar |
|----------|--------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|---|-------|------|----------|
|          |        | 1                            | 2 | 3 | 3 | 5 | 6 | 7 |  | n |       |      |          |
|          |        |                              |   |   |   |   |   |   |  |   |       |      |          |
|          |        |                              |   |   |   |   |   |   |  |   |       |      |          |
|          |        |                              |   |   |   |   |   |   |  |   |       |      |          |

Nakon registrovanja i rangiranja rasipanja, pristupa se pronalaženju uzroka rasipanja sa najvišim prioritetima. U toku analize korena uzroka problema potrebno je tražiti i načine njihove eliminacije, odnosno treba generisati moguća rešenja problema, a zatim odabrati pravo rešenje. Preporuka je da se u ovu aktivnost (koju neki autori nazivaju „Kaizen kritika” stvarnog stanja), uključe i neposredni izvršioci procesa, koji je predmet Kaizen događaja. Kaizen analiza stvarnog stanja treba da pokaže koje postojeće aktivnosti treba sačuvati, koje poboljšati, a koje eliminisati. Takođe, treba da ukaže na nove aktivnosti koje treba uključiti u proces i da li treba zadržati ili promeniti (kako) redosled aktivnosti u procesu. Na ovaj način identifikuju se Kaizen mesta u samom procesu. Zaključci iz Kaizen analize služe za dizajniranje budućeg (ciljnog) stanja toka vrednosti i primenu odabranog rešenja. Navedeno razmatranje upućuje na zaključak da je u Kaizen pristupu analizi procesa, rasipanje vidljivo i da se identifikuju male prilike koje zajedno stvaraju veću vrednost za korisnika, što omogućava proaktivno i kontinualno poboljšanje procesa. Kod tradicionalnih pristupa rasipanje se ne definiše ili nije lako vidljivo, reaguje se samo na „velike ishode” pa je i eventualno poboljšanje procesa reaktivno. Poslednja aktivnost drugog radnog dana je izrada mape budućeg (to-be) procesa, koja sa akcionim planom predstavlja osnovu za primenu odabranih rešenja.

Tokom trećeg radnog dana vrši se proces „ugradnje” odabranih (planiranih) poboljšanja. Posebno je važno da se tokom sprovođenja i evolucije Kaizena permanentno prate i evidentiraju postignuti rezultati. Ovaj „najduži dan” završava se kratkim sastankom lidera i članova tima, tokom kojeg članovi tima iznose svoja zapažanja i eventualne predloge za dalji tok sprovođenja Kaizena.

Sledeći korak u sprovođenju Kaizen događaja je „potvrda rezultata”. U okviru ovog koraka akcioni tim treba neprekidno da vrši merenje i ocenu planiranih performansi poboljšanih procesa. Ukoliko izmerena poboljšanja bitno odstupaju od planiranih, akcioni tim treba da ustanovi koje aktivnosti u procesu treba modifikovati, a koje treba privremeno zaustaviti dok se ne izvrše detaljnije analize.

U toku Kaizen nedelje akcioni tim je u „stalnom zasedanju”, tako da se eventualne korekcije vrše u hodu, kako bi se obezbedio kontinuitet u sprovođenju planiranih poboljšanja.

Na kraju Kaizen nedelje održava se sastanak akcionog tima u kojem članovi tima iznose svoja zapažanja i izveštavaju lidera tima o postignutim rezultatima. Nakon toga vrši se analiza prikupljenih podataka i izvode konačni zaključci o uspešnosti Kaizen projekta.

Sledeće dve nedelje deluje se na osnovu izvedenih zaključaka iz Kaizen nedelje. Vrše se „fina podešavanja” već usvojenih poboljšanja procesa. Istovremeno se priprema konačni izveštaj i prezentacija projekta. Poboljšane aktivnosti potrebno je što pre standardizovati, kako bi proces bio efektivniji i efikasniji. Zato se u sledećoj fazi standardizuju nove procedure rada i zaposleni obučavaju i osposobljavaju za njihovu doslednu primenu u budućem radu.

Sledeća, pretposlednja faza je prezentacija učinjenih promena i merljivih rezultata i njihovo neprekidno praćenje. Prezentacija uključuje uporedne prikaze starog i novog toka vrednosti, video i fotografske zapise i ilustracije ostvarenih unapređenja, analize troškova i koristi, itd. Najbitnije je da se tokom prezentacije manje govori o aktivnostima, a više o rezultatima. Merljivi rezultati se detaljno prezentiraju menadžmentu, kako oni koji su već postignuti, tako i oni planirani za budući period.

Kaizen događaj se formalno završava svečanom dodelom priznanja članovima tima i zaposlenima koji su radili na realizaciji procesa. Pre samog svečanog čina članovi tima popunjavaju formular sa utiscima (*Event Evaluation Form*) o Kaizen događaju, ocenama njegove korisnosti, načinu vođenja događaja i sl. Ostvoreni rezultati koriste se za sve naredne Kaizen događaje i njihove koordinate i lidere. Zato se „Osposobljavanje timova za naredne Kaizen događaje” uvek prikazuje kao jedan od nemerljivih rezultata Kaizena.

Nakon stabilizacije novih promena i njihovih uključivanja u kulturu, u vojnim organizacijama vrši se osiguranje izvršenih promena, što se realizuje izradom odgovarajućih regulativnih dokumenata u formi naređenja, pravila i uputstva.

Kaizen predstavlja neprekidni ciklus koji se stalno ponavlja, pa poboljšanja postaju deo svakodnevnog života, što predstavlja i glavni cilj primene Kaizen koncepta u logistici. Pri tome treba stalno imati na umu

preporuku Imaia<sup>7</sup> – tvorca Kaizena: „Proveri – ispitajte rezultate testa. Uverite se da ste unapredili proces. Tek ako ste se uverili u profitabilnost promene, primenite je na poslovanje, ako ne, probajte ponovo sa nekom drugom promenom” (Imai, 2008, p.35).

## Uvođenje Kaizena u domaću praksu

Poznavajući ekonomski razvoj Srbije, i uslove tržišta, može se zaključiti da bi primena Kaizen koncepta u što većem broju srpskih preduzeća donela brži napredak srpske privrede i boljitak celom društvu. To potvrđuju podaci iz fabrike Japan Tobacco International a.d. Senta, jedna od retkih firmi koja u Srbiji u potpunosti primenjuje Kaizen menadžment. Od početka primene Kaizen koncepta produktivnost u fabrici je porasla za čak 52 odsto, a količina škarta smanjena je za 57 odsto (<http://www.economy.rs/vesti>).

Dva su bitna preduslova za primenu Kaizena u domaću praksu. Prvi je promena naših navika i načina razmišljanja. Naš najveći neprijatelj je naš ustaljeni način razmišljanja (Kavi, 2006). Moramo da napustimo moto kojeg se često pridržavamo u praksi: „Ako nešto funkcioniše nemoj ga dirati”. Kaizen kaže suprotno: „Sve, uključujući i ono što funkcioniše, može i mora biti unapređivano. Alternativa neunapređenju je stagnacija i opadanje operativne sposobnosti sistema” (Pešić, 2012).

Kaizen traži masovno učešće zaposlenih, pa je masovno obučavanje zaposlenih drugi (ne manje značajni) preduslov za primenu Kaizena. Zato menadžment organizacije mora neprekidno da podstiče zaposlene na učenje i usavršavanje. Edukacija mora da bude postupna: prvo unaprediti logističku kulturu upravljačkog kadra u sistemu odbrane, a zatim krenuti od najnižih nivoa organizovanja sistema odbrane, odnosno Vojске i delovati u širokom spektru kod „generacija koje dolaze (vojnici, podoficiri, studenti, mladi oficiri,...” (Andrejić, Sokolović, 2009, pp.32-53). U Kaizen se ne uči „jednom za sva vremena”, već „ceo život” (life-long education), jer je to uslovljeno promenama u okruženju i relativno brzim zastarevanjem postojećih znanja i veština. Pri edukovanju zaposlenih u logistici veoma je bitno da se primeni još jedan princip Kaizen koncepta, a to je da tokovi informacija idu u oba smera, od pretpostavljenog ka potčinjenom i obrnuto. U duhu filozofije „geintchi genbutsu”, potčinjeni se ohrabruju da daju savete i sugestije o procesima i njihovim mogućim unapređenjima. Geintch genbutsu znači da i najviši menadžment treba da provodi što više vremena sa neposrednim izvršiocima procesa. Samo

<sup>7</sup> Masaki Imai je konsultant iz oblasti upravljanja kvalitetom. Godine 1986. osnovao je Kaizen institut za pomoć zapadnim kompanijama u upoznavanju Kaizen koncepta, sistema i alata. Danas Kaizen institut deluje u preko 22 zemlje i nastavlja da pomaže kompanijama u unapređenju njihove proizvodnje, usluga i ciljeva.

na taj način imaće pravi uvid u probleme i moguća rešenja, a potčinjeni će u neformalnom tonu lakše iznositi svoje utiske o problemima.

S obzirom na to da su mogućnosti i resursi koji obezbeđuje privredni sistem zemlje skromni, i resursi koje država usmerava i daje na raspolaganje i korišćenje Vojsci su skromni i restriktivni. Zato, Kaizen koncept može biti ključ za razvoj srpske privrede i najveća šansa za preduzeća u Srbiji i Vojsku Srbije.

## Zaključak

Aktuelna finansijska situacija primorace mnoge domaće kompanije i Vojsku da se fokusiraju na rasipanja i varijacije koje postoje u njihovim procesima. To će im omogućiti da znatno smanje svoje troškove, a da istovremeno povećaju kvalitet svojih proizvoda i usluga, kao i svoju operativnu sposobnost. Pri tome je veoma važno da se primene koncepti koji daju rezultate i za koje postoji definisana metodologija primene u poslovnim procesima. Kaizen koncept ispunjava sve te zahteve. Imajući u vidu trenutno stanje Vojske i njene logistike, Kaizen koncept mogao bi biti vrlo primeren pristup kojim se može napraviti značajan iskorak ka višim nivoima njihove operativne sposobnosti. Posebna njegova pogodnost za primenu u logistici i Vojsci jeste činjenica da nije uslovljena velikim materijalnim i finansijskim ulaganjima i sofisticiranim tehnologijama. Pored toga, njegovi principi ne moraju se primenjivati odjednom, već se mogu uvoditi korak po korak. On istovremeno inicira proces unapređenja koji je kontinuiran u smislu da se nikad ne završava, jer se postojeće stanje uvek može unaprediti.

Primena Kizena nije jednostavna. Zahteva vreme i strpljenje, kao i neprekidno obrazovanje i obuku svih učesnika u procesu. Unapređenja procesa mogu biti samo u granicama fleksibilnosti i spremnosti sistema za promene. Promene su neefikasne ako nisu zahvatile više (ako ne sve) segmenata jedne organizacije. Promene urađene u jednom segmentu vrlo brzo devalviraju pod uticajem nepromenjene sredine. Zato je neophodno da principi i metode Kaizen koncepta budu prošireni na celo okruženje ovog sistema. Iz navedenog razloga veoma je važno intenzivirati rad i na podizanju logističke kulture korisnika logističkih usluga.

Strateško opredeljenje za implementaciju ovog koncepta doprinelo bi da on postane stil i kultura življenja zaposlenih u logistici i Vojsci u celini. Kaizen koncept pruža solidnu osnovu za bekstvo od inferiornosti, na koju, i pored besparice, ne moramo biti osuđeni. On omogućava da se kvantitet nadoknadi kvalitetom, u kojem bi novi kontekst upotrebe omogućio novi potencijal. Kaizen zahteva potpuno poštovanje propisanih standarda i procedura. Striktno poštovanje procedura vodi uređenom sistemu, a ako neko tome teži – to je Vojska.

## Literatura

- Andrejić, M., Sokolović, V., Milenković, M., 2010, Koncept razvoja službi logistike, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 58, No. 4, pp.37-62.
- Andrejić, M., Sokolović, V., 2009, Integralna logistička podrška sredstava naoružanja i vojne opreme, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 57, No. 1, pp.32-53.
- Bošković, R., 2003, Alati kvaliteta, pp .50-52, *XIII stručni seminar o kvalitetu - Kvalitet kao poslovna strategija*, Petrovac, septembar 17-19.
- Imai, M., 2008, *Kaizen – Ključ japanskog poslovanja*, Beograd, Mono i Manjana.
- Kavi, S., 2006, *Sedam navika uspešnih ljudi*, Beograd, PS-Editor-IP.
- Perović, M., 2003, Nacionalna strategija kvaliteta i poslovne izvrsnosti, pp.9-13, *XIII stručni seminar o kvalitetu - Kvalitet kao poslovna strategija*, Petrovac, septembar 17-19.
- Pešić, P., 2010, *Menadžment procesom lanca snabdevanja u vojnoj organizaciji primenom logističkog Controllinga*, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 58, No. 2, pp.150-164.
- Pešić, P., 2011, Implementacija Lean koncepta u sistem logističke podrške vojne organizacije, pp.95-102, *Četvrti simpozijum sa međunarodnim učešćem TRANSPORT I LOGISTIKA*, Mašinski fakultet, Niš, maj 27.
- Pešić, P., 2012, *Implementacija Lean Six Sigma koncepta u sistem snabdevanja vojne organizacije, magistarska teza*, Mašinski fakultet, Niš.
- Stoiljković, V., Stoilković, P., Stoilković, B., 2009, Implementacija Lean Six Sigma koncepta u proizvodne i uslužne organizacije, *International Journal „Total Quality Management & Excellence“* 37(1-2), pp.499-504.
- <http://www.economy.rs/vesti>.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРАКТИКИ КАЙДЗЕН ПРИ РЕШЕНИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

ОБЛАСТЬ: логистика  
ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья  
ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

### Резюме:

*Кайдзен, кайдзэн (яп. 改善) – японская философия или практика, которая фокусируется на непрерывном совершенствовании процессов производства, разработки, вспомогательных бизнес-процессов и управления, а также всех аспектов жизни. «Кайдзен» в бизнесе – постоянное улучшение, начиная производством и заканчивая высшим руководством, от директора до рядового рабочего. Улучшая стандартизированные действия и процессы, цель кайдзен – производство без потерь.*

*Многие военные организации признали преимущества Кайдзен и применяют её в своей практике. Кайдзен является одним из наиболее приемлемых методов непрерывного совершенствования процессов в логистике. Это позволяет постепенно про-*

водить улучшение процессов, повышая их экономическую эффективность и гибкость. В то же время, Кайдзен дает возможность быстро, эффективно и действенно реагировать на любые изменения во множестве внешних факторов в области логистики.

Ключевые слова: совершенствование процессов, расточительство, логистика, Кайдзен, применение.

## KAIZEN CONCEPT AND ITS APPLICATION IN LOGISTICS

FIELD: Logistic

ARTICLE TYPE: Professional Paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

### Summary:

*Kaizen is a Japanese philosophy that focuses on continuous improvement, simplification and acceleration of processes, by reducing or eliminating waste and by spending a minimum of resources needed, while delivering the best possible quality products and services. It is a process that, when done correctly, humanizes the workplace, eliminates overly hard work and teaches people how to perform tests of their own work (using scientific methods) and eliminating scrap in the business process.*

*Many military organizations have recognized the benefits of Kaizen and implemented it into their practice. Kaizen is one of the most acceptable methods of continuous process improvement in logistics. It is cost effective and flexible and allows incremental process improvement. At the same time, it provides logistics with quick, effective and efficient responses to any changes in its turbulent and complex environment.*

### Introduction

*The introduction points out the importance of Kaizen as a world process aimed at eliminating all forms of waste and at efficient use of resources in manufacturing and service processes. It is both applicable in the economy and military organizations, in highly developed as well as developing countries. The aim of the article is to define an effective and efficient management approach to introducing the Kaizen process into logistics.*

### Principles and basics of the Kaizen concept

*A brief overview of the basic principles and basics of the Kaizen management is given as well as tools and techniques for its implementation. Figure 1 shows the given Kaizen approach to process improvement. Since Kaizen insists on improved standardization procedures, the most important point is the difference between the methodology of Kaizen and ISO 9000.*

## Methodology of the implementation of Kaizen in logistics

*Since logistics is a large manufacturer, supplier and distributor of funds and a major consumer of financial resources, the article states the reasons for the need of implementation of Kaizen. Four types of Kaizen are possible to be implemented into logistics. Table 1 gives the complexity of the distribution of Kaizen. Since there is no universal methodology for the implementation of Kaizen, Figure 2 gives a general map of the MEGA implementation process. The map shows the key processes (P) and input documents (UD) for the process implementation, resources (R) engaged in the implementation process and the output documents (ID) made (or updated) at the end of the process .*

## Value stream and waste in logistics

*Value stream is a basic factor that must be considered when making a decision on the implementation of Kaizen. The ultimate goal of Kaizen is to eliminate any waste in a process or a work area; therefore, Table 2 lists seven basic types of waste in the logistic function of supply.*

## The organization and implementation of Kaizen events

*The central part of the paper contains an analysis of implementing Kaizen principles and a methodology of the organization, implementation and monitoring of the implementation of Kaizen events. Specific guidelines for organizing and conducting Kaizen events are given. The scheduled time for a Kaizen event is shown in Figure 3. The main conclusion drawn is that there is no standardized, generic and universally applicable procedure, but only a framework for the implementation of the Kaizen program. The framework for the implementation involves several phases: from the identification of pre-conditions and priorities, through recording the current state and defining the future (target) one to its implementation in the strict sense, presentation and follow-up. Since waste elimination is in the focus of every Kaizen event, it is necessary to identify waste first. Table 2 lists the seven basic types of waste in the logistic function of supply. In any process there is specific waste, so it is necessary to develop a detailed checklist of waste, the form of which is shown in Table 3. It is particularly emphasized that Kaizen is a continuous cycle that keeps repeating. In this way, Kaizen improvements become a part of everyday life, which is the main objective of implementing Kaizen in logistics.*

## Introducing Kaizen in local practice

*The paper points to the fact that the Kaizen philosophy may be appropriate particularly in the economic environment in Serbia and in the material support to the Army, because no large financial investments are necessary. There are two preconditions for its implementation: changing habits and mindsets of employees and their mass involvement and training. Therefore, the task of the organization management to encourage employees to continually learn and improve themselves is stressed in particular.*

## Conclusion

*It can be concluded that a special benefit of the application of Kaizen in the Army is the fact that it is not linked with large financial investments and sophisticated technologies, that its principles do not have to be applied at once, but can be introduced step by step thus initiating a process of improvement that is continuous and never ending, because a current situation can always be improved. The fact is that the application of Kaizen will not be easy. It will require time and patience, as well as continuous education and training of all the involved. It is emphasized that changes are ineffective if they do not affect more (if not all) segments of an organization. Therefore, it is essential that the principles and methods of the Kaizen concept be extended to the whole environment of logistics. The general conclusion is that a strategic decision to implement Kaizen would help it to become a business life style and corporate culture in logistic and the entire military organization.*

*Key words: improvement; waste; logistics; Kaizen; implementation.*

---

Datum prijema članka / Paper received on / Дата получения работы: 11. 05. 2014.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 22. 06. 2014.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 24. 06. 2014.

# ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ СА ОСВРТОМ НА ПРИМЕНУ ЕКОЛОШКИХ И НАНОМАТЕРИЈАЛА

Милош З. Петровић<sup>а</sup>, Снежана М. Ђорић-Вељковић<sup>б</sup>,  
Југослав П. Карамарковић<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Техничка школа "12. Фебруар" Ниш, Група саобраћајних  
предмета + Универзитет у Нишу,  
Грађевинско-архитектонски факултет, Докторске студије  
е-mail: petmil@ni.ac.rs

<sup>б</sup>Универзитет у Нишу, Грађевинско-архитектонски  
факултет, Катедра за информатику, математику и физику  
е-mail: snezana@gaf.ni.ac.rs; jugoslav.karamarkovic@gaf.ni.ac.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-6478

ОБЛАСТ: материјали, животна средина, грађевинарство

ВРСТА ЧЛАНКА: стручни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: српски

## Сажетак:

*Антропогени и техногени утицај на животну средину појачан је у последњој деценији 20. века. Тај тренд се наставља и у 21. веку, а офанзива глобализације доноси нове еколошке проблеме. Глобални еколошки проблеми највише погађају градове. Изглед човекове средине, чији је индентитет изражен кроз форму, структуру и боју, представља једну од најзначајнијих карактеристика простора. Прво што се уочава јесте грађевина и урбанистичко уређење. Људи су увек придавали велику важност избору материјала за изградњу и уређење простора. При томе су коришћени материјали који су били карактеристични за одређене регије и поднебља. У ери савремених технологија и експанзије нових техничких достигнућа, човек и његова околина захтевају материјале који ће оплеменили животни простор, а конструкције и обликоване волумене учинити богатијим и садржајнијим. Материјали који се примењују треба да задовоље критеријуме који омогућавају комфор, обезбеђују рационално трошење енергије, здраве животне услове и очување животне средине. У овом раду представљени су грађевински материјали који по свом саставу и технологији израде доприносе заштити и очувању животне средине.*

Кључне речи: дрво, блок, стакло, лотос, бетон, правни акти, плочице, опека, животна средина, наноматеријали, екоматеријали.

