



Вол. 65, бр. 1  
2017

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2217-4753  
УДК 623 + 355/359



# ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК

НАУЧНИ ЧАСОПИС МИНИСТАРСТВА ОДБРАНЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ



Том 65 № 1  
2017

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2217-4753  
УДК 623 + 355/359



ВЕСТНИК

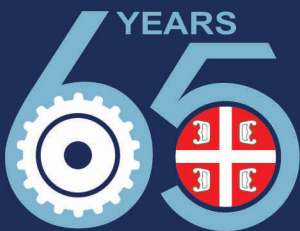
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ

2017 MILITARY TECHNICAL COURIER



Vol 65, No 1  
2017

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2217-4753  
UDC 623 + 355/359



# MILITARY TECHNICAL SCIENTIFIC PERIODICAL OF THE MINISTRY OF DEFENCE OF THE REPUBLIC OF SERBIA Courier

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2417-4753  
UDC 623 + 355/359



ВОЛУМЕН 65 • БРОЈ 1 • ЈАНУАР-МАРТ 2017.



VOLUMEN 65 • BROJ 1 • JANUAR-MART 2017.

втг.мо.упр.срб  
[www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs)  
COBISS.SR-ID 4423938

ISSN 0042-8469  
e-ISSN 2417-4753  
UDC 623 + 355/359



ТОМ 65 • НОМЕР ВЫПУСКА 1 • ЯНВАРЬ-МАРТ 2017.



VOLUME 65 • NO 1 • JANUARY-MARCH 2017

втг.мо.упр.срб  
[www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs)  
COBISS.SR-ID 4423938

МИНИСТАРСТВО ОДБРАНЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ  
МЕДИЈА ЦЕНТАР „ОДБРАНА“

Директор  
Стевица С. Карапанџин, пуковник

УНИВЕРЗИТЕТ ОДБРАНЕ У БЕОГРАДУ

Ректор  
Проф. др Младен Вуруна, генерал-мајор, <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>

Начелник одсека за издавачку делатност  
Драгана Марковић

УРЕДНИК ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА

др Небојша Гаћеша, потпуковник  
е-mail: [nebojsa.gacesa@mod.gov.rs](mailto:nebojsa.gacesa@mod.gov.rs), tel.: 011/3349-497, 064/80-80-118, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

- генерал-мајор проф. др Бојан Зрнић, начелник Управе за одбрамбене технологије Сектора за материјалне ресурсе Министарства одбране Републике Србије, председник Уређивачког одбора, <http://orcid.org/0000-0002-0961-993X>,
- 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, <http://orcid.org/0000-0002-2432-3088>,
- научни сарадник др Обрад Чабаркапа, пуковник у пензији, <http://orcid.org/0000-0002-3949-8227>,
- проф. др Владимир Чернов, Владимирский государственный университет, Владимир, Российская федерация (Vladimir State University, Vladimir, Russian federation), <http://orcid.org/0000-0003-1830-2261>,
- пуковник ванр. проф. др Горан Дикић, проректор Универзитета одбране, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-0858-1415>,
- проф. др Александр Дорохов, Харьковский национальный экономический университет, Харьков, Украина (Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine), <http://orcid.org/0000-0002-0737-8714>,
- проф. др Жељко Ђуровић, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, <http://orcid.org/0000-0002-6076-442X>,
- 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), <http://orcid.org/0000-0002-5358-9037>,
- 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, <http://orcid.org/0000-0002-8626-903X>,
- проф. др Мирко Коматина, шеф Катедре за термомеханику Машинског факултета Универзитета у Београду,
- научни саветник др Ана Костов, Институт за рударство и металургију, Бор, <http://orcid.org/0000-0003-1893-7187>,
- проф. др Митар Ковач, генерал-мајор у пензији,
- проф. др Бранко Ковачевић, декан Електротехничког факултета Универзитета у Београду, <http://orcid.org/0000-0001-9334-9639>,
- др Василије М. Мановић, Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK, <http://orcid.org/0000-0002-8377-7717>,
- проф. др Момчило Милиновић, Катедра за системе наоружања Машинског факултета Универзитета у Београду, <http://orcid.org/0000-0002-5361-7544>,
- проф. др Градимир В. Миловановић, редовни члан Српске академије наука и уметности, Математички институт САНУ, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-3255-8127>,
- 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, <http://orcid.org/0000-0002-0455-7506>,
- проф. др Славко Покорни, Висока школа за информационе технологије, рачунарски дизајн и савремено пословање, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-3173-597X>,
- пуковник доц. др Стеван Радојичић, начелник Војногеографског института, Београд, <http://orcid.org/0000-0001-7203-0637>,
- пуковник доц. др Зоран Рајић, директор Војнотехничког института, Београд,
- научни саветник др Александар Родич, руководилац Центра за роботiku Института „Михајло Пупин“, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-5595-9724>,
- проф. др Станко Станић, ректор Универзитета у Бањој Луци, Република Српска, Босна и Херцеговина,
- проф. др Јонел Старету, Transilvania University of Brasov, Romania, <http://orcid.org/0000-0001-5947-7557>,
- научни саветник др Срећко С. Столић, RWTH Aachen University, Faculty for Georesourcen and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Deutschland, <http://orcid.org/0000-0002-1752-5378>,
- проф. др Мирослав Трајановић, шеф Катедре за производно-информационе технологије и менаџмент Машинског факултета Универзитета у Нишу, <http://orcid.org/0000-0002-3325-0933>,
- генерал-мајор проф. др Младен Вуруна, ректор Универзитета одбране у Београду, <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>,
- проф. др Алекса Зејак, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, <http://orcid.org/0000-0001-5114-2867>,
- потпуковник др Небојша Гаћеша, уредник Војнотехничког гласника, секретар Уређивачког одбора, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>.

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>  
е-mail: [vojnotechnicki.glasnik@mod.gov.rs](mailto:vojnotechnicki.glasnik@mod.gov.rs)



Претплата на штампано издање: е-mail: [pretplata@odbrana.mod.gov.rs](mailto:pretplata@odbrana.mod.gov.rs); тел.-факс: 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 пуној тексту. Комплетан текст Војнотехничког гласника доступан је у базама података EBSCO Publishing-а.

Штампа: Војна штампарија – Београд, Песавска 40б, е-mail: [vojna.stamparija@mod.gov.rs](mailto:vojna.stamparija@mod.gov.rs)

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ  
МЕДИА ЦЕНТР „ОДБРАНА“  
ДИРЕКТОР

Стевица С. Карапанджин, полковник

УНИВЕРСИТЕТ ОБОРОНЫ В Г. БЕЛГРАДЕ

РЕКТОР

профессор д-р Младен Вуруна, генерал-майор, <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>

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, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

СОВЕТ РЕДАКТОРОВ

– Генерал-майор профессор д-р Боян Зринч, начальник Управления оборонительных технологий при Департаменте материальных

ресурсов Министерства обороны Республики Сербия, председатель Совета редакторов, <http://orcid.org/0000-0002-0961-993X>,

– 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,

<http://orcid.org/0000-0002-2432-3088>,

– Генерал-майор профессор д-р Младен Вуруна, ректор Университета обороны в г. Белграде, <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>,

– Профессор д-р Леонид Гречихин, Минский государственный высший авиационный колледж, Минск, Республика

Беларусь, <http://orcid.org/0000-0002-5358-9037>,

– Профессор д-р Александр Дорохов, Харьковский национальный экономический университет, Харьков, Украина,

<http://orcid.org/0000-0002-0737-8714>,

– Полковник доцент д-р Горан Дижич, проректор Университета обороны, г. Белград, <http://orcid.org/0000-0002-0858-1415>,

– Профессор д-р Желько Джурович, Электротехнический факультет Белградского университета,

<http://orcid.org/0000-0002-6076-442X>,

– Профессор д-р Миодраг Евтич, отставной генерал-майор,

– Профессор д-р Алекса Зейяк, Факультет технических наук Университета в г. Нови Сад, <http://orcid.org/0000-0001-5114-2867>,

– Профессор д-р Иован Исакович, Военно-технический институт, Белград,

– Профессор д-р Слободан Йарамаз, начальник Кафедры по военному машиностроению Машиностроительного факультета

при Белградском университете,

– Д-р Вукица М. Йованович, Trine University, Allen School of Engineering and Technology, Department of Engineering

Technology, Angola, Indiana, USA, <http://orcid.org/0000-0002-8626-903X>,

– Профессор д-р Митар Ковач, отставной генерал-майор,

– Профессор д-р Бранко Ковачевич, декан Электротехнического факультета Белградского университета,

<http://orcid.org/0000-0001-9334-9639>,

– Профессор д-р Мирко Коматина, начальник Кафедры термомеханики Машиностроительного факультета Белград-

ского университета,

– Научный советник д-р Анна Костов, Институт горного дела и металлургии, г. Бор, <http://orcid.org/0000-0003-1893-7187>,

– Д-р Василий М. Манович, Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK, <http://orcid.org/0000-0002-8377-7717>,

– Профессор д-р Момчило Милюнович, Машиностроительный факультет Белградского университета,

<http://orcid.org/0000-0002-5361-7544>,

– Профессор д-р Градимир В. Милованович, член Сербской академии наук, Белград, <http://orcid.org/0000-0002-3255-8127>,

– 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, <http://orcid.org/0000-0002-0455-7506>,

– Профессор д-р Славко Покорни, Колледж информационных технологий, компьютерного дизайна и современного

бизнеса, Белград, <http://orcid.org/0000-0002-3173-597X>,

– Полковник доцент д-р Стеван Радойич, начальник Военно-географического института, г. Белград, факультета

при Белградском университете, <http://orcid.org/0000-0001-7203-0637>,

– 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,

<http://orcid.org/0000-0002-5595-9724>,

– Профессор д-р Станко Станич, Университет в г. Баня-Лука, Республика Сербская, Босния и Герцеговина,

– Профессор д-р Йонел Старету, Трансильванский университет в г. Брашов, Румыния, <http://orcid.org/0000-0001-5947-7557>,

– Научный советник д-р Сречко С. Стопич, RWTH Aachen University, Faculty for Georesourcen and Materials Engineering,

IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Deutschland, <http://orcid.org/0000-0002-1752-5378>,

– Профессор д-р Мирослав Траянович, начальник Кафедры ИТ и менеджмента Машиностроительного факультета в г. Нише,

<http://orcid.org/0000-0002-3325-0933>,

– Научный советник д-р Обрад Чабаркала, отставной полковник, <http://orcid.org/0000-0002-3949-8227>,

– Профессор д-р Владимир Чернов, Владимирский государственный университет, Владимир, Российская федерация,

<http://orcid.org/0000-0003-1830-2261>,

– Подполковник кандидат технических наук Небойша Гачеша, редактор Военно-технического вестника, секретарь

Совета редакторов, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>.

Адрес редакции: ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК, Браће Југовића 19, Београд

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

<http://aseastant.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

Журнал 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, Песавска 406, 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, <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>  
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, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

EDITORIAL BOARD

- Major General *Bojan Znić*, PhD, Professor, Head of the Department for Defence Technologies, Material Resources Sector, Ministry of Defence, (Head of the Editorial Board), <http://orcid.org/0000-0002-0961-993X>
- 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, <http://orcid.org/0000-0002-2432-3088>
- Scientific Advisor *Obrad Čabarkapa*, PhD, retired Colonel, <http://orcid.org/0000-0002-3949-8227>
- Professor *Vladimir Chernov*, DSc, Department of Management and Informatics in Technical and Economic Systems, Vladimir State University, Vladimir, Russia, <http://orcid.org/0000-0003-1830-2261>
- Colonel *Goran Dikić*, PhD, Associate Professor, Prorector of the University of Defence, Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-0858-1415>
- Professor *Aleksandr V. Dorohov*, PhD, Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine, <http://orcid.org/0000-0002-0737-8714>
- Professor *Željko Đurović*, PhD, Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-6076-442X>
- Professor *Leonid I. Gretchihin*, PhD, Minsk State Higher Aviation College, Minsk, Republic of Belarus; academician of Academy of Construction of Ukraine, <http://orcid.org/0000-0002-5358-9037>
- 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, <http://orcid.org/0000-0002-8626-903X>
- 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, <http://orcid.org/0000-0003-1893-7187>
- Professor *Mitar Kovač*, PhD, retired Major General
- Professor *Branko Kovačević*, PhD, Dean of the Faculty of Electrical Engineering University of Belgrade, <http://orcid.org/0000-0001-9334-9639>
- *Vasilije M. Manović*, PhD, Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK, <http://orcid.org/0000-0002-8377-7717>
- Professor *Mornčilo Milinović*, PhD, Weapon Systems Department at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-5361-7544>
- Professor *Gradimir V. Milovanović*, PhD, Member of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Mathematical Institute of the SAsA, Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-3255-8127>
- 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, <http://orcid.org/0000-0002-0455-7506>
- Professor *Slavko Pokorni*, PhD, Information Technology School, Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-3173-597X>,
- Colonel *Stevan Radojić*, PhD, Assistant Professor, Head of the Military Geographical Institute, Belgrade, <http://orcid.org/0000-0001-7203-0637>
- Colonel *Zoran Rajić*, PhD, Assistant Professor, Director of the Military Technical Institute, Belgrade
- Scientific Advisor *Aleksandar Rodić*, PhD, Head of the Robotics Laboratory at the Mihajlo Pupin Institute, Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-5595-9724>
- Professor *Stanko Stanić*, PhD, University of Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina
- Professor *Ionel Staretu*, PhD, Transilvania University of Brasov, Romania, <http://orcid.org/0000-0001-5947-7557>
- Scientific Advisor *Srećko S. Stopić*, PhD, RWTH Aachen University, Faculty for Georesources and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Germany, <http://orcid.org/0000-0002-1752-5378>,
- Professor *Miroslav Trajanović*, PhD, Head of the Department for Production IT and Management at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, <http://orcid.org/0000-0002-3325-0933>
- Major General *Mladen Vuruna*, PhD, Professor, Rector of the University of Defence in Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>
- Professor *Aleksa Zejak*, PhD, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, <http://orcid.org/0000-0001-5114-2867>
- Lt Colonel *Nebojša Gačeša*, MSc, Editor of the Military Technical Courier (Secretary of the Editorial Board), <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

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)





# САДРЖАЈ

## ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ ЧЛАНЦИ

*Леонид И. Гречихин*

Електрична својства различитих агрегатних стања материје ..... 1-19

*Никола П. Жегарац*

Уређај за демонтажу и монтажу делова тешко растављивих машинских склопова на машинским постројењима ..... 20-29

*Михаило Р. Мрдак*

Механичке особине и микроструктура плазма напрскане превлаке  $ZrO_2Y_2O_3$  /  $ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY/CoNiCrAlY$  ..... 30-44

*Бранко Б. Билбија*

Испитивање авиона са аспекта методологије, безбедности и развоја летелице .... 45-68

## ПРЕГЛЕДНИ ЧЛАНЦИ

*Зоран Ц. Петровић*

Истраживање утицаја удара и вибрација на људско тело ..... 69-88

*Саша М. Петровић*

Транслација ознака производа у различитима системима означавања ..... 89-101

## СТРУЧНИ ЧЛАНЦИ

*Небојша Д. Ђорђевић*

Стандарди квалитета софтвера ..... 102-124

*Дамир М. Пројовић*

Примена релативног позиционирања у топографско-геодетској припреми на потпуној основи у артиљерији ..... 125-139

*Дејан С. Стојановић, Петар Љ. Стојилковић*

Методe оптималних решења припадника Војске Србије за смањење ефеката експлозије експлозивних средстава ..... 140-159

*Милош Д. Јевтић, Симиша Р. Маринковић, Ивица Б. Марјановић*

Примена SysML на поједностављен модел осматрачког радара ..... 160-185

## ИСКУСТВА ИЗ ПРАКСЕ

*Ненад В. Ковачевић*

Мине на територији извођења мултинационалних операција ..... 186-211

## САВРЕМЕНО НАОРУЖАЊЕ И ВОЈНА ОПРЕМА

*Драган М. Вучковић, Милош М. Јевтић, Никола М. Остојић* ..... 212-273

ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА ..... 274-290

ОБАВЕШТЕЊА САРАДНИЦИМА И ЧИТАОЦИМА ..... 291-292

СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА ..... 293-318

ИЗЈАВА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА О ЕТИЧКОМ ПОСТУПАЊУ ..... 319-330

# СОДЕРЖАНИЕ

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

- Леонид И. Гречихин*  
Электрические свойства разных агрегатных состояний вещества ..... 1-19
- Никола П. Жегарац*  
Монтажно-демонтажное устройство для сложно разбираемых деталей  
машиностроительного оборудования..... 20-29
- Михаило Р. Мрдак*  
Механические характеристики и микроструктура покрытий  $ZrO_2Y_2O_3 /$   
 $ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY / CoNiCrAlY$ , нанесенных воздушно-плазменным  
напылением..... 30-44
- Бранко Б. Билбия*  
Испытания самолета с точки зрения методологии, безопасности и развития  
авиационной техники..... 45-68

## ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

- Зоран Ц. Петрович*  
Исследование влияния ударов и вибраций на человеческий организм..... 69-88
- Саша М. Петрович*  
Трансляция маркировки продукции в различных системах обозначения .... 89-101

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

- Небойша Д. Джорджевич*  
Стандарты качества программного обеспечения..... 102-124
- Дамир М. Пройович*  
Применение относительного позиционирования артиллерийских  
подразделений в топографо-геодезических учениях..... 125-139
- Деян С. Стоянович, Петар Л. Стоилькович*  
Методы оптимальных решений по смягчению последствий взрыва взрывчатых  
средств, принимаемых служащими Вооруженных сил Республики Сербия ..... 140-159
- Милош Д. Евтич, Синиша Р. Маринкович, Ивица Б. Марьянович*  
Применение языка SysML на упрощенной модели радиолокационного  
наблюдения..... 160-185

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ОПЫТЫ

- Ненад В. Ковачевич*  
Мины в процессе многонациональных операций..... 186-211

## СОВРЕМЕННОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Драган М. Вучкович, Милош М. Евтич, Никола М. Остич*..... 212-273

- ПРИГЛАШЕНИЕ И ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ АВТОРОВ РАБОТ ..... 274-290
- СООБЩЕНИЯ ДЛЯ ПАРТНЕРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ..... 291-292
- СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА..... 293-318
- ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКУ  
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА ..... 319-330

# CONTENTS

## ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS

- Leonid I. Gretchikhin*  
Electrical properties of various aggregate states of matter ..... 1-19
- Nikola P. Žegarac*  
Device for dismantling and assembling hard-to-separate mechanical assemblies  
on mechanical plants ..... 20-29
- Mihailo R. Mrdak*  
Mechanical properties and the microstructure of the plasma-sprayed ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /  
ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>CoNiCrAlY / CoNiCrAlY coating ..... 30-44
- Branko B. Bilbija*  
Aircraft testing in terms of methodology, safety and development of aircraft ..... 45-68

## REVIEW PAPERS

- Zoran C. Petrović*  
Research of the effects of shock and vibrations on the human body ..... 69-88
- Saša M. Petrović*  
Translation of part marking codes in different systems ..... 89-101