## Увод

Грађевински објекти значајно мењају наше окружење. Већина објеката није у складу са потребама заштите животне средине, јер су енергетски неефикасни, прехладни или претопли и скупи за одржавање. Најчешће су израђени од материјала који лоше утичу на здравље и животну средину. У њиховој изградњи троши се око 40% камена, ситног и крупног агрегата, а 25% дрвене грађе. Код ових објеката за изградњу и одржавање троши се 40% енергије и 16% воде од укупне количине енергије и воде на планети. Велико учешће у отпаду има грађевински отпад (Grdić, Topličić-Ćurčić, 2010, pp.87-94).

Применом еколошких материјала граде се објекти који имају минимални утицај на животну средину, а који ће истовремено бити економичнији и здравији за становање (Architecture week, 2010). Очување животне средине и изградња подразумева максимално искоришћење природних услова локације, употребу здравих материјала, рационално трошење воде и енергије за изградњу (Stang, Hawthorne, 2010).

Када се у време интензивног индустријског развоја одлучивало о примени одређене производне технологије у потпуности су преовладали економски и технолошки критеријуми. При томе су еколошки критеријуми сматрани за економско оптерећење, док у постиндустријској ери ови критеријуми заједно са енергетским постају доминантни. Масовна производња заснована на традиционалним принципима довела је до тенденције пораста количине отпадног материјала. Услед открића узнемиравајућих доказа о огромним последицама оваквог стања на читав живи свет и њихов опстанак уследило је преиспитивање и измена постојеће технологије и процеса. Главни фокус тада се усмерава на креирање радикално новог концепта стварања производа са другачијим вредностима.

## Утицај грађевинарства на животну средину

Еколошки утицај је битно глобално питање и велики је притисак са различитих страна да се утицај минимизира – захтеви често потичу од влада, трговинских асоцијација, производних ланаца и других социјалних и финансијских интересних група (Todorović, Bakrač, 2010, pp.22-26). Антропогени и техногени утицај на животну средину појачан је у последњој деценији 20. века. Тај тренд се наставља и почетком 21. века, а офанзива глобализације доноси нове еколошке проблеме. Глобални еколошки проблеми (загађење ваздуха, воде, деградација земљишта, гомилање отпада) највише погађају градове. Квантитатив-

вна предвиђања будуће ситуације још увек су несигурна. У 2001. години процењено је да ће се глобална температура ваздуха на Земљи повећати за отприлике 1,4–5,8°C до 2100. год. Чак и загревање за 2°C до 2100. године резултираће и најбржим мењањем климе које се икада догодило у последњих 10.000 година, у периоду у којем се развила модерна цивилизација (Јовановић, Вајин, 2009, pp.15-24).

Територија града са концентрисаним становништвом и интензивним активностима, урбанизацијом, представља потенцијално угрожен простор (Potić, Trajković, 2008, pp.83-91). Успостављањем грађевинско-архитектонских захтева савремено друштво директно утиче на заштиту животне средине формирањем инфраструктуре. У складу с тим, ради ефикасног очувања животне средине, на површини или испод површине земљишта могу се вршити активности и одлагати материјали који не загађују или оштећују земљиште. У току реализације пројекта, као и пре његовог извођења (изградње, експлоатације минералних сировина и др.), обезбеђује се заштита тла и земљишта. Такође, један од јако битних фактора очувања животне средине са аспекта грађевинарства је и заштита од зрачења. Она се спроводи применом система мера којима се спречава угрожавање животне средине и здравље људи од дејства зрачења која потичу из јонизујућих и нејонизујућих извора и отклањају последице емисија које извори зрачења емитују или могу да емитују. При томе је важно користити грађевинске материјале који емитују јонизујућа и нејонизујућа зрачења по прописаним условима и на прописан начин. Мере предвиђене законима и другим прописима подразумевају примену норматива и стандарда код изградње објекта, избора и набавке опреме, ради спречавања негативних, штетних утицаја на животну средину. Мере обухватају и услове који утврђују надлежни државни органи и организације код издавања одобрења и сагласности на изградњу објекта, извођења радова и употребу објекта (Petrović, 2011, 63-72).

У поступку европских интеграција Србије извршено је усаглашавање њених националних прописа у области животне средине са прописима ЕУ. Овај процес обухватио је и пренос значајног дела надлежности за обављање послова у области животне средине на локалну самоуправу, укључујући и послове који се односе на глобалне проблеме животне средине (Todić, Grbić, 2013, pp.193-208). Ова област детаљно је дефинисана сетом еколошких закона (Закон о планирању и изградњи, Закон о заштити животне средине, заштита од хемијског удеса, интегрални катастар загађивача, Закон о процени утицаја на животну средину, Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине, Закон о заштити ваздуха, Закон о заштити од јонизујућег зрачења и о нуклеарној сигурности, Закон о заштити од нејонизујућег зрачења,

Закон о заштити природе, Закон о биоцидним производима, Закон о хемикалијама, Закон о управљању отпадом, Закон о амбалажи и амбалажном отпаду, Закон о заштити од буке у животној средини, заштита земљишта, Закон о фонду за заштиту животне средине, казнена политика у области заштите животне средине...).

Реализација „еколошки подобног производа“, односно материјала који се примењује у грађевинарству и који је сагласан са заштитом животне средине, један је од првих корака ка остваривању концепта одрживог развоја и очувања животне средине. Овакви материјали су флексибилни, поуздани, дуговечни, прилагодљиви, доградиви и погодни за виšekратну употребу. Еколошка подобност материјала има велико значење у контексту производње потрошних ресурса.

Фокус производње је на стварању безотпадних методологија које оптимизирају производњу и максимизирају еколошке перформансе. Основне карактеристике су:

- смањена количине употребљених материјала,
- употреба рециклираних материјала,
- употреба материјала из непосредне околине,
- повећана енергетска ефикасност,
- повећана дуготрајност производа,
- употреба материјала са мањим утицајем на животну средину,
- смањена количина отпада,
- својство поновне рециклаже (рециклабилност),
- могућност мерења угљеничног отиска, и
- примењени принципи одрживог развоја.

Такође, наглашено је смањење утицаја на животну средину, што важи за читав еколошки животни циклус производа, и то од вађења сировине до одлагања производа (чиста производња). Тренутно је циљ да се оптимизира цео друштвено-економски систем производа, као и да се испуне критеријуми одрживог развоја и очувања животне средине.

Последица утицаја грађевинарства и загађивања животне средине јесте и повећање угрожавања људске безбедности, јер животна средина је основна матрица живота човека, као и свих других живих бића (Marković, et al., 2013, pp.198-212).

## Примена еколошких и наноматеријала у грађевинарству

Опека је најраспрострањенији грађевни материјал на нашим просторима. Лако је доступна, прихваћена и не изискује додатну едукацију извођача. Врло је постојана и отпорна на труљење и инсекте. Због своје густине опека се спорије загрева лети, а зими се

спорије хлади, што помаже у одржавању температуре. Модернији произвођачи опеке унапредили су производњу на начин да у процесу производње мање загађују него што је то био случај у прошлости. Али, таквих је произвођача врло мало. Чињеница је да се за производњу опеке утроши много енергије, јер се она пече на температури од око 1000°C. Због начина градње, како не би долазило до губитка топлоте, потребна је изолација, па се на опеку најчешће ставља стиропор, који током времена губи своја топлотна својства. Уколико се објекти изграђени од опеке не омалтеришу губе четири пута више топлоте од прописаног енергетског стандарда.



Слика 1 – Симпролит блокови  
Figure 1 – Simprolit products  
Рис. 1 – Система «Simprolit»

Дрво је најприроднији „зелени“ материјал. Ако се шуме редовно и одговорно одржавају дрвеће ће поновно израсти без нарушавања природног баланса. Дрвене конструкције могу трајати вековима неоштећене временом, наравно, уколико су заштићене од влаге, инсеката и непредвиђених оштећења. Дрво је биоразградиво и не ствара никаква оштећења и негативне утицаје на животну околину. Потребне су релативно мале количине енергије како би се обрадило

и припремило за градњу, али захтева редовно одржавање и премазивање хемикалијама ради заштите. Ти премази су скупи и нееколошки, те остављају врло негативан утицај на животну средину. Све то додатно повећава цену дрвета као материјала за градњу. Иако неравнине и несавршеност дају дрвету посебан визуелни изглед, могуће су потешкоће приликом уградње и спајања страница, а с временом оно додатно мења форму, односно „ради“.

Симпролит блокови имају изузетне санитарно-епидемиолошке карактеристике. У објектима изграђеним од овог материјала не само да се омогућава комфорност живљења, већ су у потпуности испуњени и еколошки захтеви. Зидови од симпролит блокова декларишу се као „суви“ (не више од 4% влажности). У случају натапања конструкције у хаваријским ситуацијама брзо се суше, без губитка физичких карактеристика. У случају поплава зидови од симпролит блокова не упијају влагу путем капиларног пењања, као што то чине зидови од опеке, сипорекса, пенобетона, керамзитобетона и других материјала (зидови од тих материјала упијају воду по целој висини, а затим се дуго суше, понекад и више од годину дана). У класи лаких бетона симпролит полистиролбетон је међу најлакшима, а производи од њега су и неколико пута лакши од аналогних. Коришћењем симпролит блокова за зидање фасадних и преградних зидова знатно се умањује оптерећење на конструктивне елементе објекта, а самим тим смањују се и њихове димензије, потребна арматура и тежина, што директно утиче на цену конструкције објекта. Захваљујући њиховој лакоћи, зидање симпролит блоковима изузетно је повољно за надградњу постојећих објеката и изградњу мансарди на објектима са равним крововима. По правилу, при надградњи поткровља на објекту са равним кровом укупна тежина надградње је у суми мања у односу на тежину типских слојева за изолацију равних кровова, захваљујући чему најчешће није потребно ојачање темеља објекта који се надзиђује. Симпролит блокови су негориви, јер под дејством високих температура куглице стиропора обложене адитивима и цементом испаравају, а остаје бетонска „решетка“ која при даљем дејству пожара прелази у порозни цементни камен, задржавајући при томе своја физичка и термофизичка својства скоро у пуном обиму. Минимална дебљина „ребра“ симпролит блока са шупљинама износи 4 цм. Зидови од симпролит блокова, напуњени бетоном, имају висок степен чврстоће и отпорности на сеизмичка дејства – за степен и више од зидова сазиданих другим врстама блокова. Они, такође, задржавају своју отпорност при дуготрајној експлоатацији (100 и више година). Помоћу ових блокова могуће је изградити лаке, а притом и високоотпорне зидове, с обзиром на то да имају вертикалне и хоризонталне шупљине у које је могуће, заједно са бетоном, монтирати и арматуру. Општепозната противуречност између

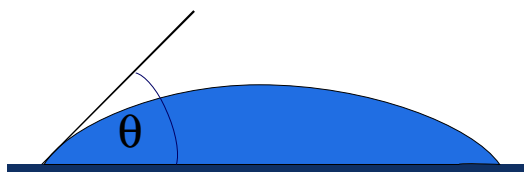
носивости и термоизолационе способности грађевинских елемената (носивост захтева већу запреминску тежину, а што је већа запреминска тежина тим је мања термоизолациона способност) код симпролит блокова решена је на тај начин што се они израђују од суперлаког симпролит полистиролбетона максималне запреминске тежине 200kg/m, који доприноси високој термоизолационој способности. С друге стране, носивост зидова сазиданих симпролит блоковима постиже се пуњењем шупљих отвора блокова бетоном, при чему носивост изграђених зидова зависи искључиво од примењене марке бетона. Без обзира на то што се симпролит блокови зидају тако што се пуне бетоном, укупна тежина зида је мала. При томе, осим носивости, бетон који се налива у симпролит блокове доприноси побољшању и других неопходних карактеристика зидова, као што су: звукоизолација, летња стабилност, топлотни капацитет итд. (Venolia, Lerner, 2006).

Такође, као важан ЕКО материјал, користи се нискоемисионо стакло. Нискоемисионо стакло или LOW-E стакло је микроскопско танки слој метала или металног оксида, који се на стакло наноси напаравањем метала на молекуларном нивоу. Стакло премазано металним филмом пропушта само зрачење кратке таласне дужине (видљиви део спектра), док зрачења дугих таласних дужина (инфрацрвени зраци) одбија с топле стране стакла на хладнију страну. LOW-E блокира готово 98% штетних сунчевих зрака, па тако, велике устакљене просторије могу у хладнијем периоду постати колектори соларне енергије и тако доприносити уштеди топлотне енергије. Спољашња температура нпр. може бити  $-10^{\circ}\text{C}$ , а на унутрашњој површини једноструког стакла температура ће бити  $-2^{\circ}\text{C}$ , док двоструко стакло с ниском емисијом може повисити температуру и до  $15^{\circ}\text{C}$ . Препорука је да би се на прозоре који се налазе на јужној страни, дакле директно изложени сунчевим зракама, слој LOW-E требао нанети са спољашње стране стаклене површине, а ако су ПВЦ прозори намењени за сакупљање сунчеве енергије зими и за повећање топлотних добитака, LOW-E би се требао нанети на унутрашњу страну стаклене површине. То је јако важно јер је стално улагање у очување енергије у данашње време приоритет (Sobesky, 2008).

Стакла за заштиту од сунца производе се као једнострука стаклена површина или као изолационо стакло. Намена му је да максимално садржи продор енергије сунчевог зрачења која пада на стаклену површину. Таква стакла немају заштиту од блештања. Заштитни премаз наноси се на унутрашњу страну спољашњег стакла.

Самочистећа стакла су хидрофилне или хидрофобне стаклене површине које се темеље на лотос-ефекту. Код хидрофобних стаклених површина вода се одбија, а хидрофилне стаклене површине привлаче воду.

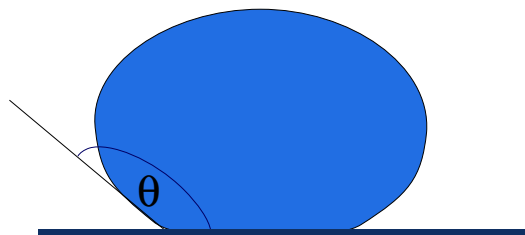
Поред тога што о очувању животне средине свакако треба водити рачуна, потребно је изнаћи најбоља решења за неке од проблема. Развојем бионике почело је и коришћење различитих ефеката, па и ефекта за који је већ дуго познато да се јавља код различитих биљака, па и лотосовог листа, по чему је управо и назван лотос ефекат. Наиме, листови лотоса се не могу наквасити, а после кише су не само суви, већ и чисти, јер вода која клизи низ листове повлачи за собом и прљавштину и прашину. Капи воде могу да покупе честице прашине, јер је микроструктура (заправо наноструктура) површине лотосовог листа таква да минимизира пријањање капљица за површину. Познато је да капи воде заузимају сверни облик због тежње да имају минималну површину, што је условљено површинским напонам. Међутим, при контакту са неком другом површином, услед адхезионих сила, долази до појаве квашења, при чему може доћи до потпуног или делимичног квашења у зависности од структуре површине. Уколико је угао између силе површинског напона (која дејствује у правцу површине течности) и друге површине на којој се налази течност оштар каже се да течност „кваси“ површину, а ако је туп угао течност „не кваси“ ту површину, као што је приказано на слици 2 и 3, респективно.



Слика 2 – Контактни угао између површине течности и површине чврсте подлоге када течност „кваси“ површину

Figure 2 – The contact angle between the liquid surface and the surface of a solid substrate when the liquid "wets" the surface

Рис. 2 – Угол между поверхностью жидкости и смачиваемой поверхностью пола

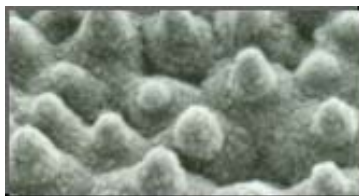


Слика 3 - Контактни угао између површине течности и површине чврсте подлоге када течност „не кваси“ површину

Figure 3 - The contact angle between the liquid surface and the surface of a solid substrate when the liquid "does not wet" the surface

Рис. 3 – Угол между поверхностью жидкости и несмачиваемой поверхностью пола

Што је већи контактни угао, може се рећи да је већа хидрофобност површине, па уколико је  $< 90^\circ$  сматра се да је површина хидрофилна, а уколико је  $> 90^\circ$  сматра се да је површина хидрофобна. С обзиром на то да је контактни угао када се кап воде налази на површини лотоса већа и од  $160^\circ$  додирна површина је мања од 1%. Уз то, површина листа лотоса прекривена је неравнинама величине 5 до 10 микрометара на којима се налази восак, што је приказано на слици 3.



Слика 4 – Неравнине на листу лотоса

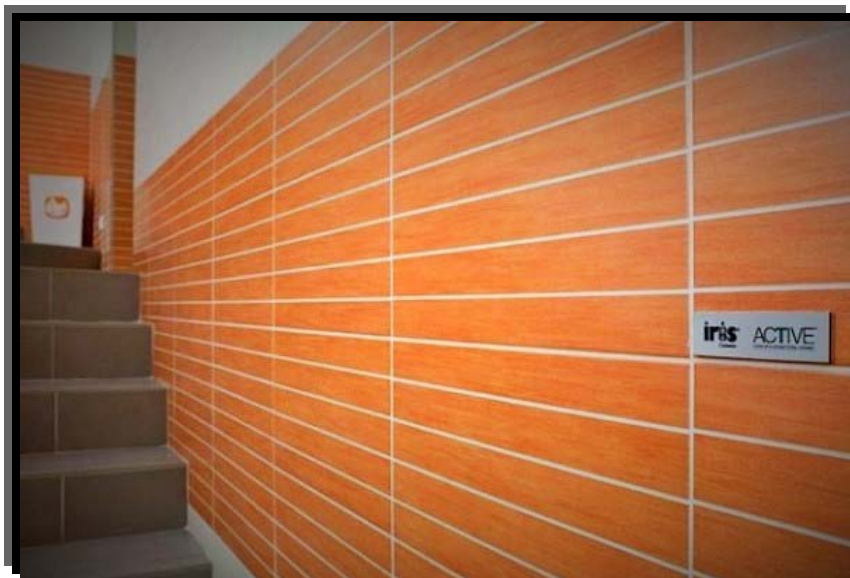
Figure 4 – The bumps on a lotus leaf

Рис. 4 – Неровности на листе лотоса

Када је утврђено да суперхидрофобност површина потиче од неравнина микроскопских и наноскопских димензија, а не од неких специфичних хемијских својстава површина то је искоришћено за добијање површина које могу саме да се чисте. Тако се данас на тржишту налазе различити премази који користе лотос ефекат, па и фасадне боје. Када се нанесе оваква боја, захваљујући микроструктурним својствима, контактна површина честице прљавштине и воде се јако смањује, а површина постаје изразито хидрофобна. Капи кише могу лако да склизну и са собом повуку честице прљавштине које слабо пријањају уз површину. Површине премазане уобичајеним фасадним бојама мање су водоодбојне и не посједују ону посебну микроструктуру попут лотосовог листа. Због тога се јаче навлаже водом, па честице прљавштине могу боље пријањати. Међутим, уколико се користе премази са лотос ефектом могуће је да фасаде остану у великој мери суве и дуго чисте. ([http://www.sto.hr/9952\\_HR-Tehni%C4%8Dki\\_%C4%8Dlanci\\_-\\_Fasada-StoLotusan.htm](http://www.sto.hr/9952_HR-Tehni%C4%8Dki_%C4%8Dlanci_-_Fasada-StoLotusan.htm))

Active Ceramic плочице реагују на загађиваче који се налазе у ваздуху и претварају их у нетоксичне минералне соли. Плочице се могу користити како у затвореном тако и у отвореном простору. Овај нови изум дизајнирао је др Roman Minozzi из Италије и његов тим. Група научника имала је циљ да „изгради нову плочицу која није само естетски привлачна, већ која такође поседује јединствену функцију, игра активну улогу у побољшању квалитета људског живота“. Активне керамичке плочице су обложене слојем титанијум-диоксида. Када је изложен извору светлости или се нађе у влажној средини титанијум-диоксид се

активира тако што покреће хемијску реакцију. Процес се назива пхотоцаталисис. Он разлаже најчешће загађиваче у ваздуху и претвара их у минералне соли. (<http://www.mojenterijer.rs/gradnja/keramicke-plocice-koje-ciste-vazduh>) Плочице разбијају масноћу, прљавштину и бактерије, а уклањају и непријатне мирисе. Овај тип плочица сме се чистити само водом. На овај начин може се ограничити коришћење агресивних средстава. Због својих хигијенских својстава, керамичке плочице које чисте ваздух имају широку примену у многим објектима као што су: клинички центри и домови здравља, школске установе, војни објекти, домаћинства...



Слика 5 – Плочице за пречишћавање ваздуха

Figure 5 – Active ceramic tiles

Рис. 5 – Облицовочная плитка, очищающая воздух

Уз плочице које имају могућност да саме пречишћавају ваздух постоје и еколошке подне облоге које се добијају од рециклираних материјала и отпадних сировина, али и од материјала који се касније могу рециклирати и који су биоразградиви. Њихова својства су:

- добро апсорбују буку,
- не штете човековом здрављу и
- могуће их је рециклирати.