## PROFESSIONAL PAPERS

- Nebojša D. Đorđević*  
Software quality standards ..... 102-124
- Damir M. Projović*  
Application of relative positioning in topographic survey preparations  
on a full basis in artillery ..... 125-139
- Dejan S. Stojanović, Petar Lj. Stojilković*  
Towards making optimal decisions in the Serbian Army for reducing  
the effects of ordnance explosions ..... 140-159
- Miloš D. Jevtić, Siniša R. Marinković, Ivica B. Marjanović*  
Application of SysML on a simplified model of an air surveillance radar ..... 160-185

## PROFESSIONAL PRACTICE

- Nenad V. Kovačević*  
Mines in use in multinational operations ..... 186-211

## MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

- Dragan M. Vučković, Miloš M. Jevtić, Nikola M. Ostojić* ..... 212-273

CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS ..... 274-290

INFORMATIONS FOR CONTRIBUTORS AND READERS ..... 291-292

LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER ..... 293-318

PUBLICATION ETHICS STATEMENT ..... 319-330

# ELECTRICAL PROPERTIES OF VARIOUS AGGREGATE STATES OF MATTER

Leonid I. Gretchikhin

Belarusian State Academy of Telecommunications, Minsk,  
Republic of Belarus,  
e-mail: gretchihin@yandex.ru,  
ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-5358-9037>

DOI: 10.5937/vojtehg65-11900

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

## Summary:

*Electrical properties of solids are caused by elastic polarization of clusters in case of metals while those of dielectrics result from the orientation polarization of induced and built-in electric dipoles. Orientation polarization stems from the interaction of free built-in electric dipoles with an external electric field. A physical model of the dielectric permittivity formation of metals, electrolytes, plasma, ferrites, and ferroelectrics has been developed. Theoretical calculations of the dielectric permittivity of a number of ferrites and barium titanate have been performed in particular.*

*Key words: permittivity, aggregate states, metals, plasma, electrolytes, ferroelectrics.*

## Introduction

The dielectric permittivity of a medium is introduced to describe the behavior of various substances in electric fields. There are relative dielectric permittivity and absolute dielectric permittivity considered in the SI system. The resulting permittivity of a medium presents the product of the absolute permittivity of vacuum and the relative permittivity of the medium. The notion of the absolute dielectric permittivity of classical vacuum ( $\epsilon_0 = 1/4\pi \cdot 10^9 \text{ F/m}$ ) was introduced by Arnold Sommerfeld (Sommerfeld,

1952). The relative permittivity of vacuum is equal to 1 while the relative permittivity of a medium is considered relative to vacuum. Under the effect of an external electric field, a displacement of internal electric charges occurs which is characterized by the electric displacement vector:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}_3 + \vec{P} = \varepsilon_r \varepsilon_0 \vec{E}_3. \quad (1)$$

Here,  $E_3$  is the external field intensity and  $P$  is the electric polarization vector of the medium. Since the electric polarization vector of a medium depends linearly on the external applied field for the majority of substances ( $P = \kappa E_3$ , where  $\kappa$  is dielectric susceptibility), then the relative permittivity of a medium is as follows:

$$\varepsilon_r = 1 + \kappa / \varepsilon_0. \quad (2)$$

Therefore, in order to determine the dielectric permittivity of a medium, it is essential to know dielectric susceptibility which determines the polarization properties of the medium. Elastic polarization and orientation polarization are distinguished. Elastic polarization is caused by: 1 – deformation of electron shells of atoms, molecules, so called electronic polarization; 2 – atom polarization stemming from the shifting of dissimilar atoms inside a molecule; 3 – ionic polarization stemming from the shifting of positive and negative ions relative to each other, and 4 – elastic dipolar polarization resulting from dipoles turning relative to their position of the equilibrium inside the substance. The orientation polarization of a medium is associated with built-in electric dipole moments positioning along the field direction inside the substance. For some substances, elastic polarization and orientation polarization appear together.

General definitions are clear and intelligible. However, when an external electric field is applied to a substance, appropriate processes causing polarization remain unclear. In actual practice, experimental data are used. This is because of the fact that no physical model which can adequately reflect all possible processes of medium polarization is available now. The reason is that there was no clear understanding of various aggregate states and, what is even more important, no physical model of built-in electric dipole moments in various atomic structures and molecular structures has been developed yet. When considering various aggregate states, no cluster formations, completely substantiated in some works (Gretchikhin, 2004), (Gretchikhin, 2008a), were taken into account. Charles Coulson (Coulson, 1961) who drew attention to the formation of built-in electric dipole moments in atomic structures of rather large values, showed that the intra-atomic electron interaction  $p$ - $s$ ,  $d$ - $s$ ,  $f$ - $s$  results in a noticeable deformation of the  $s$ -state and, correspondingly, in a formation of a built-in electric dipole of considerable value. A more strict two-particle quantum theory

of *p-s*, *d-s*, and *f-s*-interactions was developed in the work by Leonid Gretchikhin (Gretchikhin, 2008a) and was presented in great detail in the work of Leonid Gretchikhin, Juliya Shmermbekk (Gretchikhin, Shmermbekk, 2010). Such quite a general definition of the dielectric permittivity of a medium sets the following goal: to develop a physical model of the formation of the dielectric permittivity of a medium with taking into account the cluster structure of various aggregate states of the matter, the appearance of built-in electric dipole moments in the process of hybridization of wave functions resulting from the interactions of intra-atomic electrons and induced electric moments in molecular structures caused by the exchange of valence electrons. The goal can be reached through solving the following problems:

- to find out the way the elastic polarization of a medium takes place with taking into account the cluster structure of substances;
- to determine the way elastic polarization occurs in metals;
- to ascertain how the electric dipole behaves under the action of external electric fields;
- to provide an explanation of ferroelectricity formation.

Let us consider, one after the other, these problems.

## Polarization of Electron Shells

On the basis of the cluster structure of various aggregate states of matter, let us consider in what way the external electric field weakens inside a substance. Polarization of electron shells of individual atoms, molecules, and clusters takes place under the action of the external electric field. The strength of the interaction between the external electric field and a valence electron of every particle must be compensated by the change in internal forces of the valence electron bond with the particle effective charge. Then (Gretchikhin, 2008b):

$$eE_s = \frac{Z^* e^2}{4\pi \varepsilon_0 r^2} - \frac{Z^* e^2}{4\pi \varepsilon_0 (r + \Delta r W_s)^2}, \quad (3)$$

Here  $Z^*$  is the effective charge of the particle under consideration;  $e$  is the electron charge;  $r$  is the particle effective radius, and  $W_s$  is the probability that the valence electron, after shifting for the value of  $\Delta r$ , will fill this energy state which was previously vacant.

Simple transformations with neglected small values of the second order from equation (3) yield the induced electric dipole moment as follows:

$$p_3 = \frac{er}{W_3} \frac{E_3}{E_{\theta H}} \quad (4)$$

where  $E_{\theta H}$  is the electric field intensity produced by the positive charge of the particle under consideration.

The product of equation (4) and the particles density ( $n = 1/(2r)^3$ ) gives a vector of electric polarization

$$P = \frac{e}{8r^2 W_3} \frac{E_3}{E_{\theta H}} \quad (5)$$

The probability that the energy level at the distance  $\Delta r$  will be occupied by the displaced charge depends on the structure of the particle under investigation and the nature of medium polarization. The nature of medium polarization is determined by the mechanism of external electric field compensation owing to the separation of bound charges.

In the nature, there are substances with atoms and molecules polarized, under the action of the external electric field as a result of the displacement of valence electrons relative to the nucleus (elastic polarization) as well as substances with atoms and molecules possessing built-in electric dipole moments which are positioned, under the action of the external electric field, along the field direction (orientation polarization). Some substances feature both appreciable polarizations: the elastic one and the orientation one. The appropriate specific type of polarization must be considered for every substance. Elastic polarization is typical for gases and metals while orientation polarization is inherent mostly in dielectrics.

## Polarization of Atoms and Molecules in the Gaseous State

A general approach to polarization of atoms and molecules in the gaseous state was considered in some works (Skanavi, 1949), (Feynman, et al, 1970), (Tamm, 1979). However, these works did not take into consideration the fact that individual atoms of various degrees of ionization possess their own built-in electric dipole moments neither additional induced electric dipole moments which arise when molecular structures are formed. Let us use an example of a quite common molecule of water to consider the formation of built-in and induced electric dipole moments.

The water molecule is formed step-by-step in the following sequence. First, a radical OH is formed, then the OH radical interacts with a hydrogen atom thus forming a water molecule. When the radical OH is formed, the

oxygen atom, possessing affinity to electron, resides primarily in the state of a negative ion while the hydrogen atom resides as a positive ion. Under this assumption, the negative ion of hydrogen atom possesses a built-in electric dipole moment of  $5.325 \cdot 10^{-30}$  C·m (Gretchikhin, Shmermbekk, 2010). Since the covalent bond between two interacting atoms is the most essential one, built-in electric dipole moments are directed against each other in the process of exchanging valence electrons. In the case of the OH radical, only the oxygen atom possesses a built-in electric dipole moment while the excess negative charge formed between interacting atoms produces additional induced built-in electric dipole moments for the atoms of oxygen and hydrogen thus increasing the bonding energy of interacting atoms in a molecule.

A reference book (Babichev, et al, 1991) specifies the nucleus-nucleus distance in the OH radical to be equal to 9706 Å. At this nucleus-nucleus distance, the covalent bond is positive which indicates that such a nucleus-nucleus distance is not equilibrium one for the OH molecule. That is why the nucleus-nucleus distance between the atoms of oxygen and hydrogen was considered as a variational parameter and was determined in accordance with the value of dissociation energy. The resulting nucleus-nucleus distance for water molecule is 1.126 Å, with its value exceeding the tabulated one by 16%. At this nucleus-nucleus distance, the dissociation energy is produced owing to summing the energies caused by the

following bonds: 1) covalent bond 2.000 eV; 2) ionic bond 1.261 eV, and 3) previously unknown bond of a negative electron cloud formed when the exchanging valence electrons of atoms interact with the positive molecule frame 1.143 eV. The resulting value is 4.404 while the experimental value of dissociation energy is equal to 4.4 eV (Radzig, Smirnov, 1985).

To ensure the agreement between the value of the electric dipole moment of the water molecule and the experimental value, it is necessary to assume that the negative charge cloud caused by valence electrons exchange is shifted towards the center of the hydrogen atom. Under the action of the built-in electric dipole moment of the oxygen atom and the gravity of the positive nucleus of the hydrogen atom, this cloud coincides with the center of the hydrogen atom with an effective charge of  $0.0245 \cdot e$  ( $e$  is the electron charge). The formed negative charge cloud does not compensate entirely the charge of the hydrogen atom nucleus.

When performing measurements of the dielectric permittivity of water, an external electric field is applied to it. Under the action of the external electric field, the built-in electric dipole moments of interacting atoms are positioned strictly along the field direction thereby weakening the fields



(orientation polarization). In order to find the resulting dielectric permittivity of water equal to  $\epsilon_r = 80$ , it is necessary to assume that a displacement of the negative electron cloud, caused by exchanging interaction of valence electrons within the oxygen atom radius, takes place and that an additional displacement of the valence electron of the negative oxygen ion arises. Thus, with respect to water, formulas (3) and (5) are used to calculate electric dipole moments for the negative oxygen ion only with the internal field determined by the affinity energy of the oxygen atom to the electron. A similar situation appears for other atoms and molecules when it is necessary to consider three mechanisms of polarization: elastic polarization of the built-in electric dipole, polarization with covalent bond formation, and elastic polarization of electron shells of interacting atoms. It turns out that the polarization of atomic gases and even more so the polarization of molecular gases presents a rather complicated process. Let us consider the way metals and dielectrics are polarized.

## Metals

In metals, the electrons within the valence band obey Fermi-Dirac quantum statistics. When an external electric field is applied, the valence electrons are displaced only at the upper edge of the valence band i.e. at the Fermi level. The probability of the free state formation vicinity of the Fermi level is equal to:

$$W_{\text{своб.}} = 1 - \frac{1}{e^{\frac{E - \epsilon_F}{k_B T}} + 1}. \quad (6)$$

Here  $E = \epsilon_F + \Delta E$  while  $\Delta E$  is the energy of the binary inter cluster interaction ( $\Delta E = \theta_{i,\kappa\pi}/2$  and  $\theta_{i,\kappa\pi}$  is the cluster ionization energy) and  $\epsilon_F$  is the Fermi level.

For most metals under normal conditions,  $\Delta E \gg k_B T$ . Hence,

$$W_{\text{своб.}} = 1 - e^{-\frac{\Delta E}{k_B T}}, \quad (7)$$

And the probability that the valence electron of the cluster will fill in the state is:

$$W_3 = 1 - W_{\text{своб.}} = \exp\left(-\frac{\Delta E}{k_B T}\right). \quad (8)$$

So, for most metals, the vector of electric polarizations is:

$$P_{\text{э}} = \frac{e^2}{16r_{\text{кл.}} \Delta E} e^{\frac{\Delta E}{k_B T}} E_{\text{э}}, \quad (9)$$

while it follows from the general definition of the vector of electric displacement that relative permittivity is equal to:

$$\varepsilon_r = 1 + \frac{e^2}{16r_{\text{кл.}} \varepsilon_0 \Delta E} e^{\frac{\Delta E}{k_B T}}. \quad (10)$$

Table 1 shows specific calculations of relative permittivity for a number of metals.

*Table 1* – Ionization energy of cluster formations in eV and relative permittivity for various metals

*Таблица 1* – Энергия ионизации кластерных образований в эВ и относительная диэлектрическая проницаемость для разных металлов  
*Табела 1* – Јонизациона енергија формирања кластера у еВ и релативна диелектрична пермитивност за различите метале

Parameter	Substance					
	<i>Na</i>	<i>Al</i>	<i>α-Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>W</i>	<i>Ti</i>
$\Theta_{\text{кл.}}, \text{ eV}$	0.714	1.56	1.46	1.63	4.64	1.53
$\varepsilon_r \cdot 10^{14}$	$2.24 \cdot 10^{-7}$	1.05	0/185	4.64	$1 \cdot 10^{-14}$	0.397
$\rho \cdot 10^{-8}, \Omega \cdot m$	4.28	2.50	8.6	1.55	4.89	42
$\varepsilon_r \cdot 10^{14}$	1.746	5.117	0.432	13.3	1.337	0.0181

If we consider electric current as the propagation of electromagnetic waves, by Nikola Tesla's definition, and take into account the experimental data of resistivity (Table 1), we obtain the relative dielectric constant (Table 1) which is significantly different from the values obtained from the electron theory of metals. Additionally, in accordance with the electron theory, dielectric permittivity increases with temperature, and decreases proportionally to the propagation of electromagnetic waves. In the first case, the obtained permittivity values do not correspond to the experimental results while in the second case, they are verified by the experimental results.

It turns out that permittivity presents a huge value for metals with the exception of tungsten.

## Plasma

Under the effect of the external electric field applied to plasma, a displacement of free electrons within the field of positive ions takes place, i.e. causes plasma polarization. Spontaneous polarization of plasma occurs

within the Debye length. A value of the Debye length is determined from the energy conservation law when the work of charges separation is compensated by the energy of thermal motion. Hence (Gretchikhin, 2008a)

$$h_D = \left( \frac{\varepsilon_0 k_B T}{e^2 n_e} \right)^{1/2}, \quad (11)$$

where  $n_e$  – is the concentration of ions in plasma. The Debye length presents the radius of plasma shielding.

When the external electric field is superimposed on the system of the bonded electron and the positive ion, the force of  $F_e = eE$  will act on the electron while the force of  $F_i = eE$  will act on the ion. The action of these forces will cause plasma polarization. An induced electric moment proportional to the external electric field intensity will occur for each electron-ion pair, i.e.,

$$p_s = \alpha E = e(d - h_D), \quad (12)$$

where  $\alpha$  is the factor of plasma polarizability,  $d$  is the resulting displacement of charges inside plasma.

Then, the electric polarization vector will be as follows:  $P_s = n_e p_s = en_e(d - h_D) = \kappa E$ .

Based on (2), the following formula for dielectric permittivity can be derived:

$$\varepsilon_r = 1 + \frac{\kappa}{\varepsilon_0} = 1 + \frac{en_e(d - h_D)}{\varepsilon_0 E_s}. \quad (13)$$

In the case of equilibrium plasma, the concentration of electrons is determined by the Saha equation. When applied to weak single ionization, the Saha equation becomes:

$$\frac{n_e^2}{n_0} = \frac{(2\pi m_e k_B T)^{3/2}}{h^3} \exp\left(-\frac{e\Theta_i}{k_B T}\right). \quad (14)$$

Here  $h$  is Planck's constant;  $\Theta_i$  is the effective potential of ionization of plasma particles.

The plasma of the positive column of the arc discharge can be considered as an equilibrium one at a temperature of 5000 K. Then, for the arc discharge in argon under atmospheric pressure in the positive column,  $n_e = 4.04 \cdot 10^{17} \text{ m}^{-3}$ . For the distance between the electrodes equal to 1 cm and the voltage drop across the positive column equal to 1, V:  $\varepsilon_r = 7.3 \cdot 10^7$ . For glow discharge in argon,  $n_e = 1 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-3}$  and for the distance between the electrodes equal to 10 cm and a pressure of 0.133, Pa:  $\varepsilon_r = 1.6 \cdot 10^9$ .

Permittivity turns out to be a rather substantial value. Therefore, such a medium is electroconductive. At that, the higher plasma density is, the lower voltage drop is across the positive column and, therefore, permittivity rises. Plasma polarization covers the entire discharge gap and so it seems that electrical current is accompanied by the movement of electric charges. As a matter of fact, the energy within discharge is carried not by charges but by the electromagnetic field produced by an external source of electromagnetic force. The charges form the medium which serves as a waveguide for electromagnetic waves.

## Electrolytes

In electrolytes, in the same manner as in plasma, spontaneous polarization occurs within the Debye length. The difference is that the formation of free electric charges is caused not by ionization but due to dissociation of complex molecules into cations and anions. The dissociation energy of complex molecules does not exceed 10 eV. If any electrolyte is diluted with water, then dissociation energy decreases by the value of dielectric permittivity approximately equal to 80 for water. The dissociation energy of water is equal to 5.12 eV.

To prepare electrolytes, appropriate alkalis or salts with dissociation energy lower than that of water are chosen, i.e. 2...3 eV. In that case, a spontaneous dissociation of complex molecules in water takes place at ambient temperature. As a result of the process, free cations and anions occur in the electrolyte. The concentration of introduced alkalis or salts does not exceed 1 wt%. Hence, the concentration of cations and anions will amount to  $\sim 3.3 \cdot 10^{24} M^{-3}$ . After having connected the external source of electromotive force to a pair of electrodes with a 1 cm gap, we will obtain dielectric permittivity equal to  $6 \cdot 10^{14}$  with the value corresponding to the dielectric permittivity of pure metals. Electromagnetic waves propagate through such a medium like through a waveguide.