У грађевинарству се за израду конструкција примењују и зелени и паметни бетони. Под зеленим бетоном подразумева се обиман пројекат различитих активности рационалне потрошње цемента, чија производња ослобађа велике количине угљен-диоксида (Grdić, Topličić-Ćurčić,

2010, pp.87-94). Предност зелених бетона јесте што се санација пукотина не врши накнадним радовима већ самозацељивањем које се постиже уградњом ломљивих цевчица које се при појави пукотина ломе и ослобађају лепак који попуњава пукотине. „Паметан” бетон је онај чији се састав пројектује тако да сам реагује на деловања и догађања у бетону и елиминише њихове негативне утицаје. Саморегулисање температуре врши се парафинским микрокапсулама које садрже успоривач хидратације цемента који се из капсула ослобађа при одређеној температури бетона (Grdić, Topličić-Ćurčić, 2010, pp.87-94).

Оно што је јако битно за очување животне средине, поред самог својства материјала, јесте и њихово депоновање (Petrović, et. al., 2013, 151-165). Због комплексности теме и законске регулативе то ће бити предмет другог рада.

## Закључак

Заштита животне средине подразумева скуп различитих поступака и мера који спречавају угрожавање животне средине с циљем да се очува биолошка равнотежа. Еколошка одбрана је мултидисциплинарна и треба да представља трајну обавезу свих чланова друштва. Њена мултидисциплинарност проистиче из чињенице да здравље, животна средина и социјални услови представљају комплекс области и проблема који су у сталној интеракцији. Стога сваки поремећај стања животне средине доводи до еколошких поремећаја и поремећаја социјалних односа, који су међусобно повезани и условљени.

Савремено градитељство и заштита животне средине последњих деценија имају проблем који је у корелацији са структуром окружења човека и заштите његове животне средине, јер је уочен одређен штетан утицај неких грађевинских материјала, који су уграђени у зграде индивидуалног или колективног становања, по здравље људи и околину. Уз то, материјали уграђени у објекте, машине и уређаје могу садржати веома опасне и штетне материјале. Нека од коришћених, а и све приступачнијих решења наведена су у овом раду презентацијом одређених еколошких материјала и постулатима заштите животне средине. Пажња је усмерена и на примену иновативних решења и материјала који су и у грађевинарству нашли изван простора. Наиме, и у области грађевинарства, као и у многим другим областима, примена нанотехнологија још увек је на почетку. Међутим, могућности примене многих нанотехнолошких производа у области грађевинарства и архитектуре постају све веће. При томе, примена ових нових производа и материјала у грађевинарству има све већу економску оправданост, али и оправданост са аспекта доприноса очувању животне средине.

## Литература / References

- Architecture week. The new magazine of design and building* 2010.
- Grdić, Z., & Topličić-Ćurčić, G. 2010. Ekološki materijali - komponenta održive arhitekture. *Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Niš*, 25, pp.87-94.
- Jovanović, L., & Bajin, D. 2009. Globalizacija ekoloških problema. *Ecologica*, 16(54), pp.15-24.
- Marković, S.S., Stojanović, D.V., Bakrač, S.T., & Zorić, M.M. 2013. Uticaj tehničko tehnoloških akcidenata usled havarija, požara i eksplozija na stanje ljudske bezbednosti. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 61(4), pp.198-212.
- Petrović, M. 2011. Životna sredina kao bitan faktor pri urbanističkom rešenju lokacije "Krivi vir" u Nišu sa drvenim mostom za pešački saobraćaj i uticajem motornih vozila. *Ecologica*, 61(18), pp.63-72.
- Petrović, M.Z., Anđelić, K.R., & Živulović-Petrović, M.G. 2014. Zaštita na radu prilikom izvođenja građevinskih radova i upotrebi mehanizacije. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 62(2), pp.151-165.
- Potić, O., & Trajković, S. 2008. Upravljanje otpadom u skladu sa EU ekološkim standardima, studija slučaja: Sanitarna deponija "Vrbak". *Nauka + Praksa*, 11, pp.83-91.
- Sobesky, J. 2008. *Natural style decorating with an earth - friendly point of view*. Creative Homeowner.
- Stang, A., & Hawthorne, C. 2010. *The green house: New directions in Sustainable Architecture*. Paperback.
- Todić, D., & Grbić, V. 2013. Globalni problemi životne sredine I lokalna samouprava u procesu evropskih integracija Republike Srbije. *Megatrend revija*, 10(2), pp.193-208.
- Todorović, M., & Bakrač, S. 2010. Integracija procesa ekološkog rizika u proces evaluacije učinka zaštite životne sredine - metodološki pristup. *Istraživanja i projektovanja za privredu*, 8(1), pp.22-26.
- Vaneli, C., & Lerner, K. 2006. *Natural remodeling for the Not - SO - Green House*. New York: Lark Books.
- Retrieved from <http://www.mojenterijer.rs/gradnja/keramicke-plocice-koje-ciste-vazduhFasada-StoLotusan.htm>
- Retrieved from [http://www.sto.hr/9952\\_HR-Tehni%C4%8Dki\\_%C4%8Dlanci](http://www.sto.hr/9952_HR-Tehni%C4%8Dki_%C4%8Dlanci)

## ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКОЛОГИЧНЫХ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

ОБЛАСТЬ: материалы, окружающая среда, строительство  
 ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья  
 ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

### Краткое содержание:

Антропогенное и техногенное влияние на окружающую среду особенно усилилось в последнее десятилетие XX века. Эта тенденция продолжается и в XXI веке, а наступление глобализации несет новые экологические проблемы. Города наиболее затронуты глобальными экологическими проблемами. Внешний вид окружающей человека среды, индивидуальность которой выражается через формы, структуры и цвета, является одним из

наиболее важных характеристик пространства. Первое что бросается в глаза – это архитектура и строительство. Человек всегда придает большое значение выбору материалов для строительства и отделки. При этом влияние на выбор материала оказывают региональная принадлежность и климатические условия. В эпоху современных технологий и экспансии новых технических достижений, человек требует использования материалов, которые сделают окружающее пространство более комфортным и насыщенным. То есть, материалы должны обеспечивать необходимый уровень комфорта, соответствовать требованиям энергоэффективности, быть безвредными для здоровья и экологичными. В данной статье приведен обзор материалов, соответствующих таким требованиям.

Ключевые слова: дерево, блок, стекло, лотос, бетон, нормативно-правовые акты, плитка, кирпич, окружающая среда, наноматериалы, экологичные материалы.

## ENVIRONMENTAL PROTECTION IN CIVIL ENGINEERING WITH REGARD TO THE USE OF ECO AND NANO MATERIALS

Miloš Z. Petrović<sup>a</sup>, Snežana M. Đorić-Veljković<sup>b</sup>,  
Jugoslav P. Karamarković<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Technical Secondary School "12. februar" Niš, Group of traffic school items + University of Niš, School of Building and Architecture, PhD studies

<sup>b</sup> University of Niš, School of Building and Architecture,  
Department of Computer Science, Mathematics and Physics

FIELD: Materials, Environment, Civil Engineering

ARTICLE TYPE: Professional Paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

### Summary:

*The looks of any environment, the identity of which is expressed through its form, structure and color, is one of the most significant characteristics of any area. The first structures that catch the observer's eye are buildings and urban structures. People have always attached importance to the choice of building materials and interior design. Materials used have been specific for certain regions. In the era of modern technology and the expansion of new technical advances, the man and his environment require materials which are going to enrich living space, while constructions and shaped volumes will be made richer and more content aware. Materials should fulfill criteria which allow comfort, provide efficient energy consumption, healthy living conditions and preserve the environment.*

*Buildings significantly change our environment. Most of such man-made objects do not comply with the needs of environmental protection because they are energetically inefficient, too cold or too hot and expensive to maintain. They are mostly built of materials which have a negative effect on health and environment. About 40% of stone and small and big aggregate are used for their production, as well as 25% of timber. Such objects waste 40% of energy and 16% of water worldwide. The use of eco-friendly materials results in objects with a minimal influence on the environment and at the same time such materials are more economical and healthier for living. Environmental protection and construction means the maximum utilization of natural site conditions, usage of healthy materials, efficient consumption of water and energy for building and use of water.*

*In the process of European integration of Serbia, there is a harmonization of the national regulations regarding the environmental protection with the EU regulations. This process includes the transfer of a significant part of jurisdiction in this field to the local government level, including jobs which refer to global environmental problems.*

*The influence of ecology is an important global issue. There is a huge pressure from many sides to minimize influence - requests often come from governments, trade associations and other social and financial stakeholders.*

*The implementation of "ecologically eligible products", i.e. materials used in construction and consistent with the protection of the environment, is one of the first steps towards the realization of the concept of sustainable development and environmental protection. These materials are flexible, reliable, durable, and suitable for repeated use. Environmental compatibility of materials is of great importance in the context of the production of consumable resources.*

*The focus of the production is to create wasteless methodologies that optimize production and maximize environmental performances. The basic features are:*

- reduced amount of materials used,*
- use of recycled materials,*
- use of materials from the immediate environment,*
- increased energy efficiency,*
- increased longevity of the product,*
- use of materials with less impact on the environment,*
- reduced amount of waste,*
- property of re-recycling (recyclability),*
- capable of measuring carbon footprint, and*
- applied principles of sustainable development.*

*The reduction of an environmental impact is also highlighted. This applies to the entire ecological life cycle, from raw material extraction to product disposal (clean production). Currently, the aim is to optimize the entire socio-economic system of the product, as well as to meet the criteria for sustainable development and environmental protection.*

*Brick is the most widely used building material in the region. It is easily available, accepted and does not require additional education of contractors. It is very durable and resistant to moldering and insects. Because of its density, it warms more slowly in summer and in winter it cools more slowly, which helps to maintain the temperature inside the object. Modern brick manufacturers have improved their production in order to pollute the environment less .*

*Wood is the "greenest" material. If forests are kept regularly, trees will grow without violating a natural balance. Wooden structures can last for centuries without being damaged by the elements. That is, if they are properly protected from moisture, insects and unforeseen damage. It is biodegradable and it does not make any damage and negative effect on the environment. A relatively small amount of energy is needed so that wood can be processed and prepared for building, but wood requires regular constant maintenance and coating chemicals for protection. These coatings are expensive and anything but ecological and they have negative influence on the environment.*

*Simplolit blocks have excellent sanitary - epidemiological characteristics. In objects built of Simplolit blocks, environmental requirements are completely fulfilled. Simplolit block walls are declared as "dry" (no more than 4% of moisture). In case of soaking, during great damage, such structures dry quickly without any loss of their physical characteristics. During floods, Simplolit block walls do not absorb moisture by means or capillary climbing like brick, siporex, foam concrete and other materials (in case of floods, walls of these materials absorb water along the entire height, and it takes time to dry , sometimes more than a year). In the class of lightweight concrete, Simplolit polystyrene is one of the lightest. Building facade and inner walls using Simplolit blocks significantly reduces the load on the structural elements of objects, reduces their dimensions and also reduces needed armature and weight, which directly impacts the construction f costs.*

*Low emissivity glass is an important EKO material. Low emission glass or Low-E glass is a microscopic thin layer of a metal or metal oxide, which is applied on the glass by vapor deposition of a metal on a molecular level. Glass coated with a metal film only allows short wavelength radiation (visible part of the spectrum), while it reflects the long wavelength radiation (infrared rays) from the warm side of the glass onto the cold side. LOW-E blocks almost 98% of harmful sun rays, so in the cold period big glazed house rooms can become collectors of solar energy, so they can contribute to save precious heat.*

*Glass which protects fromsun is made as a single glass surface or insulating glass. Its purpose is to keep back the solar energy which falls onto a glass surface. This glass does not have protection from glaring. A protective coating is applied on the inner side of the exterior glass.*

*Self cleaning glass is hydrophilic and hydrophobic glass based on a "lotus effect". A hydrophobic glass surface repels water and a hydrophilic one does the opposite.*

*The development of bionics saw the usage of various effects occurring in many plants including a lotus leaf, i.e. a lotus effect. The leaves of the lotus cannot get wet, and after the rain they are dry and clean because water which slides down the leaves takes the dirt and dust, so the leaf stays clean. The droplets of water can pick up particles of dirt because the microstructure (namely, nanostructure) of a lotus leaf surface is such that minimises the adhesion of water droplets to the surface.*

*Active Ceramic tiles are responsive to contaminants in the air, and turn them into non-toxic mineral salts. The tiles can be used both indoors as well as outdoors. This new invention is designed by dr. Romana Minozzija from Italy and his team. A group of scientists intended to "build a new tile that is not only aesthetically pleasing, but which also has a unique feature, play an active role in improving the quality of human life." Active ceramic plates are coated with a layer of titanium dioxide. When it is exposed to the light or when in humid environment, titanium dioxide activates and starts a chemical reaction. The process is called photocatalysis.*

*Green and smart concrete are also materials used for building structures in civil engineering. Green concrete refers to various activities of efficient consumption of cement, whose production releases large amounts of carbon dioxide.*

*In recent decades, modern civil engineering and environmental protection face a problem correlated with the structure and the protection of the environment, because the impact of some building materials can be harmful to human health and the environment as well. Materials in buildings, machinery and equipment can also contain very dangerous and harmful materials. Some of more affordable solutions are given in this paper together with the presentations of some ecological materials and the postulates of environmental protection.*

*Keywords: tree; blocks; glass; lotus; concrete; legal documents; tiles; bricks; environment; nano materials; eco materials.*

---

Датум пријема чланка / Paper received on / Дата получения работы: 19. 07. 2014.

Датум достављања исправки рукописа / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 12. 10. 2014.

Датум коначног прихватања чланка за објављивање / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 14. 10. 2014.

## 6. МЕЂУНАРОДНИ НАУЧНО- -СТРУЧНИ СКУП ИЗ ОБЛАСТИ ОДБРАМБЕНИХ ТЕХНОЛОГИЈА ОТЕХ 2014 (ПРИКАЗ ЗБОРНИКА РАДОВА)

Славко Ј. Покорни  
Висока школа струковних студија  
за информационе технологије, Београд  
e-mail: slavko.pokorni@its.edu.rs

DOI: 10.5937/vojtehg63-7154

ОБЛАСТ: војне технологије  
ВРСТА ЧЛАНКА: приказ  
ЈЕЗИК ЧЛАНКА: српски

### Сажетак:

*У овом приказу дате су основне информације о укупним резултатима, значају, међународном програмском одбору и областима рада 6. међународног научно-стручног скупа из области одбрамбених технологија ОТЕХ 2014, при чему је поређен са претходних пет скупова. Представљен је број тематских области, број радова, број аутора/коаутора, број сесија скупа и број чланова програмског одбора. Овогодишњи је скуп, у односу на претходне, имао највише објављених радова, као и пријављених аутора/коаутора.*

*Кључне речи: међународна конференција, ОТЕХ, војне технологије, приказ.*

У Београду је 9. и 10. октобра 2014. године, у просторијама Војнотехничког института, одржан 6. међународни научно-стручни скуп (конференција) из области одбрамбених технологија ОТЕХ 2014 (6<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEN 2014).

Организатор ове значајне конференције је, по пети пут, Војнотехнички институт (OTEN 2014 Conference Proceedings, 2014).

С обзиром на то да се следеће године навршава 10 година од прве конференције, наредна конференција планирана је за 2016. годину, што је прилика да се да компаративни приказ досадашњих конференција, а не само овогодишње.

Прва конференција посвећена одбрамбеним технологијама одржана је 2005. године, 6. и 7. децембра, на иницијативу Војне академије из Београда и у њеним просторијама, под називом 1. научни скуп Одбрамбене технологије у функцији мира OTEX 2005 (OTEN 2005 Konferencijski zbornik radova, 2005). Тада је одлучено да наредну конференцију организује Војнотехнички институт, који је наставио да организује и наредне конференције. Планирано је да се скуп одржава сваке друге године, али од тога се одступило 2012. године. Друга конференција одржана је 2007. године, од 3. до 5. октобра, под називом 2. научно-стручни скуп Одбрамбене технологије OTEX 2007 (OTEN 2007 Konferencijski zbornik radova, 2007). Трећа конференција одржана је 2009. године, 8. и 9. октобра, под називом 3. научно-стручни скуп са међународним учешћем из области одбрамбених технологија OTEX 2009 (OTEN 2009 Konferencijski zbornik radova, 2009). Четврта конференција одржана је 6. и 7. октобра 2011. године под називом 4<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEN 2011 (OTEN 2011 Conference Proceedings, 2011). Пета конференција одржана је 18. и 19. септембра 2012. године под називом 5<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEN 2012 (OTEN 2012 Conference Proceedings, 2012).

Из назива конференција очигледно је да су прве две конференције имале карактер домаћих конференција, трећа је била са међународним учешћем, а почев од четврте OTEX је постала међународна конференција, што је брз и значајан напредак и указује на значај и интерес и војне и цивилне међународне јавности за војну науку уопште и у Републици Србији.

Рад конференција одвијао се кроз пленарна излагања и радове у секцијама, а само прва конференција је, поред пленарних излагања, имала и три предавања по позиву. На неким конференцијама организована је и изложба наоружања и књига, као на пример 2009. године, када је организована постер секција са радовима студената и младих стручњака, а и округли сто са темом Одбрамбене технологије Србије: стање и трендови. Редовно су организоване и посете лабораторијама Војнотехничког института.

Садржај области којима се бавила ова конференција није се битно мењао, мада се број области мењао (неке су се обједињавале или раздвајале). Донекле су се мењали и њихови називи, а неке области

су се укључивале у неке конференције, а у неким их није било, као Геотопографске топологије и Медицина у одбрани (табела 1).

Прва конференција, 2005. године, имала је 4 програмске области са 14 секција. То су биле 1. Наоружање, муниција, борбене платформе и заштита (са 5 секција: Наоружање и балистика, Борбена моторна возила, Ваздухопловне платформе, Експлозивни материјали, Заштита), 2. Електронски системи, командно-информациони системи и системи управљања ватром (са 5 секција: Војни комуникациони системи, Радио-локациони системи, Информациони системи, Системи вођења и управљања, Пасивни системи), 3. Логистика, квалитет, стандардизација и метрологија (са 2 секције: Логистика и квалитет, Стандардизација и метрологија), и 4. Нове технологије и материјали (са 2 секције: Нове технологије и Нове технологије и материјали).

Друга конференција није користила термин програмске области већ секције, којих је било 10: 1. Наоружање и балистика, 2. Борбене платформе, 3. Муниција и експлозивни материјали, 4. Системи електронског ратовања, вођења и управљања и сензори, 5. Телекомуникациони, информациони и командно-информациони системи, 6. Геотопографске технологије, 7. Менаџмент у систему одбране и логистика, 8. Систем квалитета, стандардизација, кодификација и метрологија, 9. Иновативност, нови материјали, технологије и заштита, 10. Медицина у функцији одбране.

У трећој конференцији коришћен је термин тематске области, а било их је 11. Називи су били практично исти као и на другој конференцији, а нова тематска област били су Роботизовани борбени системи. На овој конференцији радови су подношени и на енглеском језику, а било је предвиђено да такви радови буду размотрени и за објављивање у часопису Научнотехнички преглед, који издаје Војнотехнички институт. На овој конференцији је од 202 рада 16 радова било на енглеском језику. Међутим, програмски одбор није имао чланове из иностранства (табела 2).

За конференцију се могу поднети радови који садрже оригиналне теоријске или практичне резултате истраживања, као и прикази практичних решења или уређаја из домена тематских области конференције.

Сваки учесник може бити аутор или каоутор највише три рада, али само једанпут као први аутор.

Сви радови подлежу стручној рецензији.

До сада је у зборницима ове конференције публиковано укупно 996 радова, укључујући и ОТЕХ 2014 (табела 2).

За конференцију се уобичајено штампа програм и нарезује ЦД на којем се налазе сви радови који су прошли рецензију. Од четврте конференције, одржане 2011. године (ОТЕХ 2011), када је ОТЕХ по-

стао међународна конференција, радови се пишу и излажу на енглеском језику.

Број иностраних држава, учесница на конференцији, мењао се, тако да се, зависно од конференције, креће између 13 и 15 (ако се не рачуна Србија). Број радова и аутора из иностранства је уједначен на последњим конференцијама (табела 3 и 4). Од када је OTEX међународна конференција, учесници су били из укупно 24 иностране државе.

Програмски одбор конференције постепено је укључивао научнике из иностранства, како би обезбедио квалитет међународне конференције (табела 2).

Програмски одбор овогодишње конференције чини 38 научних радника из 12 земаља: Белорусија – 1, Босна и Херцеговина – 3, Бугарска – 2, Чешка – 3, Канада – 1, Кина – 1, Немачка – 1, Нови Зеланд – 1, Румунија – 2, Словенија – 1, Србија – 21 (од којих је 7 из цивилних институција), Турска – 1. Дакле, било је 17 чланова из иностранства или око 45%.