## Orientation Polarization of Dielectrics

Orientation polarization is mainly characteristic for magnetic dielectrics (ferrites) and dielectrics of all kinds. Polarization properties of dielectrics within an external electric field are determined, in the long run, by the electric properties of individual atoms or molecules the dielectrics consist of. However, the polarization properties of some crystalline dielectrics are determined mainly by built-in electric dipole moments in individual atoms

(molecules) and their positions within the crystal. There are two kinds of possible electric moments: both naturally built-in electric moments and artificially induced ones caused by external effects through increased pressure or applied electric fields. Crystals of the first type are called ferro-electrics while crystals of the second type are called piezoelectrics and piezoelectrics.

Magnetic dielectrics present artificial heterogeneous ferroimagnetics consisting of ferromagnetic particles bound together into a single conglomerate thus forming a continuous dielectric phase. Such a class of oxides is formed by ferrites. Ferrites represent ionic crystals with the chemical composition  $MeFe_2O_4$ , where  $Me$  means one of metal ions. The best known composition of this group is magnetite  $Fe_3O_4$ . Atoms with a large built-in electric dipole moment are used as a metal. When sintering a mixture of metal and magnetite, the following reaction occurs:  $Me + Fe_2O_4 \leftrightarrow MeO \cdot Fe_2O_3$ ; molecules of the metal oxide are formed with a further transformation of metal oxide molecules into haematite molecules which feature the strongest bond. This way, ferrites of various kinds are produced.

Orientation polarization of dielectrics for bound electric dipoles is determined by the interaction of the electric dipole with the external electric field. Fig. 1 shows this situation in a simplified way.

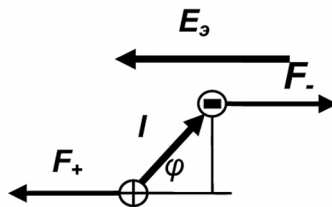


Figure 1 – Interaction of external field  $E_3$  with electric dipole  
 Рус. 1 – Взаимодействие внешнего поля  $E_3$  с электрическим диполем  
 Слика 1 – Интеракција спољашњег поља  $E_3$  с електричним диполом

The interaction energy of the electric dipole with the external field is equal to product:

$$U = -p_3 E_3 \cos \theta \quad (15)$$

For relative dielectric permittivity, we obtain:

$$\varepsilon_r = 1 + \frac{n_0 p_3^2}{3 \varepsilon_0 k_B T} \quad (16)$$

As an example, let us consider the cluster lattice structure of haematite reinforced with various metal oxides. Table 2 shows the dipole electric moments of free metal oxide molecules introduced into the cluster lattice

structure of haematite while their concentration in the unit of volume is  $2/(24 r_{кл.}^3)$ . ( $r_{кл.}$  is the radius of the haematite molecule ( $Fe_2O_3$ )).

Table 2 – Electric dipole moments of biatomic molecules of metal oxides and their dielectric permittivities in ferrites

Таблица 2 – Дипольный электрический момент двухатомных молекул оксидов металла и их диэлектрическая проницаемость в ферритах

Табела 2 – Моменти електричног дипола двоатомских молекула металних оксида и њихове диелектричне пермитивности у ферритима

Parameters	Molecules			
	MgO	MnO	BaO	FeO
$r_e, \text{Å}$	1.75	1.77	1.94	1.63
$p_э \cdot 10^{30} \text{ C}\cdot\text{m}$	25.25	32.24	26.12/26.66	24.22
$\epsilon_r$	21.13	33.83	1	34.52

Table 2 shows the values of  $\epsilon_r$  of ferrite spinels reinforced with MgO, MnO, and FeO. The experimental data were obtained for  $MnOFe_2O_3$   $\epsilon_r = 9.66$  at a frequency of 4.55 GHz. A noticeable decrease in dielectric permittivity for the external field of the electromagnetic wave is caused by an oscillation lag of electric dipole moments of free oxide molecules inside haematite inter cluster cavities.

For ferrite garnet  $BaOFe_2O_3$ , permittivity tends to the unit since free molecules with built-in electric dipole moments are not available; such ferrite is typical dielectric.

Permittivity of ferroelectrics depends on temperature. Relative permittivity tends to the unit as temperature increases. The electric properties of Rochelle salt  $NaKCuH_4O_6 \cdot 4H_2O$  were investigated for the first time in 1930-1934. One more important ferroelectric is barium titanate  $BaTiO_3$ .

Let us consider the properties of ferroelectrics using barium titanate as an example. This is a simpler system consisting of molecules BaO and  $TiO_2$ .

In the case of the bound electric dipole, the situation differs. Particle binding energy, with taking into account the interaction between the electric dipole and the external electric field (shown in Fig. 1 in a simplified manner), is represented in a general form as follows:

$$E_{св.} = E_{св.,0} - 3k_B T + p_э E_э \cos \varphi. \quad (17)$$

Based on (17), the share of free particles which overcome thermal energy and energy of interaction with the external electric field for each binary bond will amount to:

$$\eta_{ce.} = 1 - \int_0^{E_{ce.}} f(E, T) dE, \quad (18)$$

where  $f(E, T) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (k_B T)^{-3/2} E^{1/2} \exp\left(-\frac{E_{ce.}}{k_B T}\right)$  is as the Maxwell-Boltzmann energy distribution. Then, the total amount of all free particles of all particles possessing built-in electric dipole moments is determined as follows:

$$n_{ce.} = \eta_{ce.} n_u. \quad (19)$$

At the temperature when all particles possessing built-in electric dipole moments become free,  $E_{ce.,0} = 3k_B T$ . Hence

$$T_K = (E_{ce.,0} + p_{\ominus} \cdot E_{\ominus} \cos\varphi) / 3k_B. \quad (20)$$

This temperature presents the Curie temperature; at this temperature, all particles which possess built-in electric dipole moments are free. Therefore, at temperatures exceeding the Curie temperature, some particles located along the applied external electric field will rotate by a spatial angle  $d\varphi$  in a spheroidal cone after having overcome the energy of thermal motion; the number of the particles is as follows:

$$dN = C \left[ 1 - \exp\left(-\frac{p_{\ominus} E_{\ominus} \cos\varphi}{k_B T}\right) \right] \sin(\varphi) d\varphi. \quad (21)$$

Provided that  $p_{\ominus} E_{\ominus} \cos\varphi / k_B T \ll 1$ , the integral of equation (21) with its limits in the spheroidal cone from zero to  $2\pi$  is equal to  $2C$ . Hence, the constant of integration  $C = N/2$ , i.e. we obtain the total number of the particles within the hemisphere. As a result of that, the vector of electric polarization with taking into account the exponential term in (21) expanded into series can be obtained through the integration of the following expression:

$$P_{\ominus} = \frac{n_{ce.}}{2} \int p_{\ominus} \cos\varphi \frac{p_{\ominus} E_{\ominus} \cos\varphi}{k_B T} E_{\ominus} d(\cos\varphi). \quad (22)$$

Here  $n_{ce.}$  is the number of electric dipole moments within a unit of volume. As a result of that and with taking into account (22), the following expressions for relative permittivity are obtained:

$$\varepsilon_r = 1 + \frac{\eta_{ce.} n_u p_{\ominus}^2}{3\varepsilon_0 k_B T}. \quad (23)$$

The obtained expression takes into account both thermal energy and energy of interaction of electric dipole moments inside a solid.

In accordance with the minimum of interaction energy, barium titanate is formed by the clusters of titanium oxide thus creating a crystal lattice reinforced by barium oxide molecules as shown in Fig. 2. Barium oxide molecules reinforce the inter-cluster crystal lattice of titanium oxide; in doing so, they neutralize the electric dipole moment of each titanium oxide reducing it virtually down to zero. The built-in electric dipole moment of barium ion is equal to  $19.16 \cdot 10^{-30}$  C·m while the built-in electric dipole moment of titanium ion is equal to  $20.0 \cdot 10^{-30}$  C·m. Built-in electric dipole moments of oxygen ion amount to  $2.55 \cdot 10^{-30}$  C·m, therefore decreasing the built-in electric dipole moment of barium inside barium oxide molecules and, in contrast to this, they increase the electric dipole moment of the titanium ion inside titanium dioxide molecules. The concentrations of barium oxide molecules and titanium oxide clusters in the unit of volume are equal; therefore, the concentration of titanium oxide is equal to  $n_{BaO} = 1/8 r_{кл.}^3$  ( $r_{кл.}$  is the radius of the titanium oxide cluster).

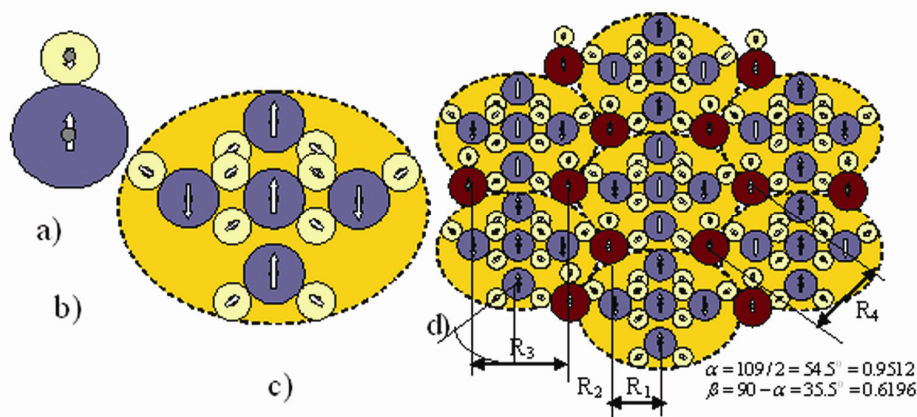


Fig. 2 – Formation of barium titanate ferroelectric : a) barium oxide molecule; b) titanium oxide molecule; c) main cluster of titanium oxide, and d) inter cluster structure of titanium oxide reinforced by barium oxide molecules

Рис. 2 – Последовательность образования сегнетоэлектрика титаната бария: а) молекула оксида бария; б) молекула оксида титана; в) основной кластер оксида титана и д) межкластерная структура оксида титана, армированная молекулами оксида бария

Слика 2 – Формирање фероелектрика баријум титаната: а) молекул баријум оксида; б) молекул титанијум оксида; в) главни кластер титанијум оксида и д) међукластерна структура титанијум оксида појачана молекулима баријум оксида



Taking into account the superposition principle of electric fields, the structure of the crystal lattice of barium titanate (Fig. 2d) as well as the fact that the bond energy of BaO molecules inside the titanate oxide inter-cluster lattice is determined mainly by the dipole-dipole interaction, we obtain the following value of the bond energy for barium oxide molecules in the lattice structure of titanium oxide clusters:

$$E_{cb.}^- = -0.301 - 0.071 - 0.033 = -0.405 \text{ eV},$$

Therefore, *negative bond energy* is formed by three components while the *positive binary bond* is formed mainly by a single component  $E_{cb.}^+ = 0.352 \text{ eV}$ . Each binary bond inside the  $\text{TiO}_2$  crystal lattice is repeated twice. Therefore, the resulting bond energy of barium oxide molecules in the titanium oxide crystal lattice amounts to  $E_{cb.,0} \cong 0.106 \text{ eV}$ .

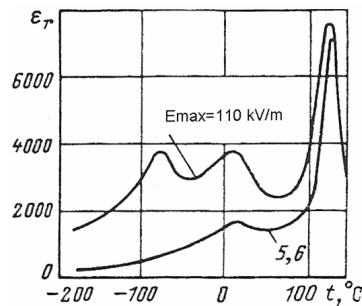


Fig. 3 – Dependence of barium titanate relative permittivity on temperature under applied electric field of 5.6 kV/m and 110 kV/m

Рис. 3 – Зависимость относительной диэлектрической проницаемости титаната бария от температуры при внешней напряженности электрического поля 5,6 и 110 кВ/м

Слика 3 – Зависност релативне пермитивности баријум титаната од температуре примењеног електричног поља од 5,6 кВ/м и 110 кВ/м

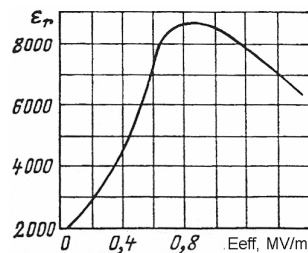


Fig. 4 – Dependence of barium titanate relative permittivity on external electric field at normal temperature

Рис. 4 – Зависимость относительной диэлектрической проницаемости титаната бария от внешней напряженности электрического поля при нормальной температуре

Слика 4 – Зависност релативне пермитивности баријум титаната од спољашњег електричног поља на нормалној температури

Based on (17), the Curie temperature when bound electric dipole moments of BaO molecules become completely free amounts to 137 °C while the experimental value is equal to 125 °C shown in Fig. 3 (Babichev, et al, 1991). The difference between the calculated value and the experimental one amounts to ~ 3% which proves that the model of barium titanate crystal is correct.

Fig. 3 shows the experimental dependence of barium titanate relative permittivity on the temperature under various values of the applied electric field; Fig. 4 shows the experimental dependence of barium titanate relative permittivity on the applied electric field at room temperature (Babichev, et al, 1991).

As the bond energy of titanium oxide molecules is determined by three components, there will be two intermediate Curie temperature values in addition to the main Curie temperature. The bond energy equal to 0.033 eV corresponds to 145 °C while the experimental value corresponds to ~ 120 °K and occurs under a relatively high external electric field intensity. Under a low external electric field intensity, this component of the titanium oxide bond energy is annulled completely. The second component of the bond energy of barium oxide in the inter-luster gaps of titanium oxide 0.071 eV determines the temperature of ~ 1.5 °C which is close enough to the second maximum (see Fig. 3) which occurs both under high and low external electric field intensity. The values of relative permittivity at the third maximum at a temperature of ~ 125 °C differ from each other slightly which proves that the process of electric polarization of barium oxide comes into play.

Fig. 4 shows the dependence of barium titanate relative permittivity on the external electric field at a constant temperature. At first,  $\varepsilon_r$  increases nearly exponentially under the applied electric field with an intensity of ~ 0.8 MV/m, then reaches its maximum and then decreases linearly. What does it suggest? It may be assumed that the electric dipole moment of BaO under the effect of the applied electric field of high intensity is determined, mainly, by its elastic polarization with its maximum value of  $p_{\text{el,max.}} \approx e \cdot r_{\text{кл.}}$ . Then, (23) is transformed as follows:

$$\varepsilon_r = 1 + \frac{e^2}{24\varepsilon_0 k_B T} \frac{1}{r_l}, \quad (24)$$

where  $r_l$  is the distance determined by crystal deformation along the field; the distance increases linearly under the effect of the applied external electric field.

It turns out that after having passed the maximum, the value of barium titanate relative permittivity decreases linearly as the applied electric field

intensity increases – as it has been found experimentally – even to the point of dielectric breakdown.

For each titanium oxide molecule, there is a barium oxide molecule. The resulting electric dipole moment is  $p_{3,pe3} = (16,46 + 23,5) \cdot 10^{-30}$  C·m. In titanium oxide clusters, electric dipole moments are positioned along one of the directions only for three molecules while for other molecules they are mutually compensated. Each titanium oxide cluster is surrounded with barium oxide molecules in the same amount as in the cluster itself. However, only two barium oxide molecules possess the electric dipole moment directed along not compensated electric dipole moments of the titanium oxide cluster. On average, merely five molecules of titanium oxide and barium oxide with their electric dipole moments are positioned along one of the directions. Then, in accordance with (24), relative permittivity amounts to

$\sim 1987$ . The experimental value is equal to  $\sim 2000$  (see Fig. 4).

The proposed model of the barium titanate crystal structure is in agreement with the model obtained by means of the X-ray structure analysis and described in many reference books and textbooks. The difference is that it is not barium titanate molecules  $BaTiO_3$  which form the crystal lattice but titanium oxide molecules  $TiO_2$ . Barium oxide molecules are not chemically linked with  $TiO_2$  molecules but introduced into the crystal lattice of titanium oxide clusters to fill inter-cluster gaps. Previously, researchers just had no idea what a crystal is in terms of the nano scale. In order to explain somehow experimental results in a qualitative sense, researchers believed further ions  $Ba^{2+}$ ,  $O^{2-}$  and  $Ti^{4+}$  were available in the barium titanate crystal. However, enormous energy is necessary to produce positive secondary ions and even more so high order ions; it is not known what sources could supply energy for that. A secondary negative oxygen ion in principle is not possible. That is why the obtained results were difficult to explain in detail.

## Conclusion

Thus, the electric properties of solids result from the elastic polarization of clusters in metals as well as from orientation polarization in dielectrics and ceramics. Orientation polarization is caused by the rotation of built-in practically free electric dipoles along the external field. For the first time, a correct theoretical approach was successfully used to obtain the dielectric permittivity of ferrites and ferroelectrics, conductors, plasma, and electrolytes. The following fundamental results have been obtained:

Most of atoms and molecules possess built-in electric dipole moments and these moments determine the value of dielectric permittivity in gases.

In liquids, dielectric permittivity is determined by the availability of electric dipole moments in free clusters as well as in weakly bound molecules and atoms which form a liquid.

In solids, dielectric permittivity is determined by the availability of electric dipole moments of free atoms and molecules situated within inter-cluster gaps.

### *References*

Babichev, A.P., Babushkina, N.A., Bratkovski, A.M., & et al., 1991. Physical Values. Moscow: USSR, Energoatomizdat. in Russian.

Coulson, C.A. 1961. Valence, 2nd. ed..Oxford University Press.

Feynman, R., Leighton, R., & Sands, M. 1970. The Feynman Lectures on Physics: Mainly Electromagnetism and Matter. Addison Wesley Longman. Volume II.

Gretchikhin, L.I. 2004. Physics of Nanoparticles and Nanotechnologies. General Principles, Mechanical, Thermal, and Emission Properties. Minsk, Belarus: Technoprint Ltd.. in Russian.

Gretchikhin, L.I. 2008a. Nanoparticles and Nanotechnologies. Pravo i Ekonomika IOOO, . Minsk, Belarus, in Russian.

Gretchikhin, L.I. 2008b. Physics of Electricity and Magnetism. Modern Electrodynamics. Pravo i Ekonomika IOOO, . Minsk, Belarus, in Russian.

Gretchikhin, L.I., & Shmermbekk, J. 2010. Nano level of Substantiation of Optical-Quantum Generator of Con-densed Media. Pravo i Ekonomika IOOO, . Minsk, Belarus, in Russian.

Radzig, A.A., & Smirnov, B.M. 1985. Reference Data on Atoms, Molecules, and Ions. Berlin: Springer; Heidelberg: Verlag.

Skanavi, G.I. 1949. Physics of Dielectrics (Weak Field Regions). Moscow: USSR; Leningrad: GITTL. in Russian.

Sommerfeld, A. 1952. Electrodynamics. Academic Press.

Tamm, I.E. 1979. Fundamentals of the Theory of Electricity. Moscow: USSR; Moscow: Mir Publishers.