Табела 1 – Преглед укупног броја радова по областима конференције

Table 1 – Overview of the number of all papers grouped by Conference areas

Таблица 1 – Обзор работ по по каждой из тем, представленных на конференции

| Р. бр. | Назив области                                                     | OTEX<br>2011 | OTEX<br>2012 | OTEX<br>2014 |
|--------|-------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|        | Пленарна излагања                                                 | 3            | 2            | 2            |
| 1      | Аеродинамика и динамика лета                                      | 11           | 12           | 10           |
| 2      | Ваздухоплови                                                      | 22           | 23           | 26           |
| 3      | Наоружање и возила                                                |              |              | 21           |
| 4      | Муниција и енергетски материјали                                  | 28           | 29           | 20           |
| 5      | Интегрисани сензорски и роботски системи                          | 17           | 16           | 21           |
| 6      | Телекомуникациони и информациони системи                          | 18           | 18           | 12           |
| 7      | Материјали и технологије                                          | 22           | 34           | 36           |
| 8      | Квалитет, стандардизација, метрологија, одржавање и експлоатација | 11           | 11           | 10           |
| 9      | Геотопографске технологије                                        | 7            |              |              |
| 10     | Медицина у функцији одбране                                       | 3            |              |              |
|        | УКУПНО ОБЛАСТИ                                                    | 9            | 7            | 8            |
|        | УКУПНО РАДОВА                                                     | 142          | 145          | 158          |

На овогодишњој конференцији било је највише објављених радова и њихових аутора/коаутора, рачунајући од времена од када се одржава као међународна конференција, па се радови пишу на енглеском језику (табела 1, табела 2).

Овогодишњу конференцију отворио је министар одбране Републике Србије Братислав Гашић, а скупу се, у име организатора и домаћина, обратио директор Војнотехничког института пуковник доцент др Зоран Рајић.

Министар одбране је истакао да је ОТЕХ изузетно значајна научно-стручна манифестација и прилика да се на једном месту сретну сви они који су на директан или индиректан начин укључени у делатност одбрамбених технологија и поручио да је Министарство одбране увек било и биће отворено за међународну сарадњу, чему сведочи и велики број учесника из иностранства на скупу (<http://www.vti.mod.gov.rs/index.php?view=actuality&type=news&id=292#sthash.zpBQkU7Y.dpuf> 2014 Oct 11).

Отварању скупа присуствовали су високи званичници Министарства одбране и Војске Србије, страни војни изасланици акредитовани у Србији, делегације МО више земаља, више од 100 учесника из иностранства, представници института, факултета, фабрика одбрамбене индустрије и други гости.

Табела 2 – Број радова, аутора, секција, сесија и чланова програмског одбора по конференцијама

Table 2 – Number of papers, authors, sections, sessions and members of the Programme Committee by Conferences

Таблица 2 – Список количества представљених радова, аутора, секција, сесија и представитеља Оргкомитета конференције

|                                    | ОТЕХ 2005 | ОТЕХ 2007 | ОТЕХ 2009 | ОТЕХ 2011 | ОТЕХ 2012 | ОТЕХ 2014 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Број радова*                       | 168       | 181       | 202       | 142       | 145       | 158       |
| Број аутора/коаутора               | 268       | 287       | 374       | 315       | 402       | 417       |
| Број секција**                     | 14        | 10        | 11        | 9         | 7         | 8         |
| Број сесија                        | 19        | 22        | 20        | 15        | 15        | 16        |
| Број чланова Програмског одбора*** | 30/7      | 30/4      | 22/5      | 31/13     | 29/10     | 38/17     |
| Број држава****                    | 1         | 1         | 4         | 17        | 16        | 14        |

Легенда:

\* Свака конференција имала је по 2 пленарна рада, која су обухваћена.

\*\* Број тематских области, односно секција.

\*\*\* Укупан број чланова Програмског одбора/број ван институција Војске Србије за ОТЕХ 2005, ОТЕХ 2007 и ОТЕХ 2009, а за ОТЕХ 2011, ОТЕХ 2012 и ОТЕХ 2014 то су укупан број чланова Програмског одбора/број чланова из иностранства (при чему чланови из цивилних институција Србије нису посебно издвајани из укупног броја).

\*\*\*\* У број држава сврстана је и Србија, као домаћин конференције.

Табела 3 – Преглед броја радова и аутора (и коаутора) по државама учесницама  
 Table 3 – Overview of the number of papers and authors (with coauthors) by member states  
 Таблица 3 – Обзор количества работ и авторов (соавторов), по странам участников

| Р. бр.        | Држава           | ОТЕХ 2011   |             | ОТЕХ 2012   |             | ОТЕХ 2014   |             |
|---------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|               |                  | Број радова | Број аутора | Број радова | Број аутора | Број радова | Број аутора |
| 1             | Алжир            | 3           | 3           | 3           | 5           | 5           | 11          |
| 2             | Аустралија       | 1           | 1           |             |             |             |             |
| 3             | Аустрија         |             |             |             |             | 1           | 1           |
| 4             | Белорусија       |             | 9           | 1           | 3           | 2           | 4           |
| 5             | БиХ              | 5           |             | 3           | 6           | 4           | 8           |
| 6             | Бугарска         |             |             | 2           | 4           | 1           | 2           |
| 7             | Црна Гора        | 1           | 3           | 2           | 2           | 2           | 5           |
| 8             | Чешка            | 2           | 3           | 2           | 3           | 1           | 4           |
| 9             | Египат           |             |             | 2           | 2           |             |             |
| 10            | Француска        | 1           | 1           | 2           | 2           | 1           | 1           |
| 11            | Ирска            | 1           | 2           |             |             |             |             |
| 12            | Италија          | 1           | 1           | 1           | 1           |             |             |
| 13            | Канада           | 3           | 3           |             |             | 1           | 1           |
| 14            | Кина             |             |             | 2           | 3           |             |             |
| 15            | Македонија       |             |             |             |             | 3           | 7           |
| 16            | Нови Зеланд      | 1           | 1           |             |             |             |             |
| 17            | Пољска           |             |             | 2           | 10          |             |             |
| 18            | Русија           | 1           | 1           |             |             |             |             |
| 19            | Словенија        | 1           | 4           | 1           | 6           | 1           | 1           |
| 20            | Судан            |             |             |             |             | 8           | 15          |
| 21            | Швајцарска       | 1           | 1           |             |             |             |             |
| 22            | Турска           | 8           | 11          | 6           | 10          |             |             |
| 23            | Украјина         | 1           | 1           | 1           | 2           |             |             |
| 24            | Велика Британија | 1           | 2           | 2           | 2           | 1           | 2           |
| УКУПНО радова |                  | 32          | 47          | 32          | 61          | 31          | 62          |

На отварању већине досадашњих конференција одржана су и пригодна предавања посвећена нашим познатим научницима. Тако је 2011. године пригодно предавање било посвећено животу и раду Николе Тесле, једном од највећих српских проналазача и научника.

С обзиром на то да се 2014. године обележавало 160 година од рођења Михајла Пупина, на отварању ОТЕХ, професор Драгољуб Мартиновић одржао је пригодно предавање (на енглеском језику) о његовом лику и делу.

Конференција је, како је уобичајено, настављена пленарним предавањима гостију из иностранства: др Леонида Гречихина, са Вишеког државног ваздухопловног колеџа у Минску, Република Белорусија и др Мартина Мацка са Универзитета одбране у Брну, Чешка.

Табела 4 – Преглед броја радова и аутора/коаутора по државама учесницама  
Table 4 – Overview of the number of papers and authors/coauthors by member states  
Таблица 4 – Обзор количества работ и авторов/соавторов по странам участников

|                        | ОТЕХ 2011   |             | ОТЕХ 2012   |             | ОТЕХ 2014   |             |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        | Број радова | Број аутора | Број радова | Број аутора | Број радова | Број аутора |
| Број иностраних држава | 16          |             | 15          |             | 13          |             |
| УКУПНО инострани       | 32          |             | 32          | 61          | 31          | 62          |
| Србија                 | 110         |             | 113         | 341         | 127         | 356         |
| УКУПНО ОТЕХ            | 142         |             | 145         | 402         | 158         | 431         |

Проф. Гречихин одржао је предавање под насловом Aerodynamics of separated flow, а проф. Мацко под насловом Modelling of laser attack on airplane during landing manoeuvre.

Затим је конференција настављена радом по секцијама и сесијама, а кратки садржаји прихваћених и рецензираних радова могу се видети на сајту ОТЕХ 2014 (<http://www.vti.mod.gov.rs/oteh/index.htm>), док се комплетни радови налазе на ЦД (ОТЕХ, 2014).

У зборнику овогодишње конференције има укупно 158 радова (укључујући и 2 пленарна рада), које је написало 412 аутора из 14 држава (укључујући и Србију), а то је нешто више радова и аутора, али мање држава него претходне конференције 2012. године (табела 4).

Напоменимо да се за ОТЕХ не плаћа котизација, а одржава се у Београду, граду где је концентрација научног и стручног потенцијала Србије, како војног, тако и цивилног, а Београд је привлачна дестинација и за учеснике из иностранства, па је све то додатни мотив да ОТЕХ има бројне и квалитетне учеснике.

До сада су о претходним конференцијама ОТЕХ написана три приказа у *Војнотехничком гласнику* (Gaćeša, 2007), (Gaćeša, 2010), (Ђурковић, 2012), а у овом прилогу је настојано да се да свеобухватнији и компаративни приказ резултата свих досадашњих конференција ОТЕХ.

На крају, може се констатовати да је конференција ОТЕХ 2014 имала највећи број радова од када се одржава као међународна конференција (последње три конференције: ОТЕХ 2011, ОТЕХ 2012 и ОТЕХ 2014). Уочава се сарадња аутора из разних институција Војске и Министарства одбране Републике Србије, како са цивилним институцијама у Србији, тако и са институцијама ван Србије. Већина радова је колективно дело више аутора. Међутим, неколико аутора потписује се на више од три рада (премда је и на овој конференцији, као и на већини других научних скупова, ограничено да се исти аутор може појавити на највише три рада, а само на једном раду као први аутор), међу којима један аутор на 7 радова. Треба додати да су, као и претходних година, на конференцији учествовали и излагали радове, укључујући и пленарна излагања, и некадашњи припадници Војске, који данас раде у високообразовним институцијама и научним институцијама, како у иностранству, тако и у Србији.

### *Литература / References*

Gaćeša, N. 2007. ОТЕХ 2007. *Војнотехнички гласник/Military Technical Courier*, 55(4), стр.479-487.

Gaćeša, N. 2010. Трећи научно-стручни skup са међународним учешћем ОДБРАМБЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ ОТЕХ 2009. *Војнотехнички гласник/Military Technical Courier*, 58(1), стр.208-216.

Ђурковић, V. 2013. Приказ 5. Интернационалне конференције - одбрамбене технологије ОТЕХ 2012. *Војнотехнички гласник/Military Technical Courier*, 61(1), стр.270-275.

ОТЕХ 2014 Conference Proceedings 2014. . *ОТЕХ 2014 Conference Proceedings*. У: 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies ОТЕХ 2014, 2014, Београд.

ОТЕХ 2012 Conference Proceedings 2012. . *ОТЕХ 2012 Conference Proceedings*. У: 5th DQM International Scientific Conference on Defensive Technologies ОТЕХ 2012, 2012, Београд.

ОТЕХ 2011 Conference Proceedings 2011. . *ОТЕХ 2011 Conference Proceedings*. У: 4th International Scientific Conference on Defensive Technologies, 2011, Београд.

ОТЕХ 2009 Конференцијски зборник радова 2009. . *ОТЕХ 2009 Конференцијски зборник радова*. У: 3. научно-стручни skup са међународним учешћем из области одбрамбених технологија ОТЕХ 2009, 2009, Београд.

ОТЕХ 2007 Конференцијски зборник радова 2007. . *ОТЕХ 2007 Конференцијски зборник радова*. У: 2. научно-стручни skup Одбрамбене технологије ОТЕХ 2007, 2007, Београд. CD.

ОТЕХ 2005 Конференцијски зборник радова 2005. . *ОТЕХ 2005 Конференцијски зборник радова*. У: 1. научни skup Одбрамбене технологије у функцији mira ОТЕХ 2005, 2005, Београд. CD.

ОТЕХ (2014) Preuzeto sa <http://www.vti.mod.gov.rs/oteh/index.htm> 2014 Jun 11.

(2014) Preuzeto sa <http://www.vti.mod.gov.rs/index.php?view=actuality&type=news&id=292#sthash.zpBQkU7Y.dpuf> 2014 Oct 11.

6. МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ ОТЕХ-2014 (ОБЗОР СБОРНИКА СТАТЕЙ)

ОБЛАСТЬ: военные технологии

ВИД СТАТЬИ: обзор

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

*Резюме:*

*Приведены основные данные о результатах, значении, мировых тенденциях и сферах деятельности 6 международной военно-технической конференции ОТЕХ-2014 в сравнении с пятью предыдущими. Приведены данные по количеству работ, числу авторов/соавторов, сфер деятельности, длительности проведения и числу членов отборной комиссии. Шестая конференция ОТЕХ-2014, по количеству представленных работ и числу авторов, значительно превосходит все проведенные ранее.*

*Ключевые слова: международная конференция, ОТЕХ, военные технологии, обзор.*

---

6<sup>TH</sup> INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON DEFENSIVE  
TECHNOLOGIES OTEH 2014 (PROCEEDINGS REVIEW)

Slavko J. Pokorni

High School of Professional Studies in Information Technology, Belgrade

FIELD: Military 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 6<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2014, in comparison with previous five conferences. The number of sections, number of papers, number of authors/coauthors, number of sessions and number of members of the scientific committee are presented in the review. This year conference is the best regarding the number of papers and the number of authors/coauthors since this conference got its international character.*

*Key words: international conference, OTEH, military technology, review.*

---

Датум пријема чланка / Paper received on / Дата получения работы: 17.11.2014.

Датум достављања исправки рукописа / Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы: 10. 01. 2015.

Датум коначног прихватања чланка за објављивање / Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы: 12. 01. 2015.

САВРЕМЕНО НАОРУЖАЊЕ И ВОЈНА ОПРЕМА  
 MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT  
 СОВРЕМЕННОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

*Аутоматска пушка H&K G36c 5,56 mm*

Од појаве првих аутоматских пушака, па све до данашњег дана, огромно интересовање одувек су привлачиле пушке познатог немачког произвођача H&K (Heckler & Koch). Када је реч о аутоматским пушкама које су адекватне за употребу у противтерористичким јединицама, специфичност њихове конструкције произилази из широког дијапазона захтева које мора да задовољи у складу са наменама тих јединица. Једна од пушака која је сигурно задовољила строге критеријуме специјалних јединица широм света јесте *H&K G36c 5,56 mm*.

Почетком деведесетих година, Немачка је интензивно почела рад на развоју нове домаће породице јуришних пушака и пушкомитраљеза. Bundeswehr<sup>1</sup> је проценио да се после уједињења две Немачке однос битно мења не само на тлу Европе већ и у чланству НАТО-а. Немачка је размишљала рационално да се светска сцена тиме променила, у чему није погрешила.



*Аутоматска пушка G36K*

<sup>1</sup> Bundeswehr (немачки – оружане снаге) службени је назив за оружане снаге Немачке. Bundeswehr је основан 1955. године у СР Немачкој.

Војска је сматрала да је са променама настала нова ера и у самом НАТО-у и да ће од тада војска Bundeswehra имати мало значајнију улогу, али и других обавеза као што су учешћа у међународним војним мисијама, па због тога треба развити ново пешадијско наоружање. С тим наоружањем немачки војници би у евентуалним сукобима успели да обезбеде одговарајућу ватрену моћ и поузданост у експлоатацији у свим временским и метеоролошким условима у односу на непријатеља.

Од конструкторског тима захтевано је да пушке и одељенски (тимски) пушкомитраљез буде ако не исти, онда бар сличне конструкције и то само због поједностављења логистичке подршке јединицама, а и ради лакше обуке људства.

Фирма „Heckler & Koch” започела је реализацију пројекта под називом „пројекат 50”. Ради се о пројекту где се развија сасвим нова аутоматска јуришна пушка из које треба да се извуче и одељенски пушкомитраљез. Наравно, ради се о калибру 5,56 x 45 mm НАТО, али са малом дозом несигурности, односно резерве са могућношћу замене калибра у .308W или, боље речено, 7,62 x 51 mm, који се још тада у јединицама НАТО увелико користио.

Начелник Управе за наоружање потписао је 8. маја 1995. године дозволу за увођење у наоружање нове аутоматске јуришне пушке и одељенског пушкомитраљеза. Оба модела добијају нове војне ознаке и аутоматска јуришна пушка постаје позната као G36 (Gewer-пушка).



Пушка располаже са 480 mm дугом цеви у којој има 6 жљебова и поља која имају корак увијања од 178 mm. Цев са унутрашње стране је тврдо хромирана, што значи да из ње могу да се испалију зрна чија маса не прелази 80 g.

Позајмица барутних гасова врши се на предњем делу цеви, где је комора барутних гасова повезана са цеви. Преко тог споја мали део барутних гасова одводи се на гасни клип, у комору барутних гасова, а сам гасни клип преко носача затварача покреће затварач. Затварач је обртночепног типа, који има на себи шест брадавица које се ротирају 90 степени. У току повратног трзаја, глава затварача креће се преко вођице и тако врши брављење.

Ручица затварача налази се на горњем делу носача затварача и она је склапајућа са спољне стране, како сами делови оружја не би јако излазили из габарита оружја.

Облога цеви израђена је од пластичне масе ојачана стакленом вуном, исто као и већина делова на G36 пушци. Облога је троугластог облика и намењена је да у сваком тренутку за време експлоатације заштити стрелца, односно његову руку.

Са горње стране и у средини са доње стране налазе се отвори који служе за хлађење цеви. Уста цеви имају разбијач гасова. Иза самог разбијача гасова, на неколико сантиметара од саме облоге, налази се утврђивач ножа, када се он ставља на цев. Овај утврђивач има само основни модел оружја, јер сви остали модели имају скраћену цев и то толико да се иза облоге види само разбијач гасова. Иза облоге кућиште је спојено са доњим делом тела сандука у којем се налази лежиште за оквир, пиштољски рукохват, брава за отварање и затварање кундака, а са унутрашње стране налазе се вођице за кретање затварача.

Цев се једноставно уврће са предње стране помоћу слепог навртња. Са горње стране налази се сам поклопац сандука на којем је са 3 вијка утврђен оптички нишан у облику рефлексног нишана који има увећање 3 пута. Са оптичког нишана према цеви налази се монтирана ручица за ношење пушке која је уједно опремљена „пикатинијевом“<sup>2</sup> шином за монтирање оптоелектронских уређаја за нишањење, осматрање, обележавање циљева и мерење даљине до њих, како дању тако и ноћу.

Сандук је са задње стране затворен и онемогућава прљање унутрашњости. Унутар сандука налази се повратна опруга са вођицом. На самом задњем делу поклопца сандука налази се брава кундака која омогућава преклапање, односно затварање уз десни бок оружја.

Кундак је скелетоидан, што прво утиче на саму тежину оружја, а затим оружје може и да дејствује када је кундак преклопљен, јер својим телом не затвара отвор за избацивање чаура.

Окидач је велики, а сам браник обараче је простран, што омогућава експлоатацију оружја када војници носе и зимске дебеле рукавице. Затварач је, помоћу полуге која се налази испод самог окидача, могуће закочити у отвореном задњем положају, и ако се у оружју не налази празан оквир. Оквир је повијен и прима 30 метака. Израђен је од прозирне пластике, која је отпорна на ударце, високе температуре и омогућава контролу испалених метака. На самом оквиру постоји држач који омогућава спајање два, односно три оквира ради бржег пуњења и пражњења оружја.

<sup>2</sup> „Пикатини шина“ (енглески-picatinny rail) има улогу држача која се налази на оружју.



Пушка се испоручује са дуплим ремником, а режим качења оружја зависи од самог стрелца или јединице и начина ношења.

Појавили су се и одређени додаци које користе специјалне јединице приликом упада у мрачне неосветљене просторије. Додати су ИЦ нишани и испод уста цеви додато је лежиште са тактичким светлом. Ипак, и овај модел је био дугачак, габаритан за специјалне јединице, па је фирма *H&K* развила и најкраћу верзију из фамилије *G36* и добила је ознаку *G36C (Commando)*.

Ова последња верзија је ултракратка верзија, нарочито када је кундак преклопљен и када је у том положају оружје има карактеристике, односно димензије аутомата, али располаже балистичким могућностима калибра *.223 Rem.*

Када се ово оружје споји са посебном врстом муниције, као што су на пример „*Winchester Ranger- Frangible*” или „*Homadu Tactical Application Police*”, то је добитна комбинација за решавање талачких ситуација у затвореним просторијама.