---

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАЗНЫХ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

Леонид И. Гречихин

Белорусская государственная академия связи, г. Минск, Республика Беларусь

ОБЛАСТЬ: электродинамика

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

*Краткое содержание:*

*Электрические свойства твердых тел обусловлены упругой поляризацией кластеров в металлах, а в диэлектриках - ориентационной поляризацией наведенных и встроенных электрических диполей. Ориентационная поляризация обусловлена взаимодействием свободных встроенных электрических диполей с внешним электрическим полем. Разработана физическая модель формирования диэлектрической проницаемости металлов, электролитов, плазмы, ферритов и сегнетозлектроиков. Конкретно выполнен теоретический расчет диэлектрической проницаемости ряда ферритов и титаната бария.*

*Ключевые слова: диэлектрическая проницаемость, агрегатные состояния, металлы, плазма, электролиты, сегнетозлектроики.*

---

## ЕЛЕКТРИЧНА СВОЈСТВА РАЗЛИЧИТИХ АГРЕГАТНИХ СТАЊА МАТЕРИЈЕ

Леонид И. Гречихин

Белоруска државна академија за саобраћај и везе, Минск, Република Белорусија

ОБЛАСТ: электродинамика

ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

*Сажетак:*

*Електрична својства чврстих тела проузрокована су еластичном поларизацијом кластера у случају метала, док су диелектрична својства резултат оријентацијске поларизације индикованих и уграђених електричних диполова. Оријентацијска поларизација произлази из интеракције слободних уграђених електричних диполова са спољашњим електричним пољем. Пројектован је физички модел формирања диелектричне пермитивности метала, електролита, плазме, ферита и*

*фероелектрика. Теоријски је израчуната диелектрична пермитивност једног броја ферита и баријум титаната.*

*Кључне речи: диелектрична пермитивност, агрегатна стања, метали, плазма, електролити, фероелектрици.*

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 26. 08. 2016.  
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /  
Датум достављања исправки рукописа: 29. 09. 2016.  
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум  
коначног прихватања чланка за објављивање: 01. 10. 2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the  
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military  
Technical Courier» (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и  
распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons»  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у  
складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



# DEVICE FOR DISMANTLING AND ASSEMBLING HARD-TO-SEPARATE MECHANICAL ASSEMBLIES ON MECHANICAL PLANTS

*Nikola P. Žegarac*

Serbian Academy of Inventors and Scientists, Belgrade,

Republic of Serbia

e-mail: zegaracnikola@vektor.net,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0002-1766-8184>

DOI: 10.5937/vojtehg65-10025

FIELD: Mechanical Engineering, Energetics

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

## *Summary:*

*The paper presents a new technical solution, a device for dismantling and assembling parts of mechanical plant components which are not easily separable. The device design allows wide possibilities of application in maintenance and repair of hydro power plants, thermal power plants, and diesel electric generators, in motor industry, shipbuilding industry and navy, aircraft industry, and turbines in process industry. The device for dismantling and assembling is universal and easy to use. Its small weight makes it easy to transport to locations with machine facilities.*

*Keywords: device for mounting and dismantling, hard-to-separate assemblies, mechanical installations, unit design, possibility of universal application of the device.*

## Introduction

During the years of maintenance and overhaul of mechanical plants, there has been a need to invent and design a device for assembling and dismantling hard-to-separate mechanical assemblies on mechanical plants. The device was supposed to have a wide range of applications: hydro power plants, thermal power plants, turbine systems in process industry, ships, reciprocating compressors, gas turbines, internal combustion engines, machine tools and other plants. This means that potential users are companies engaged in the production and maintenance of systems in: hydropower plants, motor industry, shipbuilding industry and

the navy, aviation industry, turbine plants in process industry, manufacturers of gears, sliding and rolling bearings and other machine elements. The main part of the work shows the structure and the possibilities of the device application (Tehnička dokumentacija za Mini hidroelektrane Elektroprivrede Crne Gore, 1964).

Description of the construction of the device for mounting and dismantling hard-to-separate mechanical assemblies

Figure 1 shows a device for mounting and dismantling hard-to-separate mechanical assemblies (Žegarac, 2004).

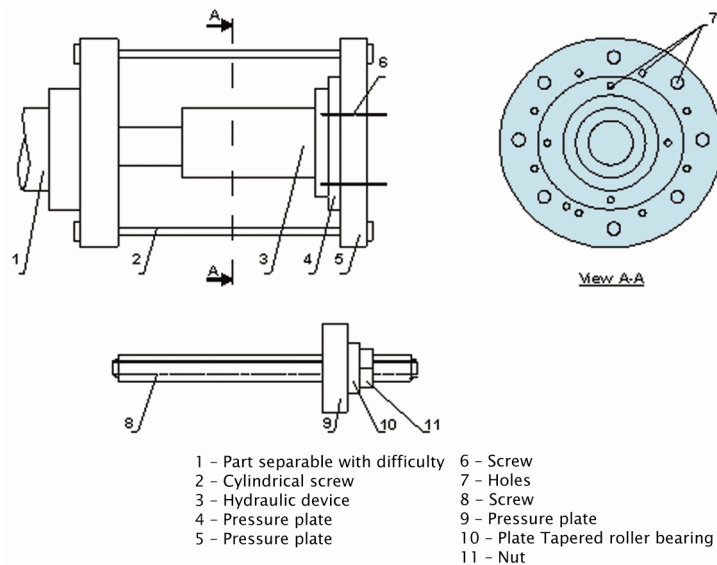


Figure 1 – Device for mounting and removing hard-to-separate components of mechanical constructions in mechanical systems

Рис. 1 – Монтажно-демонтажное устройство для сложно разбираемых деталей машиностроительного оборудования

Слика 1 – Уређај за демонтажу и монтажу тешко растављивих склопова на машинским постројењима

Position (1) in Fig.1 is a hard-to-separate mechanical part that is to be removed for replacement of other parts. Positions (2-5) are the parts of the device for removal. Position (2) indicates the anchor bolts, position (3) denotes the hydraulic device, positions (4) and (5) are pressure plates with different diameters, and position (6) represents the screws for joining pressure plates. Holes for anchor bolts are drilled at different diameters on the pressure plates thus enabling the device to be adapted to different dimensions of parts to be dismantled. The design and calculations of machine elements of the device were carried out under the design standard



(Ognjanović, 2008), (Standardi za materijale mašinskih elemenata, JUS M.B1.050, DIN 601, JUS M.B1.051, 1980).

Manual hydraulic devices of different capacities (10-50 tons) were used (Fig. 2) (Tehnička dokumentacija za hidraulične ručne dizalice Lincos, 2001), (Tehnička dokumentacija za hidraulične ručne dizalice Sloga, 2002).

In the process of dismantling the parts, an autogenous welding set was used to heat the parts to be dismantled.

Positions (8-11) in Fig.1 indicate the parts to be dismantled. Position (8) denotes a threaded spindle which turns into the threaded hole at the head of the shaft or axle onto which the part is mounted. Position (9) is a pressure plate which pushes the part to be mounted into a specific position. Position (10) indicates a tapered roller bearing that reduces friction between the contact surfaces during assembly, and position (11) denotes a nut which pushes the conical bearing and the pressure plate on the threaded spindle, thus moving the part to be mounted. These operations require a considerable experience.



Figure 2 – Manual hydraulic cranes  
 Рус. 2 – Ручной гидравлический домкрат  
 Слика 2 – Ручне хидрауличне дизалице

## Application of the device for dismantling and mounting hard-to-separate mechanical assemblies

The device for dismantling and assembling difficult-to-detach parts has found its first application in the Electro Industry Montenegro and in some companies in the Republic of Serbia. In the Electro Industry Montenegro, it is used in maintenance and overhaul of mini hydro power plants. The operations of overhaul of hydro electric power plants have been significantly improved. This universal device is used in all 18 mini hydro electric power plants.

One of these mini hydro power plants is shown in Fig. 3 (Žegarac, Zuber, 2004), (Žegarac, 2008).

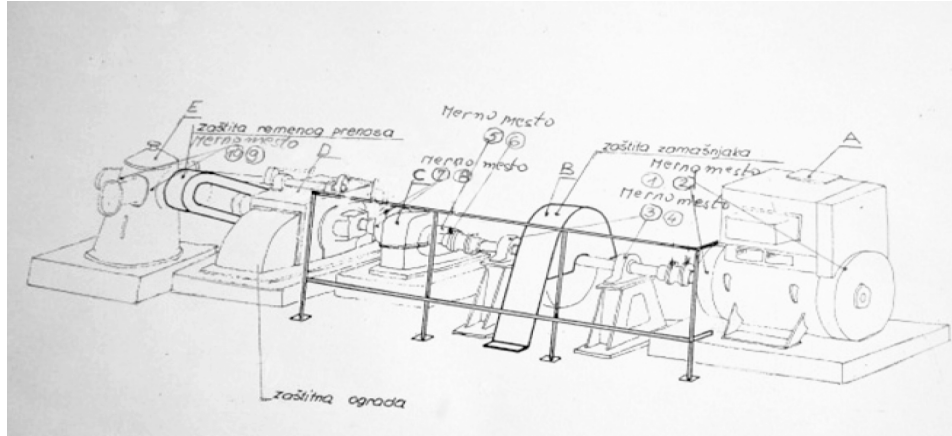


Figure 3 – Schematic representation of a mini hydro power plant  
 Рис. 3 – Схематическое изображение сооружения мини-ГЭС  
 Слика 3 – Шематски приказ постројења мини-хидроелектране

In Fig.3, hard-to-separate assemblies are labelled: the position (A) indicates the generator assemblies, the position (B) marks the flywheel assemblies, bearings, and the flexible couplings of the ARPEX type-German manufacturer Flender, the position (C) is the multiplier with a flexible coupling type N-EUPEX A 480, German manufacturer Flender, the position (D) is the turbine part, and the position (E) denotes the turbine regulator. Fig. 4 presents the mounting of the metal parts of the flexible couplings N-EUPEX, onto one side of the multiplier set, and Fig. 5 presents the completed mounting of the ARPEX coupling onto the other side of the multiplier of the mini hydropower plant (Žegarac, 2009).