Целокупна фамилија модела *G36* пушака је модуларног типа, што значи да су међусобно измењиви. Што се тиче нишана, од самог почетка се одустало од класичних механичких нишана, али је остала могућност да се и они монтирају по потреби наручиоца. Фирма „*Zeiss/Hensoldt*” развила је специјално за фамилију *G36* лаки, компактни и изузетно отпоран нишан. Овај уређај налази се на самом задњем делу оружја, тачније на крају ручице за ношење и састоји се од колиматорског нишана са појачивачем светлости без увећања и нишана са повећањем од три пута и посебном скалом за мерење даљине, па чак и код покретних циљева. Док је нишан са осветљеном тачкицом алат за дејство на борбеним одстојањима до 200 m,

а нишан који увећава користи се од 200 до 400 м. Помоћу пасивног нишана „Zeiss/Hensoldt“, прилагођеног дневној нишанској справи, могуће је дејство у ноћним условима.

#### *Намена*

Пушка *H&K G36c 5,56 mm* намењена је за уништавање непријатељеве живе силе на растојањима до 300 m, због малих габарита, а нарочито је погодна за дејство у урбаној средини и из возила. На пушку је могуће поставити одговарајући пригушивач.

На „пикатини“ шине могуће је поставити разне додатке (колиматорски нишан, тактичко светло, лоц и др.).

#### *Борбене особине*

Најбоље резултате постиже до 300 m

- Сила окидања 40 N
- Брзина паљбе 750 мет/мин
- Почетна брзина зрна 750 m/s
- Енергија зрна 1125 J.

#### *Основни ТТ подаци*

- Калибар 5,56 x 45 mm НАТО
- Капацитет оквира 30 метака
- Принцип рада позајмица барутних гасова
- Дужина 720/500 mm
- Ширина 64 mm
- Висина (са оквиром) 285 mm
- Дужина цеви 228 mm
- Маса без оквира 2,8 kg
- Маса празног оквира 140 g
- Маса пуног оквира 490 g

#### *Главни делови*

- Сандук са цеви, преклапајућим кундаком, уводником оквира, деловита за додатке и ручицом за ношење
- Скривач платена
- Склоп затварача
- Клип са повратником клипа
- Повратни механизам
- Рукохват са механизмом за окидање
- Предњи рукохват
- Гасна котора
- Оквир
- Ретник
- Резервни алат и прибор



Главни делови аутоматске пушке G36c 5.56 mm

#### Уочени проблеми

Према наводима портала DW (Дојче веле на српском језику), крајем марта је немачка министарка одбране Урсула фон дер Лајен потврдила да аутоматске пушке G36 на високим температурама губе на прецизности. При томе је дневни лист *Зидојче цајтунг* јавио да је проблем био познат Министарству одбране још пре годину дана када је Уред за развој војске тражио да се аутоматске пушке побољшају јер иначе представљају „опасност по живот“ војника који их носе. Бундесвер располаже са 167.000 ових пушака. Иначе, пушка G36 је основно наоружање немачких војника у иностранит мисијама, па тако и у земљама где су температуре високе и прегрејавање пушке вероватно. Проблеми су били познати још од 2011, преносе немачки медији, а сада су и дефинитивно потврђени. Немачка новинска агенција *дра* цитира наводе из извештаја широке експертске комисије да се прецизност хитаца „значајно“ стањује већ на температурама између 15 и 45 степени целзијуса, током директне изложености сунчевит зрацима, као и због прегрејаности након рафалне паљбе. Комисија у извештају на 372 стране изричито наводи да непрецизност нема везе са одређеним типом муниције већ да је проблем у „читавом систему“.

Бранислав Булатовић (Branislav Bulatović), e-mail: bra.bulatovic@gmail.com

### *Azerbejdžan razvija borbena vozila ZKDM<sup>3</sup>*

Industrija ministarstva odbrane Azerbejdžana izvršila je niz unapređenja na borbenom vozilu *BRDM -2* i na taj način proizvela lako izviđačko i oklopno borbena vozila koje je nazvano ZKDM.

Borbena vozila su dobila dodatni par točkova na sredini vozila što je dovelo do smanjenja težine i povećanja unutrašnje zapremine. Poboľjšanja na trupu uključuju dodatni oklop, modifikovani donji deo trupa vozila u obliku slova V i dodatna vrata na svakoj strani.

Na čeonom delu vozila, na mestu gde se nalaze komandir i vozač, instaliran je dodatni oklop. Prvobitna pogonska jedinica zamenjena je beloruskim dizel motorom *Minskiy Motorniy Zavod D-245.30E2*, snage 114 kW.

Vozilo teži 7,200 kg i razvija maksimalnu brzinu od 100 km/h na putu i 60 km/h van puteva.

Umesto prvobitne kupole, instalirana je daljinski upravljana oružna stanica. Opremljena je dvostrukim topom GSh-23L 23X115 mm, mitraljezom 7,62 mmX54 mm PKT i automatskim bacačem granata 30X29 mm AG-17m, lanserom raketa 57mm/80 mm type 902V.

Vozilo nosi 300 granata 23X15 mm, 2,000 metaka 7,62X54 mm i 300 granata 30X29 mm.

Osim četiri rakete koje se nalaze na kupoli, vozilo ne nosi dodatnu dopunu.



<sup>3</sup> IHS Jane's International Defence Review Novembar 2014.

Elektromehanički pogon pokreće oružni sistem, rotira ga za 360 stepeni i omogućuje elevaciju od -5 do 30 stepeni. Vozilo je opremljeno uređajem INS i kombinovanim GPS/GLONASS prijemnikom.

Nišandžija raspolaže dnevno/noćnim optičkim nišanskim uređajem BPK-2-42, a na prednjoj strani vozila nalazi se dnevno/noćni TV sistem dometa do 1,000 m u dnevnim uslovima i 500–600 m u noćnim uslovima.

Projektanti vozila razmišljaju o dodavanju opcionog sistema za osmatranje dometa od 1 do 20 km, kao i opcionom termalnom kamerom dometa od 1 do 10 km.

ZKDM je opremljen sopstvenim pogonom od 7,8 kW, ali raspolaže i pomoćnim dizel generatorom snage 5 kW.

Razvoj vozila ZKDM započet je tokom druge polovine 2011 godine. Prva faza testiranja vozila započeta je u martu 2014. godine i sada je završena. Vojni testovi počinju 2015. godine, a početak proizvodnje se očekuje pred kraj 2015, odnosno početkom 2016. godine.

Dragan Vučković, e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

#### *Vatromet: Artiljerijski raketni sistemi (ARS) dobijaju veći domet i veću preciznost<sup>4</sup>*

Artiljerijski raketni sistemi (ARS) tradicionalno se smatraju oružjem za pokrivanje regiona, što znači da su sposobni da isporuče ogromnu vatrenu moć na prilično veliku površinu. Obično se sastoje od lansera i raketa kao odvojenih elemenata, ali se sada ide ka tome da se projektuju kompletni sistemi koji u svom sastavu imaju vozila za snabdevanje i tehničku podršku, što im omogućava postizanje preciznosti udara bez potrebe za tradicionalnim masovnim lansiranjem.

Ovaj proces podrazumeva lociranje mete i sisteme za upravljanje vatrom koji su integrisani na platformu uz sofisticirane dnevno/noćne uređaje za osmatranje sa laserskim daljinarima, radarima za lociranje mete, uređajima za upravljanje vatrom na nivou baterije i bataljona i bespilotnim letelicama.

Kao i slučaju konvencionalne artiljerije, sposobnost preciznog lociranja cilja i brzog prenosa takvog podatka kroz komandni lanac do lansirnog vozila izuzetno je važna s obzirom na to da je daljina gađanja ARS znatno povećana i danas se nalazi i van linije nišana isturenih posmatrača. Ovakvo povećanje radijusa dejstva ostvareno je na nekoliko načina, pomoću boljeg raketnog punjenja i, na ruskom primeru kada su u pitanju ARS od 122 mm i od 227 mm, preko manje bojeve glave, što omogućava punjenje rakete većom količinom goriva.

Pitanje bezbednosti pokrenulo je niz promena. Na primer, države NATO-a sada insistiraju da sve vrste municije, uključujući i artiljerijske rakete, budu u sa Glasnosti sa standardom neosetljivosti municije koje obuhvata raketno gorivo i bojevu glavu, što je naravno moguće, ali povećava troškove i vrlo verovatno neće biti prihvaćeno od strane svih korisnika ARS.

<sup>4</sup> IHS Jane's International Defence Review Novembar 2014.

Sve do nedavno, većina raketa bila je opremljena konvencionalnim visoko-eksplozivnim bojevim glavama ili kasetnom municijom, ali je trend odbijanja kasetne municije zbog zabrana ili većeg broja otkaza bojevih glava uticao da ovu vrstu punjenja mnogi korisnici povuku.

ARS mogu nositi i druge vrste tovara, kao što su protivtenkovske i protivpeša-dijske mine (ove posljednje su zabranjene potpisnicama konvencije iz Otave), kao i preciznija oružja koja udaraju na gornju stranu vozila. Takođe, ARS mogu ispaljivati i aerosolne rakete za čišćenje minskih polja, što je Kina nedavno prikazala.

Na višem nivou, trend navođenih raketa uveo je promenu u preciznosti koju je delimično uvela težnja ka umanjenju rizika prijateljske vatre, a sa druge strane, na nju je uticao i efekat operativnosti, efikasnost i logističke prednosti koje se ogledaju u manjem broju raketa koje su potrebne za uništavanje cilja.

Predstavnici ovih korisnika su britanska i američka vojska, kao i američki marinski korpus koji su najčešće upotrebljavali svoje vođene višestruke raketne sisteme (GMLRS Guided Multiple Launch Systems) i to najviše u Avganistanu.

Što se tiče mobilnosti lansera, neke platforme ARS ostaju sa gusenicama – kao na primer M 270 MLRS kompanije Lockheed Martin Missiles & Fire Control – ali platforme na točkovima postaju sve popularnije i obično se sastoje od konfiguracije sa 6X6 ili 8X8 točkova na kojima se raketni lanser nalazi na zadnjem delu vozila.

Sistemi koji se nalaze na prikolicama i dalje su popularni kod nekih korisnika. Raširen primer predstavlja kineski ARS Type 63 kompanije China North Industries, čiji je maksimalni domet 8,500 m, iako rakete sa većim dometom mogu dostići i do 10 km. Ovaj sistem je i dalje često korišćen u Avganistanu, Iraku, Libiji i Siriji, a najčešće ga koriste militantne organizacije, a kopirale su ga i mnoge zemlje.

Iako se obično ispaljuju iz lansera 107 mm (12 raketa), rakete se mogu ispaljivati i pojedinačno iz improvizovanog lansera ili direktno sa zemlje doduše sa vrlo niskom preciznošću.

Veliki broj ARS se i dalje puni ručno, ali rakete većeg kalibra zahtevaju dizalicu i odgovarajuće vozilo za utovar. Mnogi od sistema ARS koji su nedavno uvedeni u operativnu upotrebu upotrebljavaju rakete koje se nalaze u zapečaćenim kontejnerima ne samo zbog bržeg utovara već i zbog jednostavnije logistike. Standardni M 270 ima „magacinski pristup“, što znači da se dva lansera od po šest raketa 227 mm pune na licu mesta daljinskim putem.

### *Brazil*

Kompanija AVIBRAS je već dugo godina angažovana u projektovanju, razvoju i proizvodnji svog sistema ASTROS II (Artillery Saturation Rocket System – artiljerijski raketni sistem za obuhvatanje/zasićenje bojišta) koji se izvozi i u Irak, Maleziju, Katar i Saudijsku Arabiju.

Standardni sistem ASTROS nalazi se na vozilu 6X6 sa kabinom napred i lanserom na zadnjoj strani. Vozilo za snabdevanje postoji u istoj konfiguraciji.

ASTROS ispaljuje lepezu različitih nevođenih raketa od tridesetdvoraketnog lansera SS-30, lansera SS-40 sa 16 raketa, lansera SS-60 i SS-80 sa po četiri rakete svaki, uključujući i nešto neuobičajeno, a to su rakete prilagođene upotrebi za obalnu odbranu Brazila.



*Raketni sistem AVIBRAS ASTROS II malezijske vojske*

Cilj strateškog projekta brazilske vojske ASTROS 2020 jeste opremanje najnovijom verzijom koja će biti u mogućnosti da ispaljuje celu lepezu raketa ASTROS i taktičkih projektila. Ovaj poslednji ima maksimalan domet od 300 km, upotrebljavajući novu verziju univerzalnog višestrukog lansera (UMLV – Universal Multiple Launcher Vehicle ) Mk 6.

*Kina*

Kina je projektovala najveći broj ARS koje je razvila kompanija NORINCO, od kojih su svi točkaši sa kalibrima od 122 mm, pa sve do 270 mm (prestala je proizvodnja sistema od 107 i 130 mm).

Najnoviji ARS kompanije NORINCO je *Type 90 B* od 122 mm sa četrdeset raketa koje se nalaze na zadnjem delu nezaštićenog kamiona. Serija *Type 90* izvezena je u jedan broj zemalja, uključujući Peru koji trenutno čeka na isporuku navedenog sistema.

Model SR 5 kompanije NORINCO zasnovan je na podvožju 6X6 sa dva modularna kontejnera od kojih svaki nosi 20 raketa 122 mm ili 6 raketa 220 mm. Kontejneri mogu biti i izmešani radi boljeg efekta, a koriste mehanički sistem za utovar.

Na drugoj, težoj strani, nalazi se NORINCO AR 3 koji je baziran na terenskom podvožju 8X8 u konfiguraciji sa osam raketa 370 mm ili 10 raketa 300 mm, sa navođenim ili nenavođenim raketama dometa do 280 km.



NORINCO SR5 zasnovan na šasiji/podvožju 6X6 sa lanserom raketa od 122 mm i od 220 mm

Kompanija *China Precision Machinery Import&Export Corporation* (CPMI-EC) nudi svoj sistem A100 zasnovan na podvožju terenskog vozila 8X8, vrlo sličan ruskom sistemu *Smerch*. Ispaljuje nevođene rakete maksimalnog dometa do 70 km i vođene rakete maksimalnog dometa do 130 km. Nakon što su rakete utrošene, kontejneri od 10 raketa 300 mm dopunjavaju se pojedinačno iz transportnog vozila.

Kompanija *Aerospace Long-March International* (ALIT) nudi širok izbor sistema, ali najveći domet ima sistem M20 koji ispaljuje navođenu raketu velikog dometa do maksimalnog dometa od 280 km. To podrazumeva sisteme: A200, 8X301 mm, A100, 8X301 mm i seriju WS koja pokriva veliki broj kalibara i veličinu vozila od kojih svi mogu ispaljivati vođene rakete.

#### *Izrael*

Sistem LAR 160 mm (Light artillery Rocket – laka artiljerijska raketa) kompanije *Israel Military Industries (IMI)* progresivno je razvijan tokom godina, unapređujući domet, preciznost i mogućnost korišćenja različitih bojnih glava.

Današnji standardni LAR 160 mm poseduje dva kontejnera sa po 13 raketa koje dostižu maksimalan domet od 45 km sa autonomnom satelitski navođenom raketom ACCULAR.

Kompanija IMI je pomogla Rumuniji da modernizuje neke od svojih lokalno razvijenih sistema od 122 mm sa po 40 raketa, što je dovelo do proizvodnje sistema LAROM koji je opremljen sa dva kontejnera od po 13 raketa kalibra 160 mm.

#### *Poljska*

Poljska je jedna od mnogih zemalja koja je zadržala ruske ARS BM-21 sa po 40 raketa 122 mm i modernizovala ih radi produžavanja operativnog života pod lokalnim nazivom WR-40 *Langusta*.



*Poljski ARS WR-40 Langusta*

Ovaj posao podrazumevao je zamenu originalnog ruskog podvožja, lokalno proizvedenim podvožjem 6X6 sa zaštićenom kabinom i poboljšanim sistemom za upravljanje vatrom koji je lokalno razvijen. Prvobitni lanser je zadržan, ali je sada osposobljen za ispaljivanje serije novih raketa većeg dometa, uključujući i verziju sa visokoeksplozivnom bojevom glavom sa dometom od 41 km.

#### *Rusija*

Rusija je dugo bila pobornik ARS točkaša koje je radila kompanija *Splav Scientifique production Concern* kao glavni ugovarač za ARS u Rusiji, iako su u taj posao bile uključene i druge kompanije, kao što je *Motovilikha Plants Corporation*, koja je bila zadužena za lanser dok su neke druge kompanije bile zadužene samo za platforme.

Najveći sistem u operativnoj upotrebi je dvanaestoraketni ARS 300 mm BM 9A52 *Smerch* koji je ušao u operativnu upotrebu u ruskoj vojsci 1987. godine, a baziran je na podvožju vozila MAZ-543 8X8 na kojem je montiran punjač.

Punjenje raketa vrši se pojedinačno putem dizalice sa vozila za opsluživanje, što je očigledno sporiji postupak od sada primenjivanog, ali zato omogućava punjenje raketa različitih tipova i punjenja nakon pojedinačnih ispaljivanja. Nove rakete dostižu daljinu gađanja do 90 km sa velikim izborom bojnih glava koje su već u upotrebi ili u pripremi.

Iako je prošlo već dosta vremena od kako je sistem uveden u operativnu upotrebu, *Smerch* je postigao odličan izvozni uspeh na tržištu s obzirom na to da je prodat državama kao što su: Alžir, Azerbejdžan, Belorusija, Indija, Kuvajt, Sirija, Turkmenistan, Ukrajina, Ujedinjeni arapski emirati i Venecuela.



Ruski Tornado 300 mm BM 9A52 projektovan je sa novim raketama većeg dometa do 90 km, a do 120 km sa raketom 9M536

Od nedavno, kompanija *Splav Scientific Production Concern* razvila je CV 9A52-4 „Tornado“ ARS, baziran na podvožju KAMAZ-6350 8X8 sa nezaštićenom kontrolnom kabinom. Prikazan je 2007. godine, a uveden u operativnu upotrebu 2011. godine.

*Tornado-G* će imati dva kontejnera *Tornado-U*, svaki sa po 15 raketa 220 mm i kontejnere *Tornado-S* sa raketama od 300 mm. Kontejneri mogu biti zamenjeni drugim koje prevozi punjač 9T234-4 radi bržeg punjenja.

Kompanija *Splav* uložila je svoje veliko iskustvo u sistem 9A52-4 s obzirom na to da je već proizvela znatan broj starijih vozila BM 9P140 *Uragan* sa kontejnerima od po 16 raketa 220 mm i vozilo za punjenje 9T452 koja su zasnovana na podvožju ZIL-135LM. Iako ta vozila nisu više u proizvodnji, veliki broj se nalazi u operativnoj upotrebi u zemljama kao što su: Belorusija, Eritreja, Gvineja, Kazahstan, Kirgistan, Moldavija, Rusija, Sirija, Turkmenistan, Ukrajina, Uzbekistan i Jemen.

Najmanji ARS u ruskim oružanim snagama je BM-21 sa 40 raketa 122 mm „grad“ i spada u najrasprostranjenije sisteme koji se nalaze u upotrebi u 60 zemalja iako su, kao što je uobičajeno sa opremom iz vremena SSSR-a, sistemi bivali integrisani na različita vozila ili su putem povratnog inženjeringa kopirani lanseri i nevođene rakete.

Kada je prvobitno uveden u naoružanje, početkom šezdesetih godina, „grad“ je ispaljivao nevođene rakete 122 mm na maksimalnu daljinu od 20.1 km. Nove rakete su skoro udvostručile domet na 40 km, a uvedene su i nove bojeve glave.

Osim lokalnih radova koje su različiti korisnici sprovodili na vozilu BM-21, kompanija *Splav* je izbacila na tržište paket za modernizovanje ARS BM-21 koji se sastoji od kompjuterizovanog sistema za upravljanje vatrom, novih raketa i novog podvožja 6X6.

## Turska

Turska kompanija *Roketsan* se brzo nametnula kao vodeća kompanija u poslu projektovanja, razvoja i proizvodnje ARS sa četvororaketnim sistemom 300 mm koji se sastoji od višecevnog raketnog lansera (VRL) T-300 i artiljerijske rakete TR-300 kao najvećeg sistema.



*T-300 VRL turske kompanije Roketsan ispaljuje rakete 300 mm sa maksimalnim dometom do 100 km.*

Ovaj nevođeni sistem montiran je na šasijsu vozila MAN 6X6 i može gađati ciljeve na daljinama od 40 do 100 km. Prvobitno je razvijen za potrebe turskih kopnenih snaga, ali je takođe izvezen i u Emirate.

Još od 1996 godine kompanija *Roketsan* proizvodi VRL T-122 sa 40 raketa 122 mm na bazi podvožja MAN 6X6 sa dva kontejnera na zadnjem kraju vozila. Kontejneri mogu biti napunjeni raketama sa bojnim glavama koje sadrže visokoeksplozivno punjenje, rasprskavajućim bojnim glavama sa blizinskim ili kontaktnim upaljačima.

Najnoviji T-122 sadrži veliki broj izmena, uključujući posebnu kabinu na zadnjem kraju prednje kontrolne kabine, nove raketne kontejnere i novi kompjuterski sistem za upravljanje vatrom pomoću kojeg je moguće ispaljivati rakete sa satelitskim navođenjem, kao i sa inercijalnim navigacionim sistemom.

Kompanija *Roketsan* takođe nudi T-122/300 višekalibarski VRL koji može biti opremljen sa dva kontejnera, od kojih svaki sadrži po 20 raketa 122 mm ili dva uparena kontejnera sa raketama 300 mm kao i T-107/122 mm VRL, tri kontejnera od kojih svaki sadrži 20 raketa 107 mm ili jedan kontejner od 20 raketa 122 mm.

Turska u svojoj ponudi ima i jeftiniji kontejner koji predstavlja povratni inženjering kineskog vučnog ARS sa 12 raketa 107 mm sa bojnim glavama punjenim visokoeksplozivnim ili rasprskavajućim punjenjem (do 2,800 čeličnih kuglica) na daljinu do 11 km.

### *Ujedinjeni Arapski Emirati*

Ujedinjeni Arapski Emirati u svojoj operativnoj upotrebi poseduju mešavinu uveženih ARS, uključujući ruski BM 9A52 *Smerch* sa raketama 300 mm, američki M 142 artiljerijski sistem visoke prohodnosti/High Mobility Artillery Rocket System – HIMARS, kao italijanski FIROS-30 sistem koji je nedavno modernizovala kompanija *Roketsan* tako što je sistem opremila novim kontejnerima sa raketama 122 mm.

Nedavno, Ujedinjeni Arapski Emirati su u operativnu upotrebu uveli nove sisteme od proizvođača *Jobaria Defence Systemes*, uz asistenciju nekih stranih partnera kao što je turski *Aselsan*.

Prvi od ovih sistema bio je ogromni višestruki lanser raketa MCL (*Multi Cradle Launcher*/višestruki lanser sa kolevki) koji se još naziva i „dinosaur”, a prvi put je prikazan na izložbi naoružanja IDEX sa četiri raketna kontejnera montiranim na prikolicu koju vuče vozilo *Oshkosh Heavy Equipment Transporter*.

Svaki od ovih kontejnera može primiti 60 raketa od 122 mm ili 16 raketa od 300 mm, ostvarujući na taj način strahovitu vatrenu moć pomoću jednog vozila. ARS je opremljen kombinovanim GPS/INS sistemom za upravljanje vatrom, uz integralni meteorološki sistem.

Kada su svi kontejneri natovareni raketama, sistem dostiže masu od 105 tona.



*Multi Cradle Launcher/višestruki lanser sa kolevki u putnoj konfiguraciji sa prikolicom na kojoj se nalaze tri umesto četiri raketna kontejnera sa po 60 raketa od 122 mm.*

U svojoj operativnoj upotrebi SAD imaju uravnoteženu flotu koja se sastoji od guseničara M270 VRL sa raketama od 227 mm (kontejneri od 12 raketa) i novijih M142 HIMARS (artiljerijski sistem visoke prohodnosti/*High Mobility Artillery Rocket System*).

Američka porodica VRL bila je uspešna i na inostranom planu, iako ne toliko kao mnogo jednostavniji ruski sistemi. Američka vojska je prvobitno primila isporuku više od 800 M270 sistema od kojih je jedan broj proizveden za izvozno tržište.

M142 HIMARS sa raketama 227 mm sa potpuno zaštićenom kontrolnom kabinom i raketnim kontejnerom na kojem se vidi da su ispaljene dve rakete.

U Francuskoj, Nemačkoj, Italiji i Velikoj Britaniji rađena je zajednička proizvodnja lansera M270 i njegove nevođene rakete M26 od 227 mm, dok su druge evropske zemlje – uključujući Holandiju i Norvešku – kupile svoje M270 i rakete M26 direktno od SAD. Holandija i Norveška su sada izbacile ove sisteme iz upotrebe dok je Holandija svoje sisteme prodala Finskoj.



Velika Britanija je modernizovala svoje VRL pomoću novog sistema za upravljanje vatrom, a jedan mali broj je unapređen u skladu sa „Hitnim operativnim zahtevima“ radi upotrebe u Avganistanu, gde su ispalili veliki broj najnovih raketa sa satelitskim navođenjem na daljine do 90 km.

Sjedinjene Države su takođe modernizovale 226 vozila M70 tako što su ugradile novi sistem za upravljanje vatrom i novi unapređeni mehanički sistem lansiranja, što je donelo i novu oznaku vozila – M270A1.

Prva raketa M26 bila je nevođena i sadržala bojevu glavu punjenu sa 644 komada kasetne municije, ali su naknadne zabrane upotrebe ove municije uticale na to da takve rakete budu povučene iz upotrebe.

Tokom jula 2014. godine kompanija *Lockheed Martin Missiles Fire Control* izjavila je da je završila sve predviđene testove nove alternativne bojeve glave.

U međuvremenu, standardni lanser M270 ima dva kontejnera sa po šest raketa od 227 mm, a može, umesto toga, lansirati dve taktičke rakete (ATACMS Army Tactical Missile Systems) na daljine preko 165 km.

M142 HIMARS ima samo jedan kontejner sa raketom od 227 mm, ali je jeftiniji za upotrebu i poseduje veću mobilnost sa obzirom da je u pitanju točkaš. Prvobitno je imao nezaštićenu kabinu ali najnovija verzija je sada zaštićena. U upotrebi je u američkoj vojsci i marinskom korpusu, ali i u oružanim snagama Jordana, Singapura i Ujedinjenih Arapskih Emirata.

Dragan Vučković, e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

### Iran prikazuje modernizovane rakete *Falaq-1* i *Falaq-2*<sup>5</sup>

Iran je prikazao novo lansirno vozilo sa pogonom na sva četiri točka za svoje nevođene artiljerijske rakete *Falaq-1* i *Falaq-2* tokom oktobra 2014. godine. Novi sistem ima veliku prohodnost na teškim terenima i sposobnost napada na ciljeve koji se nalaze na daljinama do 10 km.



*Falaq-2 raketa kalibra 333 mm ispaljena sa vozila naoružanog sa dve rakete.*

Prikazane su dve lansirne konfiguracije – jedna naoružana sa četiri rakete kalibra 240 mm *Falaq-1* (u dva reda po dve rakete) i druga naoružana sa dve rakete kalibra 333 mm *Falaq-2*.

Pre ispaljivanja vozilo se stabilizuje putem dva zadnja stabilizatora, a puni se preko ugrađene dizalice. Raketa *Falaq-1* ima dužinu od 1,318 mm, teži 113 kg i naoružana je bojevom glavom od 50 kg, dok joj je domet do 10 km. Geleri rakete šire se u radijusu od 150 m.

<sup>5</sup> IHS Jane's International Defence Review Novembar 2014



*Iransko vozilo naoružano sa četiri rakete kalibra 240 mm Falaq-1*

Raketa *Falaq-2* ima dužinu od 1.82 m, teži 256 kg i nosi bojevu glavu od 117 kg na daljine do 10.8 km. Radijus fragmentacije je 300 m.

Obe rakete pokreće raketni motor na čvrsto gorivo koji je razvila kompanija *Shahid Bagheri Industries* tokom devedesetih godina. Raketa *Falaq-1* je vrlo slična raketi od 240 mm koju koristi ruski sistem BM-24. Sistem BM-24 je zastareo i povlači se iz ruskog naoružanja.

Prikazani sistemi nisu potpuno novi, postoji verzija koja je bazirana na sličnom vozilu, ali sa lanserom za šest raketa *Falaq-1*, u dva reda po tri rakete ili sa jednom raketom *Falaq-2*.

Dragan Vučković, e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

#### TOS-1A valja rusku vatrenu moć<sup>6</sup>

Pojavili su se prvi detalji o mogućnostima ruskog teškog višecevnog bacača aerosolnih raketa (HFS *heavy flamethrower system* – teški bacač plamena).

TOS-1A HFS je projektovan za potiskivanje linija odbrane, uništavanje lako oklopljenih i neoklopljenih vozila a optimizovan je za upotrebu u urbanim uslovima. NATO nema nijedno ekvivalentno oruđe.

Sistem je evoluirao od originalnog vozila TOS-1 od kojih je još nekoliko vozila u operativnoj upotrebi, ali je znatno izmenjen. Sistem je baziran na modifikovanom tenku T-72 na kojem je montiran lanser sa 30 raketa od 220 mm koji ispaljuje nevođene rakete na maksimalnu daljinu od 3.500 m. Sistem je prvi put operativno upotrebljen u Čečeniji.

<sup>6</sup> IHS Jane's International Defence Review October 2014



*BM-1 24 x 220 mm TOS-1A*

T-72 i dalje predstavlja osnov za lansirno vozilo TOS-1A. Vozilo je opremljeno lanserom sa 24 rakete od 220 mm koje imaju znatno veći domet u odnosu na prethodnu verziju, što znači da im je sada domet oko 6.000 m, a pokrivaju površinu od 40.000 kvadratnih metara.

Kompletan sistem TOS-1A, sastoji se od lansirnog vozila BM-1 i dva vozila za snabdevanje TZM-1 od kojih svaki nosi po 24 rakete. Ovo omogućava sistemu da obavi tri kompletne borbene misije.

Kao i BM-1, TZM-1 je baziran na podvožju tenka T-72 i oba imaju standardnu balističku zaštitu gde je najviši nivo zaštite na frontalnom delu. Vozila imaju maksimalnu brzinu od 60 km/h autonomiju do 500 km.

Lanser BM-1 ima posadu od troje ljudi i borbenu težinu od 46,5 tona. Kupola je uklonjena i zamenjena novim lanserom sa tri reda po osam cevi za rakete od 220 mm, dužine 3.725 m. Proizvođač tvrdi da je lanser zaštićen od vatre pešadijskog naoružanja do pancirnog metka 7.62 mm sa minimalne daljine od 620 m.

Komandir i operator sede u lanseru koji je opremljen elektro-hidrauličnom i elektro-mehaničkom elevacijom.

Vozilo je opremljeno sistemom NBH zaštite i sistemima za otkrivanje i gašenje požara, a kao i drugi tenkovi T-72 može polagati dimne zavese.

Dva reda električno napajanih bacača dimnih granata 81 mm nalaze se na obe strane vozila, a mogu ispaljivati dimne granate na daljinu od oko 100 m.

Ispod prednje ploče nalazi se i dodatak, raonik koji može biti upotrebljen za pripremu vatrenog položaja ili čišćenje prepreka na bojištu. Takođe, upotrebljava se i kao stabilizator prilikom lansiranja raketa.

Ugrađena su dva hidraulična stabilizatora sa obe strane zadnjeg dela vozila kojima se daljinski upravlja. Vozilo je, takođe, opremljeno alatkom za izvlačenje koja se nalazi na desnoj strani trupa prema zadnjem delu.

Standardni tenk T-72 nosi dodatnu burad sa gorivom koja se ne nalaze na lanseru TOS-1A BM-1, jer bi ih izduvni gasovi raketa onеспособili.

Lanser BM-1 opremljen je automatskim sistemom za upravljanje vatrom koji uključuje balistički kompjuter i odgovarajuće displeje i kontrole, daljinomer model 1D14 koji je opremljen laserskim daljinomerom sa preciznošću do 10 m, impulsnu jedinicu, uređaj za otkrivanje nagiba PB2.329.04 i komandirov dnevno/noćni uređaj za osmatranje.

Sistem TOS-1A radi u sprezi sa tenkovima i borbenim vozilima pešadije i premešta se napred onda kada je područje mete neutralizovano.

Inicijalna informacija o meti dobija se od isturenog osmatrača ili od bespilotne letelice. Sistem može lansirati prvu raketu u periodu od 120 sekundi nakon zaustavljanja.

Nevođene rakete od 220 mm, MO.1.01.04M imaju dužinu od 3,7 m i lansirnu masu od 217 kg. Rakete imaju četiri peraja na zadnjem kraju sa termobaričnom bojevom glavom i punjenjem sa zadnje strane.

Punjenje se aktivira preko upaljača koji se nalazi na prednjem delu rakete i povezan je sa eksplozivnom smešom u bojevoj glavi.

Rakete se ispaljuju pojedinačno ili u paru, a kompletna salva može biti ispaljena za 6 sekundi. Minimalni domet sistema je 600 m, ali to bi dovelo do ugrožavanja bezbednosti.

Prvi kupac sistema TOS-1A je Kazahstan koji je primio prve isporuke u 2011. godini, a zatim Irak koji je dobio prva vozila tokom 2014. godine.

Iako je kompanija *Splav SPC* osnovni ugovarač, druge ruske kompanije takođe su uključene u razvoj.

Vozilo za snabdevanje TZM-T ima borbenu težinu od 41,5 tona sa posadom od troje koja se sastoji od komandira, vozača i nišandžije.

To je uglavnom T-72 bez kupole koja je zamenjena sa dva reda od po 12 raketa MO.101.04M. Rakete se nalaze u oklopljenom delu dok su u prevozu a prenose se uz upotrebu hidraulične dizalice koja se nalazi između. Dizalica ima maksimalnu nosivost od 1.000 kg, upravlja se daljinski i okreće se za 50 stepeni u- levo i 110 stepeni udesno.

Rakete od 220 mm namenjene za zamenu istrošenih pune se u lanser BM-1 jedna po jedna, a vreme punjenje celog lansera iznosi oko 30 minuta.

Kao i lanser, vozilo za snabdevanje TZM-1 opremljeno je prednjim raonikom, a takođe može polagati dimnu zavesu.

Za vreme izložbe naoružanja SOFEX 2012, koja je održana u Amanu, Jordan, objavljeno je da je Rusija ponudila prodaju sistema TOS-1A instaliranog na trup američkog tenka M-60 koji upotrebljavaju jordanske oružane snage.

Septembra 2014. Jordan je pristao na kupovinu sistema, ali tek nakon integracije u trup M60, a ruski naziv biće *Obyekt 634 – M60*.

Iako su proizvedeni sistemi TOS-1A zasnovani na trupu T-72, sistem je moguće instalirati i na druge ruske tenkove kao što su T-90 ili T-80, a bez obzira što je proizvodnja T-80 okončana postoji mnogo postojećih tenkova na kojima bi bilo moguće izvršiti konverziju.

Dragan Vučković, e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

### *Iran otkriva raketu zemlja-vazduh Bavar-373<sup>7</sup>*

Iran je prikazao prve slike svoje rakete zemlja-vazduh *Bavar-373*, za koju tvrdi da su joj performanse slične ruskom sistemu S-300P.

Tokom 2007. godine Iran je potpisao ugovor o kupovini pet ruskih sistema S-300PMU2 (*SA-20 Gargoyle*), međutim kada je Rusija tokom 2010. godine objavila da neće isporučiti ove sisteme zbog embarga UN, Iran je izjavio da će pokrenuti sopstveni razvoj i proizvodnju ovog oružanog sistema.

Nikada nisu potvrđeni izveštaji da je Belorusija snabdela Iran sa hardverom sistema S-300PT tokom 2008. godine, ali ukoliko je to tačno onda je takva isporuka predstavljala početnu tačku za razvoj programa *Bavar-373*.

Iranski zvaničnici su tokom 2014. godine izjavili da će sistem *Bavar-373* imati veće mogućnosti od ruskog S-300 i da je započeta proizvodnja nakon što je sistem uspešno testiran.

Avgusta 2014. godine Iran je prikazao deo vojne opreme, što je uključivalo i raketu *Bavar-373* i pripadajući radar.

Izgleda da *Bavar-373* pripada klasi bezrepnih raketa tipa 5V55 i 48N6 koje upotrebljava sistem S-300, ali postoje i manje razlike. Ruske rakete se upravljaju kombinacijom pokretnih površina koje se nalaze u okviru samog motora rakete.

Kada je Kina razvila HQ-9, svoju verziju sistema S-300P, prihvaćena je neznatno promenjena konfiguracija repa. Zadnji deo peraja nalazio se na istom mestu kao kod ruskih raketa, ali su pokretne površine bile montirane spolja na kraju rakete, na mestu na kojem su mogle uticati na usmeravanje mlaza raketnog motora.

Kratak pogled na repnu sekciju rakete *Bavar-373* pokazuje opet neko drugo rešenje u okviru kojeg je zadnji kraj tela rakete produžen prema zadnjim ivicama peraja. Moguće je da ovaj deo tela rakete skriva zadnje krajeve mlaznica za upravljanje potiskom. Nije još poznato da li je ova izmena delo Irana ili Severne Koreje koja ima sopstveni program za razvoj rakete za sistem S-300.



*Iranska raketa zemlja- vazduh sistema Bavar-372*

Radar koji je prikazan kao deo sistema *Bavar-373* nalazi se na vozilu točkašu. Opremljen je sa dve antene; najveća je četvrtasta i montirana je direktno iznad druge antene koja je pravougaonog oblika. Četvrtasta antena verovatno upotrebljava sistem elektronskog skeniranja, ali je ovde verovatno u pitanju pasivan, a ne aktivan niz.

<sup>7</sup> IHS Jane's International Defence Review October 2014.



*Radarsko vozilo sistema Bavar-373*

Verovatno da će ovo vozilo služiti ulozi koju ima vozilo za praćenje i navođenje sistema S-300P. Ukoliko prikazani radarski sistem nije umanjena verzija koja se upotrebljava za testiranje već proizvođačka verzija, manja veličina glavne antene verovatno će uticati na to da radar poseduje manji domet nego njegov ruski ekvivalent.

Ukoliko *Bavar-373* koristi komandno vođenje (način vođenja koji se koristio u prvoj generaciji raketa sistema S-300P) ili poluaktivno radarsko vođenje, to će uticati na smanjenje efektivnog dometa sistema. Oba načina vođenja zahtevaju da meta bude praćena sve do momenta presretanja. To ne bi bio slučaj ukoliko bi raketa koristila komandno ili poluaktivno radarsko navođenje samo u ranoj i srednjoj fazi leta gde bi nakon toga prešla na radarsko vođenje.

Manje pravougaono kućište može sadržati IFF antene i/ili antene za komandni link za komunikaciju za raketom.

Fotografija lansera koju je objavila iranska agencija pokazuje standardni ruski lanser raketa 5P85D sistema S-300PS. U praksi, može se desiti da će lanser sistema *Bavar-373* biti zasnovan na podvožju 10X10 pod nazivom *Zoljanah*. Ovaj lanser, klasifikovan kao „taktički kamion za teške zadatke“, prvi put je prikazan na vojnoj paradi tokom aprila 2014. godine, kada je prevezio umetničko delo koje prikazuje vozilo opremljeno lansirnim kontejnerima sličnim onima koje upotrebljava sistem S-300P.

Dragan Vučković, e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

### *Novi top za ruski tenk Armata<sup>8</sup>*

Novi ruski tenk *Armata* biće naoružan topom sa glatkom cevi od 125 mm pod oznakom 2A82A.

Kompanija *UralVagonZavod* proizvodi tenk *Armata* u Nižnjom Tagilu zajedno sa tenkom T-90.

Top 125 mm 2A82A sa glatkom cevi razvila je kompanija *Artillery Plant No 9* u Jekatarinburgu koja takođe proizvodi najnoviji top od 125 mm iz serije 2A46.

Top 2A46M-4 biće upotrebljen za serije tenkova T-80, koji se više ne proizvodi, dok će top 2A46M-5 biti spreman za tenkove serije T-90.

Smatra se da su oba topa preciznija zbog umanjene disperzije kada se porede sa topovima prve generacije od 125 mm, 2A46M-1 sa glatkom cevi.

<sup>8</sup> IHS Jane's International Defence Review October 2014



Ruski top od 125 mm 2A46M-5

Topove pune automatski punjači pod oznakama 6EhTs40 i 6EhTS43 koji se nalaze ispod kupole tako što uređaj prvo puni projektil, a zatim punjenje. Njihov glavni nedostatak upravo se svodi na sistem automatskog punjača.

Punjenje i projektil su fiksne dužine i tu ne može doći do izmena, tako da je odnos dužine i dijametra potkalibarnog penetratora mnogo manji nego što je to slučaj kod istog penetratora u zapadnim topovima od 120 mm.

Taj odnos, u kombinaciji sa brzinom ispaljivanja i osobinama materijala, predstavlja osnovne faktore koji omogućuju projektilu proboj oklopa tako da je upravo ograničenje u dužini, odnosno visini ruskog automatskog punjača dovelo do umanjene sposobnosti za probojem oklopa.

Pretpostavlja se da će tenk *Armata* imati novi automatski punjač koji će puniti novu, unapređenu municiju i sadržati 32 granate spremne za upotrebu.

Takođe, naći će se u upotrebi i novi projektil APFSDS sa konvencionalnim penetratorom od teškog metala na bazi legure volframa ili od osiromašenog uranijuma. Ovaj drugi će verovatno dostići i do 15% povećanu probojnost u odnosu na konvencionalnu verziju. Top će ispaljivati i još jednu konvencionalnu granatu, rasprskavajuću sa visokoeksplozivnim punjenjem, koja će biti programirana za eksploziju iznad mete.

T-90 može ispaljivati laserski vođene projektele na daljine do 5.000 m, što je van vizuelnog dometa topa od 125 mm kada gađa konvencionalnom municijom.

Novi laserski vođeni projektil od 125 mm, pod nazivom *Sprinter* (oznaka 3UBK21), biće ispaljivan iz topa sa glatkom cevi oznake 2A82A. Projektil će imati tandem bojevu glavu sa visokoeksplozivnim punjenjem za neutralisanje ciljeva sa eksplozivnim reaktivnim oklopom. Top 2A82A biće opremljen termalnim omoćajem, izduvnikom gasova i referentnim sistemom na ustima cevi topa. Za proizvodnju topa biće upotrebljavan jači čelik i imaće veću zapreminu komore, što će omogućiti korišćenje većeg pritiska za ispaljivanje APFSDS municije koja će leteti ka cilju mnogo većom brzinom.

Pretpostavlja se da je top od 125 mm bio označen kao 2A82, ali je tada cev produžena, pa je označena kao 2A82A.

Sada već ukinuti program tenka T-95 bio je naoružan eksterno postavljenim topom od 152 mm, oznake 2A83, koga je punio automatski punjač smešten u trupu tenka.

Verovatno da će ova tehnologija biti korišćena za novu municiju topa od 125 mm, oznake 2A82A. Ona podrazumeva granate od 152 mm *Grifel-1* i *Grifel-2* sa penetratorima od volframa i osiromašenog uranijuma i rasprskavajuću granatu *Grifel-3*.

Dragan Vučković, e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

### Први лет војне верзије хеликоптера EC645T2<sup>9</sup>



Ербасов лаки вишенаменски војни хеликоптер EC645T2 (*Airbus Helicopters EC645T2*) успешно је извршио први лет 27. новембра прошле године у баварском месту Донаувурт, где се налазе погони Ербаса. Лету хеликоптера, серијског броја 20016 и регистрације *D-HADI*, присуствовали су и представници Бундесвера (*Bundeswehr*). Савезно министарство одбране 2013. године потписало је уговор са тадашњим Еурокоптером за 15 летелица овог типа, а за потребе Команде специјалних снага (*Kommando Spezialkräfte – KSK*). Уговор обухвата и додатну опрему потребну за извођење специјалних операција. Очекује се да ће први хеликоптер немачкој војсци бити испоручен крајем ове године, а свих 15 апарата требало би да уђе у наоружање Бундесвера средином 2017.

Хеликоптер EC645T2 представља војни дериват цивилног хеликоптера EC145T2 који је летос уведен у оперативну употребу.

Младен Тишма (*Mladen Tišma*), e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### Рајтеон обавља испитивања у лету нове генерације ометача<sup>10</sup>

Америчка компанија Рајтеон (*Raytheon*) је, у сарадњи са Ратном морнарицом Сједињених Америчких Држава (*U.S. Navy*), успешно тестирала ометач нове генерације (*Next-Generation Jammer – NGJ*). Летна испитивања извршена су крајем октобра у Морнаричкој станици за ваздухопловно наоружање (*Naval Air Weapons Station*) у Чајна Лејку, Калифорнија (*China Lake, California*).

<sup>9</sup> *AirForces Monthly*, January 2015, p. 14.

<sup>10</sup> *AirForces Monthly*, January 2015, p. 19.



Испитивања су обављена на опитном авиону „гулфстрим III” (Gulfstream III), иначе пословном млазњаку, регистрације *N710CF*, модификованом за ову прилику. Систем се састоји од самонапајајућег контејнера подвешаног испод трупа авиона, у којем се налазе антена са активним електронским скенирањем (AESA), потпуно дигиталног отвореног скалабилног пријемника и техничког генератора.

Испитивања у лету почела су тако што је опитни авион полетео из морнаричке ваздухопловне базе Поинт Магу у Калифорнији ка Чајна Лејку, где су, током трочасовног лета, испитиване интеграција система на авион, технике ометања, агилност снопа, снага емитовања антене и управљање ометачем. Након овог лета одлучено је да нема потребе за даљим летним опитовањима, будући да је оцењено да је првим летом потврђена успешна интеграција и функционисање система.

На основу података које су прикупили инжењери и техничари током летних испитивања сматра се да је нови систем веома ефикасан за ометање радара у систему противваздухопловне одбране. Тиме су потврђени резултати који су добијени у фази лабораторијских испитивања система.

Антена са активним електронским скенирањем и вишеканални генератор који су примењени на новом ометачу, као и друге компоненте, користе се и за друге ваздухопловне, поморске и копнене платформе за електронско ратовање. Планирано је да *NGJ* замени аналогне тактичке системе за ометање типа *AN/ALQ-99* који се користе на морнаричким авионима *EA-18G „граулер”* (*Boeing EA-18G Growler*), развијеним из двоседог вишенаменског борбеног авиона *F/A-18F „супер хорнет”* (*F/A-18F Super Hornet*).

Младен Тишма (*Mladen Tišma*), e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

*Први лет руског хеликоптера Ми-171А2<sup>11</sup>*



Први прототип руског вишенаменског хеликоптера Ми-171А2 започео је са летним испитивањима првим летом 11. новембра прошле године.

Током првог лета испитани су најважнији системи летелице, који су према речима опитног пилота радили изврсно. Иначе, први прототип намењен је за испитивање летних перформанси и безбедности примене новог пакета авионице КБО-17 и нових мотора ВК-2500ПС-03. Првом лету претходили су тестови рулања и лебдења хеликоптера, обављени током октобра. Нови мотори и ротори испитани су на специјалној летећој лабораторији Ми-171ЛЛ.

Пакет авионице КБО-17 представља „стаклену“ кабину (*glass cockpit*) и укључује дигиталне телевизијске и термалне камере за све метеоролошке услове и вишенаменске приказиваче високе резолуције. С обзиром на висок степен аутоматизације, број чланова посаде је смањен са три на два.

Испитивања мотора на летећој лабораторији Ми-171ЛЛ показала су повећање крстареће и максималне брзине за 20%, боље управљање вучном силом главног ротора, те смањењем вибрација. Потврђено је да је максимална брзина 280 km/h.

На другом прототипу, осим уградње новог главног и репног ротора, измене конструкције обухватиће и нове вертикалне и хоризонталне стабилизаторе. Други прототип Ми-171А2 биће опремљен и ширим пакетом опреме, укључујући уређај за спољно вешање носивости 5 тона, клима-уређај, 24 путничка седишта која апсорбују енергију и систем за пречишћавање ваздуха који обезбеђује уклањање прашине из ваздуха до 97%. Летелица је тренутно у фази склапања у Мил-овој фабрици у Москви.

<sup>11</sup> *AirForces Monthly*, January 2015, p. 25.

Основне разлике између хеликоптера Ми-171А2 и старијих модела из „породице“ Ми-8/Ми-17 су нови, снажнији и економичнији мотори Климов ВК-2500ПС-03, системи за дигиталну регулацију и контролу БАРК-6В-7Ц, нове лопатице главног ротора израђене од композита, унапређене аеродинамичке карактеристике, и нова авионика отворене архитектуре.

Младен Тушма (Mladen Tišma), e-mail: mladen.tischma@t-online.de

*Полетео трећи прототип индијског  
лаког борбеног хеликоптера<sup>12</sup>*



Трећи технолошки демонстратор индијског лаког борбеног хеликоптера (Light Combat Helicopter - LCH) полетео је 12. новембра прошле године. Летелица TD-3 са регистрацијом ZF 4603, први лет извела је из Бангалора, где се налазе производни погони компаније ХАЛ (Hindustan Aeronautics Ltd. – HAL). У пратњи новог демонстратора све време лета био је и хеликоптер типа „дрв“ (HAL Dhruv). Према изјавама званичника произвођача, први лет протекао је беспрекорно, а истом приликом истакнуто је и очекивање да ће нови борбени хеликоптер представљати ефикасну борбену платформу способну за прецизне нападе на великим надморским висинама и у потпуности задовољити захтеве индијског ратног ваздухопловства. Очекивања произвођача су да ће нови хеликоптер остварити почетну оперативну способност (Initial Operational Capability – IOC) већ у септембру следеће године.

Први прототип полетео је крајем марта 2010. године, а други на Видовдан 2011. године. До сада су заједно налетели 285,1 часова током 388 летова. ХАЛ се нада да ће за потребе индијског ратног ваздухопловства и копнене војске произвести 179 хеликоптера овог типа.

Младен Тушма (Mladen Tišma), e-mail: mladen.tischma@t-online.de

<sup>12</sup> AirForces Monthly, January 2015, p. 32.

### Испитивање британског наоружања на Ф-35Б<sup>13</sup>



Британски опитни тим успешно је обавио почетна летна испитивања интеграције ракета ваздух-ваздух типа „асраам“ (ASRAAM) и вођених авио-бомби „пејв-веј IV“ (Paveway IV) на јуришнику Ф-35Б „лајтнинг II“ (F-35B Lightning II).

Поменути ВУБС већ се налазе у наоружању постојећих борбених авиона из флоте Краљевског ратног ваздухопловства (Royal Air Force), а њихова успешна интеграција на авионе Ф-35 омогућила би интероперабилност досадашње и нове ваздухопловне технике којом су опремљени Краљевско ратно ваздухопловство и морнаричка авијација Краљевске ратне морнарице (Royal Navy), почев од 2018. године. Два опитна ваздухоплова „лајтнинг II“ извела су укупно девет летова са различитим комбинацијама подвешавања наведених ВУБС, чиме је омогућен прелазак у наредну фазу, односно одвајања ВУБС од авиона-носача, а након тога и опитна лансирања уз примену система вођења.

Ракете „асраам“ налазе се у наоружању британских борбених авиона типа „торнадо“ и „еврофајтер“, као и аустралијских Ф/A-18. Ради се о ракети ваздух-ваздух кратког домета са пасивним ИЦ трагачем.

Авио-бомбе фамилије „пејв-веј“ представљају модификацију класичних, невођених авионских бомби у ласерски вођена ВУБС велике прецизности. Током операције „Ирачка слобода“ више од половине употребљених вођених средстава чиниле су авио-бомбе овог типа. „Пејв-веј IV“, поред ласерског вођења, интегрише и вођење помоћу сателитског система за глобално позиционирање GPS/INS, чиме се обезбеђује могућност дејства у свим меторолошким условима.

Представници организација које учествују у програму, у изјавама за јавност, истакли су да је овим Ф-35 оправдао поверење, али и да се тиме показало да се ради о успешном међународном пројекту. Према садашњим

<sup>13</sup> AirForces Monthly, January 2015, p. 7.; <https://www.f35.com/news/detail/uk-f-35b-achieves-key-weapons-test-milestone> [поцеђено: 15. март 2015]

плановима, први авиони овог типа који би средином ове године требало да постигну почетну оперативну расположивост, јесу авиони Маринског корпуса САД (*U.S. Marine Corps*), док ће авиони РВ САД и РМ САД то постићи следеће, односно 2018. године.

Младен Тишма (*Mladen Tišma*), e-mail: mladen.tischma@t-online.de

### Напредак и кашњења у развоју индијског лаког ловца „тејас“<sup>14</sup>



Последњи прототип двоседе варијанте индијског лаког борбеног авиона „тејас“, са ознаком *PV-6* и регистрацијом *KHT2010*, полетео је почетком новембра, потврдила је компанија ХАЛ. Први лет трајао је 36 минута током којих су, према изјавама чланова посаде, сви системи ваздухоплова функционисали према очекивањима.

Ово је шеснаести „тејас“ који је полетео. На овом прототипу извршене су све веће модификације, настале као резултат испитивања у лету постојећих прототипова који су, до сада, налетели преко 2.500 часова. Овај прототип опремљен је новом комуникационом опремом, радарским сензорима за електронско ратовање и новим навигационим системом за аутоматско слетање.

Крајем децембра, прототип палубне верзије „тејаса“ извео је прво полетање са скакаонице (*ski jump*) у бази Ханза, која служи за обуку за полетање са носача авиона који на палуби имају скакаонице. Иако је полетео још 2012. године, са четири године закашњења, овај прототип је приземљен три месеца по отпочињању летних испитивања, да би по отклањању свих проблема полетео тек у мају прошле године када је постигао и брзину од 1,1 маха. Индијска РМ планира набавку 40 авиона у једноседој и двоседој верзији, погоњених јачим моторима.

<sup>14</sup> *AirForces Monthly*, February 2015, p. 32; [www.airforcesdaily.com/2014/11/hal-flies-final-two-seat-tejas-light-combat-aircraft-prototype/](http://www.airforcesdaily.com/2014/11/hal-flies-final-two-seat-tejas-light-combat-aircraft-prototype/) [посећено: 1. фебруар 2015]; *IHS Jane's Defence Weekly*, Vol. 52(1), p. 17.

У међувремену, Министарство одбране Индије информисало је парламент да се давање коначног оперативног одобрења за увођење у наоружање (*final operational clearance*) „тејаса” одлаже за девет месеци, односно за крај ове године, више од 32 године од почетка програма ЛЦА (*Light Combat Aircraft – LCA*). Ипак, очекује се да први серијски авиони који су у децембру 2013. године постигли почетну оперативну расположивост буду предати ратном ваздухопловству током марта ове године. Ови апарати, међутим, имаће ограничене борбене способности будући да интеграција ракете ваздух-ваздух за дејство ван визуелног домета и опрема за пуњење горивом у ваздуху нису интегрисани.

У току 2017. и 2018. године очекује се производња партије од 20 авиона, након чега би се приступило формирању друге ескадриле опремљене „тејасима”. Међутим, Индијско ратно ваздухопловство своје планове заснива на 80 до 100 авиона унапређене верзије ЛЦА Mk. 2 (*LCA Mk 2*) која би требало да буде погоњена јачим Џенерал Електриковим мотором ГЕ-414 (*General Electric GE-414*) који обезбеђује 90 до 94 килоњутна потиска. То ће омогућити ношење више ВУБС и постизање оштријих нападних углова, што су неки од ТТЗ које је поставило РВ. Очекује се да први лет „тејаса” ЛЦА Mk. 2 буде 2017. или 2018. године. Постојећи мотори Ф-404-ГЕ-ИН20 (*F-404-GE-IN20*) обезбеђују потисак од 80 до 85 килоњутна.

Нова кашњења „тејаса” приморала су РВ да својој флоти ловачких авиона МиГ-21 поново продужи век употребе.

Младен Тишма (*Mladen Tišma*), e-mail: mladen.tischma@t-online.de

### *Руски морнарички борбени хеликоптер Ка-52К извео први лет<sup>15</sup>*

Морнаричка верзија борбеног хеликоптера Ка-52 „алигатор” (*Ка-52 «Аллигатор»*), ознака према кодификацији НАТО: *Hokum B*), под ознаком Ка-52К, извела је први лет 7. марта ове године са амфибијског ратног брода Руске ратне морнарице (*Военно-Морской Флот Российской Федерации*). Први лет трајао је 40 минута.

Компанија „Камов” развила је Ка-52К који представља модификовану верзију Ка-52 „алигатор” за употребу са десантно-јуришних бродова типа „мистрал”. Нова верзија хеликоптера има склапајуће елисе и нова „закржљала” крила за ношење ВУБС. Као и основна верзија, Ка-52К је намењен за противоклопну борбу и непосредну ватрену ваздухопловну подршку снага морнаричке пешадије.

Према подацима из медија, Руска ратна морнарица наручила је четири хеликоптера овог типа, али би укупна набавка требало да порасте на 28 летелица. У међувремену, Руске војноваздухопловне снаге (*Военно-воздушные силы Российской Федерации*) увеле су у наоружање 63 апарата основне верзије, а наручено је још 93 примерка. Током ове године, ВВС треба да преузме 16 хеликоптера.

<sup>15</sup> <http://www.flightglobal.com/news/articles/maritime-ka-52k-attack-helicopter-makes-debut-flight-410017/> [посећено: 22. март 2015]



Иако програм морнаричког борбеног хеликоптера касни, будући да је први лет био планиран за средину 2013. године, одбијање Француске да испоручи Руској Федерацији два, већ плаћена брода типа „мистрал” релативизовали су и рокове за увођење у наоружање новог хеликоптера.

*Младен Тишма (Mladen Tišma), e-mail: mladen.tischma@t-online.de*

### *Хеликоптер Ми-26 индијског РВ извршио прво слетање на великој надморској висини<sup>16</sup>*



Тешки транспортни хеликоптер Мил Ми-26 Индијског ратног ваздухопловства успешно је извршио слетање на новосаграђени хелидром у Кедарнат Даму, који се налази на надморској висини од 3.664 метра.

*Младен Тишма (Mladen Tišma), e-mail: mladen.tischma@t-online.de*

<sup>16</sup> AirForces Monthly, February 2015, p. 32.

*Иран представио нову верзију домаћег лаког ловца<sup>17</sup>*



Иран је представио нову генерацију домаћег ловца „саге“ (*Saegheh*) под ознаком „саге 2“ (*Saegheh 2*). Ради се о двоседу заснованом на лакој ловцу америчке производње Ф-5Ф „тајгер II“ (*F-5F Tiger II*) који се од оригинала разликује по двоструком вертикалном репу. Други детаљи, посебно они који се тичу авионице, наоружања и друге опреме нису познати.

Према наводима иранских медија, авиони „саге 2“ уведени су у наоружање Ратног ваздухопловства Исламске Републике Ирана. Само месец дана раније објављено је да је почела масовна производња једноседат „саге“.

Западни извори сматрају да се не ради о новопроизведеним летелицама већ о конвертованим змајевима постојећих авиона Ф-5Е/Ф. Процене говоре да ирански РВ има у оперативној употреби 31 једносед Ф-5Е и 17 двоседат за обуку Ф-5Ф.

*Младен Тишма (Mladen Tišma), e-mail: mladen.tischma@t-online.de*

*Сааб понудио Бразилу и „си грипен“<sup>18</sup>*

Шведска компанија Сааб, која је са својим вишенаменским борбеним авионом ЈАС 39 „грипен НГ“ (*JAS 39 Gripen NG*) победила на тендеру за набавку борбених авиона за Бразилско ратно ваздухопловство (*Força Aérea Brasileira*), понудила је палубну верзију истог авиона и Ратној морнарици Бразила (*Marinha do Brasil*).

<sup>17</sup> *IHS Jane's Defence Weekly*, Vol. 52(11), p. 18.

<sup>18</sup> <http://globalmilitaryreview.blogspot.com/2013/10/saab-offers-sea-gripen-carrier-borne.html> [посећено: 27. март 2015]



Морнаричка верзија „грипена“ носи ознаку „си грипен“ (*Sea Gripen*) и представља „грипен НГ“ прилагођен за употребу са носача авиона. Максимална маса у полетању износи 16,5 тона. Авион може да полеће са носача авиона опремљених парним катапултом или носача који располажу полетном стазом на палуби дужине 200 метара и скакаоницом под углом од 14 степени. „Си грипен“ за сада постоји само као концепт.

Шведски предлог долази у време када РМ Бразила планира опсежну модернизацију свог носача авиона „Сао Паоло“ (*NAe São Paulo*) на којем тренутно базирају јуришници АФ-1/А „фалкао“ (*AF-1/A Falcão*), што је службена ознака за авионе А/ТА-4КУ „скајхок“ (*Douglas A/TA-4KU Skyhawk*) америчке производње, који су као половни купљени од Кувајта крајем деведесетих година прошлог века. Иако је планом модернизације носача авиона планирана и њихова модернизација, понуда Сааба ће врло вероватно бити подробније размотрена с обзиром на то да се планира да „Сао Паоло“ остане у оперативи РМ Бразила до 2039. године.

Младен Тишма (*Mladen Tišma*), e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### **Ербас и КАИ развијају лаки наоружани хеликоптер за Јужну Кореју<sup>19</sup>**

Јужнокорејски произвођач ваздухоплова КАИ (*Korea Aerospace Industries – KAI*) изабрао је европски ваздухопловни гигант Ербас (*Airbus*), односно његову подружницу Ербас хеликоптери (*Airbus Helicopters*), за заједнички развој лаког наоружаног хеликоптера, саопштено је 16. марта.

Копнена војска Републике Кореје (*Republic of Korea Army*) кроз програм „Лаког наоружаног хеликоптера – ЛАХ“ (*Light Armed Helicopter – LAH*) планира набавку око 200 платформи масе око пет тона којима би биле замење-

<sup>19</sup> *HIS Jane's Defence Weekly*, Vol. 52(12), p. 5,

не флоте остарелих Хјузових лаких наоружаних хеликоптера МД500МД „дифендер“ (*Hughes MD 500MD Defender*) и Белових борбених хеликоптера АХ-1С „кобра“ (*Bell AH-1S Cobra*), који већ дужи низ година чекају повлачење из оперативне употребе.



Током јула прошле године Управа за програме одбрамбених набавки одабрала је КАИ за развој лаког цивилног хеликоптера (LCH), који би требало да буде основа војног програма ЛАХ.

Хеликоптери ЛЦХ и ЛАХ биће развијени на бази хеликоптера ЕЦ155 „дауфен“ (*EC155 Dauphin*), сада под ознаком Х155 (*H155*), саопштио је европски партнер. Очекује се да би цивилна верзија, односно ЛЦХ, могао да уђе у употребу током 2020. године, а да би војна варијанта, тј. ЛАХ могао да се нађе у наоружању КоВ Републике Кореје две године касније, односно 2022. године.

Ниједна од компанија које учествују у заједничком развојном програму није саопштила друге детаље, посебно оне који се тичу самог уговора. Ипак, јужнокорејски медији пренели су вест да би цео програм могао да кошта 1 билион јужнокорејских вона, односно 877 милиона америчких долара. Од тог износа, јужнокорејска влада обезбедила би 350 милијарди, Ербас 400 милијарди јужнокорејских вона, а остатак КАИ и други јужнокорејски кооперанти.

Поред Ербаса који је изабран, Јужна Кореја је разматрала потенцијалну сарадњу и са Августа-Вестландом (*AugustaWestland*), Белом (*Bell*) и Сикорским (*Sikorsky*).

Лаки наоружани хеликоптер ЛАХ планира се као део комбиноване флоте лаких и тешких хеликоптера за ватрена дејства, будући да је КоВ Републике Кореје у априлу 2013. године, у оквиру програма набавке тешког јуришног хеликоптера АХ-Икс (*AH-X*), за 1,6 милијарди америчких долара купила 36 борбених хеликоптера АХ-64Е „апач гардијан“ (*AH-64E Apache – Guardian*).

Младен Тишма (*Mladen Tišma*), e-mail: [mladen.tischma@t-online.de](mailto:mladen.tischma@t-online.de)

### *Oružje za ličnu zaštitu „FN P-90“*

Evolucija oružanih sukoba modernog doba dovela je do potrebe efikasnijeg opremanja pozadinskih jedinica oružanih snaga. Usled specifičnih zadataka, koji u najvećem broju slučajeva nisu podrazumevali direktan sukob sa neprijateljem, lično naoružanje pripadnika jedinica ove vrste prvenstveno je podrazumevalo poluautomatski pištolj (otuda i običaj da se moderni pištolji označavaju oružjem za ličnu zaštitu) sa značajnijim kapacitetom okvira ili klasični automat (engl. Sub-machine Gun), takođe u pištoljskom kalibru, najčešće 9x19 mm Parabellum. Opremanje jurišnim puškama u praksi se pokazalo nepotrebnim, jer je oružje iz ove kategorije usled većih dimenzija i težine predstavljalo smetnju u obavljanju svakodnevnih zadataka iz specifične namene ovih jedinica.

Ipak, iskustva sa svetskih ratišta<sup>20</sup> iz druge polovine dvadesetog veka i u novom milenijumu jasno pokazuju da diverzantske i prepadne akcije na pozadinske položaje protivnika imaju veliki taktički, ali i psihološki efekat i da poprimaju sve veći obim u modernom ratovanju. U napadima na konvoje i baze neprijatelj dejstvuje brzo i silovito, koristeći se faktorom iznenađenja i širim spektrom pešačkog naoružanja, neretko i mobilnim protivoklopnim sistemima. U takvim situacijama, kapaciteti poluautomatskih pištolja i automata, kao i karakteristike najčešće korišćenog kalibra 9x19 mm Parabellum, jednostavno ne mogu pružiti zadovoljavajući nivo zaštite.

Upravo ove okolnosti utiču na nastanak i razvoj novog koncepta oružja za ličnu zaštitu (engl. Personal Defence Weapon – PDW). Krajem osamdesetih i početkom devedesetih godina prošlog veka nekoliko proizvođača iz sveta otpočinje rad na konstrukcijama novog oružja. Konstruktorima je bilo jasno da novo oružje, shodno svojoj operativnoj nameni, mora biti veoma kompaktno i sa odličnim ergonomskim rešenjima, kako ne bi ometalo pripadnike prilikom obavljanja svakodnevnih zadataka. Takođe, mora imati jedinačni (poluautomatski) i automatski režim rada, kao i visok kapacitet okvira. Radi racionalizacije obuke kadra, oružje mora imati logičan i relativno uobičajen raspored osnovnih komandi i jednostavnu konstrukciju koja se i lako održava. Na kraju, radi uvećanja efikasnosti, novo oružje mora napustiti tradicionalne pištoljske kalibre.

Konstrukcijski gledano, oružje za personalnu zaštitu moglo bi se posmatrati kao spoj rešenja automata i jurišnih pušaka, objedinjujući kompaktnost prvih i vatrenu moć drugih. Za razvoj ove kategorije oružja značajna je 1989. godina, kada NATO objavljuje dokument oznake „D/296“ u kojem su, pored ostalog, istaknuti minimalni standardi koje bi novi modeli iz ove kategorije trebalo da zadovolje:

- novi metak trebalo bi da ima veću zaustavnu moć i probojnost<sup>21</sup>, efikasniji domet i preciznost nego pištoljski 9x19 mm Parabellum,
- kapacitet okvira trebalo bi da bude minimum 20 metaka,
- ukupna masa oružja ne bi trebalo da prelazi 3 kilograma,
- konstrukcija i dimenzije oružja trebalo bi da omoguće relativno efikasnu upotrebu jednom rukom.

<sup>20</sup> Posebno iz ratova u Avganistanu i Iraku.

<sup>21</sup> Probija balističku zaštitu prema NIJ standardu IIIA.

Istim dokumentom definiše se operativna namena ovog oružja koje bi trebalo da „... obezbedi ličnu zaštitu u kritičnim situacijama kada je korisnik neposredno suočen sa neprijateljem”.

S obzirom na to da se radi o minimalnim standardima, proizvođačima je namenski ostavljen prostor da dodatno unaprede konstrukcije svojih modela.

Početkom devedesetih<sup>22</sup> godina belgijska kompanija „FN Herstal” ponudila je svoj revolucionarni projekat pod oznakom „FN P-90”, čija su rešenja konstrukcije bila usklađena sa NATO standardima. Ubrzo po predstavljanju, oružje je tokom Zalivskog rata 1991. godine imalo prvu značajniju terensku proveru, kao sastavni deo naoružanja belgijskog kontingenta oružanih snaga u ovom ratu.



Oružje „FN-P90” u kalibru 5,7x28 mm, leviprofil. **Foto: Coolflat, USA**

Oružje „FN P-90” funkcioniše po principu slobodnog trzaja zatvarača, opaljujući iz prednje, zabravljene pozicije zatvarača, što se pozitivno odražava na preciznost i kontrolu paljbe, posebno pri automatskom režimu rada. Zatvarač ima udvojene povratne opruge smeštene na vođicama koje su postavljene paralelno. Na prednjem delu zatvarača nalaze se dva klina. U pitanju je oružje tzv. „bullpup” konstrukcije kod kojeg su mehanički delovi smešteni u šupljinu kundačka oružja, čime se postiže izrazita kompaktnost oružja, a rukovanje oružjem je olakšano<sup>23</sup> postavljanjem obostranih i logično raspoređenih osnovnih komandi.

<sup>22</sup> Otuda i broj 90 u oznaci naziva modela ovog oružja.

<sup>23</sup> Kako desnorukim tako i levorukim strelcima.

„FN P-90“ koristi specifični kalibar 5,7x28 mm koji se odlikuje izuzetnom probojnošću<sup>24</sup>. Kalibar koji je „FN Herstal“ razvila u skladu sa NATO standardima<sup>25</sup> isprva je koristio lako zrno oznake „SS90“ mase 1,5 grama (23 grejna), da bi tokom 1992. i 1993. godine zrno bilo zamenjeno novim „SS190“ koje je za 2,7 mm (0, 11 inča) kraće nego prethodno<sup>26</sup>. Kombinovanog jezgra od aluminijuma i prednjeg dela izrađenog od čelika, težište zrna je pomerenano unapred, dajući mu veoma pravu trajektoriju nakon napuštanja cevi oružja, a prema studiji Dejvida Fortiera (engl. David Fortier) objavljenoj 2008. godine, pod naslovom



*Rampa za rotiranje metka i uvođenje u ležište , postavljena na prednjoj strani okvira*

Foto: Coolflat, USA.

„Vojna municija današnjice“<sup>27</sup>, trzaj prilikom paljbe je za oko 30% manji nego kod kalibra 9x19 mm Parabellum. Prema tvrdnjama proizvođača efektivan domet je do 200 metara, dok na većim distancama zrno, usled male težine, znatno gubi kinetičku energiju, što mu, pored ostalog, umanjuje i mogućnost rikošetiranja. Manji prečnik metka omogućava i veći kapacitet okvira koji kod „FN P-90“ modela namenjenih službenim licima prima 50 metaka. Poluautomatske verzije namenjene civilnim korisnicima, oznake „FN PS-90“, imaju okvir kapaciteta 30 ili 10 metaka, shodno pozitivnim zakonskim propisima određenih zemalja. Okviri se izrađuju od providnog

<sup>24</sup> Pri testiranju iz 1999. godine, koje su sprovedli pripadnici kanadske brdske policije (kan. engl. Royal Canadian Mounted Police), projektil oznake „SS190“ ispaljen iz „FN P-90“ sa distance od 25 metara u balistički gel preko kojeg je bio postavljen balistički prsluk sa nivoom zaštite IIIA, imao je prosečnu penetraciju u gel od oko 25 cm.

<sup>25</sup> U okviru ovog kalibra „FN Herstal“ nudi i metke „L191“ obeležavajuće, zatim „SS192“ sa mekim zrnom, „Sb193“ podzvučne i manevarske.

<sup>26</sup> Radi usklađivanja sa poluautomatskim pištoljem „FN Five-Seven“.

<sup>27</sup> Engl. „Military Ammo Today“.

polimera, što omogućava strelcu u svakom momentu uvid u preostalu municiju, koja se prilikom punjenja smešta u dva reda. Površina okvira je matirana, kako ne bi reflektovala svetlost, što je slučaj i sa svim spoljašnjim delovima oružja.

#### *Odvažnost konstruktora*

Odvažnost konstruktora belgijske kompanije izražena je i kroz nekonvencionalno i hrabro rešenje, kako samog okvira, tako i mehanizma dovodenja metka u ležište. Okvir se utvrđuje na gornjoj strani sanduka oružja, paralelno u odnosu na cev oružja. Položaj municije je pod pravim uglom u odnosu na osu cevi, ali rampa kružnog oblika na prednjem delu okvira rotira metak<sup>28</sup> za devedeset stepeni i u tom položaju ga uvodi u ležište. Ovakvo rešenje umnogome doprinosi kompaktnosti oružja<sup>29</sup>, zadržavajući veliki kapacitet okvira. Poluga za otpuštanje okvira postavljena je obostrano u vidu kliznog, ožlebljenog tastera piramidalnog oblika, dobro profilisanog. Okvir se otpušta guranjem tastera unazad i povlačenjem okvira nagore, što neuvežbanom strelcu može tražiti rad obe ruke i pomeranje oružja sa nišanske linije, što može biti neprijatno u situacijama kada je strelac ušao u neposredan kontakt sa protivnikom. Još jedno nekonvencionalno rešenje konstrukcije jeste i otvor za izbacivanje čaura koji je smešten sa donje strane, čime je onemogućeno da vrela čaura pogodi lice strelca ili nekoga sa strane.



*Oružje „FN-P90“ u kalibru 5,7x28 mm, desni profil*

Foto: Coolflat, USA

Sanduk oružja izrađen je od polimera<sup>30</sup> i sastoji se od gornje i donje celine. Gornju čini cev sa sklopom zatvarača, neuveličavajućim refleksnim nišanom (kao i mehaničkim nišanima kao pomoćnim) i odvojivi okvir. Donji deo sanduka sastoji se od kundaka sa amortizerom trzaja i sklopom mehanike, kao i okidačke grupe. Zad-

<sup>28</sup> Metak ka rampi potiskuje opruga pod pritiskom na suprotnom kraju okvira.

<sup>29</sup> Prilikom realizacije projekta, kao kriterijum ukupne dužine oružja postavljena je prosečna širina ramena odraslog muškarca.

<sup>30</sup> Čime je redukovana kako ukupna težina oružja, tako i cena proizvodnje.

nji, gornji deo sanduka je sa obe strane blago zasečen radi udobnijeg postavljanja obraza strelca prilikom nišanjenja i gađanja, a blage, zaobljene konture celog oružja umanjuju mogućnost neželjenog kaćenja za opremu ili prilikom rukovanja u uskom prostoru. Sa donje strane ostavljen je manji prorez radi kaćenja taktičkog remnika, dok se sa prednje strane remnik kači na žleb na zadnjem kraju cevi.

Na donjoj strani sanduka primećuju se dve šupljine kružnog oblika, od kojih zadnja i veća ima ulogu rukohvata, a iza nje je smešten pomenuti otvor za izbacivanje ča-ura. Ispred rukohvata u manjoj šupljini postavljen je obarač sa nekonvencionalnim rešenjem regulatora paljbe. Režim paljbe bira se promenom položaja regulatora koji je rešen preko horizontalno postavljenog točkica, ožlebljenog sa obe strane, radi prilagođavanja potrebama i levorukim i desnorukim strelcima. Ovo prilično iznenađujuće rešenje za sada se može primetiti i na jurišnoj pušci istog proizvođača „FN F-2000” u kalibru 5,56x45 mm NATO, a među korisnicima nije preterano popularno, najviše zbog toga što prilikom upotrebe oružja ostaje najvećim delom sakriven od pogleda strelca. Režimi rada predstavljeni su slovima i brojem, pa tako latinično slovo „S” bele boje označava ukočen režim, koji blokira povlačenje obarača, dok broj 1 crvene boje označava jedinačnu paljbu, a crveno slovo „A” automatsku. Naravno, poluautomatske verzije predviđene za civilno tržište imaju dva režima – ukočen i poluautomatski. Okidanje ima dva kolena, a ukoliko se obarač povlači polovično i u „A” režimu pucaće jedinačnom paljbom, slično kao na austrijskim „bullpup” puškama „Steyr AUG”. Za automatsku verziju potrebno je povlačenje obarača do kraja. Branik obarača je veoma uvećan i izvijen nadole u vidu repa, a prilagođen je ergonomiji šake, pa može poslužiti i za pot-hvat oružja. Ispred branika može se primetiti još jedan vertikalni branik koji je zamišljen kao „opomena” strelcu da je šaku približio ustima cevi oružja, umanjujući tako šanse da ruka slučajno sklizne i da dođe do neželjenog povređivanja.

Od bezbednosnih mehanizama, pored spoljašnje kočnice obarača, oružje ima i unutrašnju kočnicu udarne igle, smeštenu u okviru okidačke grupe i koja sprečava neželjeno opaljenje (na primer, prilikom pada oružja na čvrstu podlogu). Za otpuštanje kočnice i paljbu potrebno je potpuno povlačenje obarača.

Ručica za zapinjanje zatvarača postavljena je iznad branika obarača, takođe obostrano, lako je dostupna i dobro profilisana. Prednji deo ivice ručice je izdignut omogućavajući tako sigurniji hvat spajanjem palca i kažiprsta prilikom zapinjanja zatvarača. Cev oružja izrađena je od čelika, metodom hladnog kovanja, a hromirana unutrašnjost produžava joj radni vek i olakšava održavanje. Unutrašnjost cevi je ožlebljena udesno, osam puta, sa korakom uvijanja 1:231 mm (1:9,1 inča). Na ustima cevi postavljen je skrivač plamena koji ujedno doprinosi i boljoj kontroli trzaja prilikom paljbe. Na cev je moguće montirati prigušivač pucanja, poput modela „Gemtech SP90” koji je posebno dizajniran za ovo oružje.

Refleksni nišan postavljen na rampi na gornjoj prednjoj strani oružja je neuveličavajući. Prvi modeli bili su opremljeni nišanom oznake „Ring Sights HC-14-62”, ali su zatim zamenjeni posebno dizajniranim „Ring Sights MC-10-80”. Kućište nišana ovih potonjih izrađeno je od anodiziranog aluminijuma. Pri dnevnom osvetljenju končanicu predstavljaju kružna linija sa tačkom<sup>31</sup> u sredini (engl. circle dot sight) bele boje, dok se pri smanjenoj vidljivosti končanica projektuje zahvaljujući tricijumskom izvoru u obliku otvorenog slova „T”. Prednji i zadnji mehanički nišani postavljeni su sa obe strane refleksnog kao pomoćni.

<sup>31</sup> Tačka je veličine 3,5 MOA.

### *Taktička upotreba*

Kada je reč o taktičkoj upotrebi oružja „FN P-90“, može se primetiti da je otišla znatno šire od prvobitne potrebe lične zaštite. Mnogi CAT (engl. *Contra Assault Team*) timovi u svetu opremaju su upravo ovim oružjem prilikom izvršavanja zadataka i poslova zaštite određenih lica, a takođe se može primetiti i kod pripadnika antiterorističkih grupa i taktičkih timova prilikom izvođenja upada u zatvorne objekte. Takođe, modeli ove serije mogu se primetiti i kao primarno naoružanje pripadnika ronilačkih grupa, a za potrebe borbenih zadataka. Upravo u ovim situacijama dolaze do izražaja taktičko-tehničke karakteristike ovog oružja, pre svega kompaktnost i značajna vatrena moć, potpomognuta preciznošću paljbe i balističkim karakteristikama specifičnog kalibra. U jedinicama za specijalne namene zastupljeni su modeli ove serije koji su opremljeni standardizovanom MIL-STD-1913 šinama na koje je moguće montirati taktičku opremu, poput taktičkih lampi, laserskih obeleživača ciljeva i raznih vrsta nišanskih uređaja.

### *Korisnici*

Poznati korisnik ovog oružja u našem regionu je Jedinica za specijalnu podršku – JSP SIPA BiH, koja je za potrebe svojih pripadnika nabavila kontingent „FN P-90 Tactical“ tokom 2014. godine. Poznato je da u Evropi ovo oružje poseduju: elitna jedinica austrijske vojske Jagdkommando, zatim elitne jedinice francuske policije GIGN, GIPN i RAID, grčka jedinica EKAM, belgijske jedinice policije i vojske i druge. Elitni ronioci brazilske GRUMEC ovo oružje koriste kao osnovno primarno, a pridružuju im se kolege iz Argentine, Čilea, Pakistana i drugih država.



*Figure Poluautomatska verzija "FN PS-90" predviđena za kupce iz civilstva*

Foto: Supra MKD.

### *Modeli*

U okviru serije „P-90” trenutno postoje standardni modeli „LV” opremljeni laserskim obeleživačem cilja (engl. Laser Visible), kao i standardni modeli „LIR” opremljeni infracrvenim laserskim obeleživačem (engl. Laser Infra-Red). Za modele pod oznakom „Tactical” karakteristično je da nisu opremljeni refleksnim neuveličavajućim nišanom, dok se oznake modela „Tactical LV”, „Tactical LIR” odnose na istu konfiguraciju kao kod standardnih modela.

Za potrebe kupaca iz civilstva kompanija „FN Herstal”, počev od 2005. godine, nudi poluautomatske verzije pod oznakom „FN PS-90”, prepoznatljive po vidno dužoj cevi oružja od 407 mm (16 inča).

*Taktičko-tehnički podaci za standardni model „FN P-90”:*

Ukupna dužina: 505 mm (19,9 inča),

Dužina cevi: 264 mm (10,4 inča),

Masa (sa praznim okvirom): 2,8 kg,

Masa (sa punim okvirom): 3,1 kg,

Teorijska brzina paljbe: 850 – 1,100 metaka u minuti.<sup>32</sup>

Miloš Jevtić, urednik sajta „specijalne-jedinice.com”,  
e-mail: info@specijalne-jedinice.com

<sup>32</sup> Oficijalni sajt kompanije „FN Herstal”, stranica na linku [http://www.fnherstal.com/primary-menu/products-capabilities/personal-defense-weapons/technical-data/product/262/294/262/4/\\_/fn-p90R-standard.html](http://www.fnherstal.com/primary-menu/products-capabilities/personal-defense-weapons/technical-data/product/262/294/262/4/_/fn-p90R-standard.html)

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** (вгг.мо.упр.срб, [www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), ISSN 0042-8469 – штампано издање, е-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 развоја:

– **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 – СЦИндекса (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 ASEESTANT, 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 ASEESTANT 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 – ASEESTANT.

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 преводје 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 абecedном 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.УНП.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/eticheskiy-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 статей 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 статей. 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., пп. 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

## МЕДИЈА ЦЕНТАР „ОДБРАНА“

- Браће Југовића 19, 11000 Београд •
- Telefони: (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

**1. „Војнотехнички гласник“**

Годишња претплата 1.200,00 динара

Приликом уплате позвати се на број: 54

.....

**2. „Нови гласник“**

Годишња претплата 1.800,00 динара

Приликом уплате позвати се на број: 53

.....

**3. „Војно дело“**

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* Авајан, 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:  
Vojnotehnički glasnik (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: dobrila.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:  
Vojnotehnički glasnik (Online) = ISSN  
2217-4753  
ISSN 0042-8469 = Војнотехнички гласник  
COBISS.SR-ID 4423938

Price: 350.00 RSD  
Printed in 500 copies

---

According to the Opinion of the Ministry of Science and Technological Development  
No 413-00-1201/2001-01 of 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. - Год. 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