Figure 4 – Mounting of the metal parts of the elastic coupling N-EUPEX onto the multiplier assembly

Рис. 4 – Монтаж стальных деталей упругой муфты к корпусу мультипликатора  
Слика 4 – Монтажа металних делова еластичне спојнице N-EUPEX на склоп мултипликатора



Figure 5 – Display of the assembled ARPEX couplings on the multiplier of the hydro power plant

Рис. 5 – Изображение завершенного монтажа муфты Агрех на мультипликаторе ГЭС  
Слика 5 – Приказ завршене монтаже Агрех спојница на мултипликатор хидроелектране

Fig.6 presents several characteristic hard-to-separate assemblies in mini hydro power plants (Tehnička dokumentacija Flender, 1979), (Tehnička dokumentacija Stromag, 1980).

**...wenn Sie elastische oder hochelastische, drehstarre oder gelenkige, schaltbare oder nichtschaltbare Wellenkupplungen für Drehmomente von 20 Nm bis 10.000.000 Nm aus Stahl oder Gußeisen einsetzen.**

**ist Ihr Ansprechpartner...**

# FLENDER

**A. FRIEDR. FLENDER GMBH**  
Kupplungswerk Mussum  
Industriepark Bocholt  
Schlavenhorst 100, DE-46395 Bocholt  
Tel.: (0 28 71) 92 - 28 68; Fax: (0 28 71) 92 - 25 79  
E-mail: anja.blits@flender.com  
Internet: <http://www.flender.com>

**VERTRIEBSZENTRUM HANNOVER**  
DE- 30639 Langerhagen  
Marktplatz 3, DE- 30653 Langerhagen  
Tel.: (05 11) 7 71 89 - 0  
Fax: (05 11) 7 71 89 - 89  
E-mail: vz.hannover@flender.com

**VERTRIEBSZENTRUM MÜNCHEN**  
DE- 85750 Karlsfeld  
Liebigstrasse 14, DE- 85757 Karlsfeld  
Tel.: (0 81 31) 90 03 - 0  
Fax: (0 81 31) 90 03 - 33  
E-mail: vz.muenchen@flender.com

**VERTRIEBSZENTRUM HERNE**  
DE- 44607 Herne  
Westring 303, DE- 44629 Herne  
Tel.: (0 23 23) 4 97 - 0  
Fax: (0 23 23) 4 97 - 2 50  
E-mail: vz.herne@flender.com

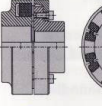
**VERTRIEBSZENTRUM BERLIN**  
Schlossallee 8, DE- 13156 Berlin  
Tel.: (0 30) 91 42 50 56  
Fax: (0 30) 47 48 79 30  
E-mail: vz.berlin@flender.com

**VERTRIEBSZENTRUM STUTTGART**  
DE- 70472 Stuttgart  
Friedheimer Strasse 3, DE- 70499 Stuttgart  
Tel.: (07 11) 7 80 54 - 51  
Fax: (07 11) 7 80 54 - 50  
E-mail: vz.stuttgart@flender.com




**N-EUPEX**  
Elastische Nockenkupplung  
Katalog K 420


- universell einsetzbare Nockenkupplung zum Ausgleich von Wellenverlagerungen
- größtmögliche Betriebsleistung da 'durchschlagssicher'
- geeignet für Steckmontage und vereinfachte Montage bei dreiteiliger Ausführung
- Drehmomentbereich von 19 Nm bis 62.000 Nm bei 23 Größen und 10 verschiedenen Bauarten
- geeignet für den Einsatz in Ex-Schutz Bereichen. Zertifiziert gemäß ATEX (ATEX 100a)



N-EUPEX-Kupplungen bestehen aus hochwertigem Gußeisen GG-25. Die elastischen Elemente aus synthetischem Gummi (Perbunan) sind gegen viele Medien beständig. Metallhaken und elastische Elemente sind so aufeinander abgestimmt, daß bei zulässiger Verlagerung kein Verschleiß auftritt.

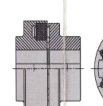


**Einsatzgebiete:**  
Weil vielseitiger Einsatz im gesamten Maschinenbau sowohl motorseitig als schneellaufende Kupplung (z.B. Pumpenantriebe oder Störungsantriebsaggregate) als auch bei hohen Drehmomenten zur Verbindung von Getriebe und Arbeitsmaschine (z.B. Mühle).




**N-EUPEX-DS**  
ohne Durchschlagsicherung  
Katalog K 420


- trennen von An- und Abtrieb bei Ausfall der elastischen Elemente (ohne Durchschlagsicherung)
- universell einsetzbar, da mit allen Teilen des N-EUPEX-Programms kombinierbar
- Drehmomentbereich von 60 Nm bis 21.200 Nm bei 19 Größen und gleichen Nennmomenten wie bisher
- geeignet für den Einsatz in Ex-Schutz Bereichen. Zertifiziert gemäß ATEX (ATEX 100a)
- wartungsfrei auch bei Einsatz in explosionsfähiger Umgebung



Metalleile aus Gußeisen GG-25. Die elastischen Elemente sind aus Polyurethan oder Perbunan.




**Einsatzgebiete:**  
N-EUPEX-DS-Kupplungen werden als universelle Kupplungen im gesamten Maschinenbau eingesetzt. Man bevorzugt sie besonders dort, wo bei Ausfall der elastischen Elemente An- und Abtrieb getrennt werden müssen, bzw. die Kupplung wartungsfrei sein soll.




**BIPEX**  
elastische, durchschlagsichere Konstruktion

- elastische, durchschlagsichere Konstruktion
- sehr kompakte Konstruktion
- bestens geeignet für Steckmontage
- in 13 Größen ab Verrastbereich von 13,5 Nm bis 3,7 Nm
- Bauart BWT mit Taper-Buchse und Bohrungsanpassung



BIPEX-Kupplungen bestehen aus zwei gleich aus Werkstoff GG-25. Die elastischen Nockenringe aus Metallhaken sind in ihrer Geö bei zulässiger Auslenkung kein Verschleiß auftritt.



**Einsatzgebiete:**  
Allgemeiner Maschinenbau bis selbstige schnelllaufende Kupplungen, z.B. in hydraulischen Pumpenantrieben und Bahnantrieben.

Figure 6 – Review of other typical hard-to-detach components of mini hydro power plants  
 Рус. 6 – Изображение прочих сложно разбираемых деталей мини-ГЭС  
 Слика 6 – Приказ осталих карактеристичних тешко растављивих склопова на мини-хидроелектранама

Fig.7 presents a mini hydro power plant in operation following the general overhaul (Žegarac, 2008).

25

Žegarac, N., Device for dismantling and assembling hard-to-separate mechanical assemblies on mechanical plants pp. 20–29



*Figure 7 – A mini-hydro power plant in operation*  
*Рис. 7 – Изображение мини-ГЭС в процессе эксплуатации*  
*Слика 7 – Приказ мини-хидроелектране у оперативном раду*

## Conclusion

The device for dismantling and assembling the parts of hard-to-separate mechanical assemblies on mechanical plants is an original and new technical solution (invention) in the maintenance and overhaul of mechanical systems, especially in off-road conditions where there are no other conditions for dismantling and mounting assemblies, such as specialized machine shops, overhaul institutes and others.

This device is portable, universal and very easy to use. It allows an easy, fast and efficient dismantling and assembling hard-to-separate parts large in size. Flanges or various types of metal hubs can have an external diameter up to 800 mm, inner diameters may be up to 250 mm, the size of the overlap (dosed components) to the axle or shaft may be up to 0.025 mm, and the length of engagement work on the axle can be up to 300 mm. This means that these parts are very complicated to disassemble and re-

assemble. The device design is such that it prevents damage to parts during disassembling and reassembling.

The device has a wide range of applications. In the Electro Industry Montenegro, it is used to maintain mini hydroelectric power plants. In the Republic of Serbia, it is often used in repair of diesel electric generators for electric power supply backup. The users of diesel generating sets are many firms: Air Traffic Control, Airport Belgrade, Air Serbia, the Serbian Army and many other companies.

The application of this device has improved the technology of maintenance of mechanical installations.

### *References*

Ognjanović, M., 2008, Mašinski elementi, knjiga I, II Mašinski fakultet Beograd.

Standardi za materijale mašinskih elemenata (JUS M.B1.050, DIN 601, JUS M.B1.051), 1980.

Tehnička dokumentacija za hidraulične ručne dizalice Lincos, 2001. Beograd.

Tehnička dokumentacija za hidraulične ručne dizalice Sloga, 2002. Nova Varoš.

Tehnička dokumentacija za Mini hidroelektrane Elektroprivrede Crne Gore, 1964.

Tehnička dokumentacija Flender, 1979, Bocholt.

Tehnička dokumentacija Stromag, 1980, Dortmund.

Žegarac, N., 2004, Uređaj za demontažu i montažu delova teško rastavljivih sklopovima na mašinskim postrojenjima.

Žegarac, N., 2008, Izveštaj o merenju vibracija nakon generalnog remonta u MHE Rijeka Crnojevića.

Žegarac, N., 2009, Izveštaj o merenju i analizi vibracija nakon generalnog remonta MHE Podgor.

Žegarac, N., Zuber, N. 2004, Merenje i analiza vibracija nakon generalog remonta u MHE Podgor.

---

МОНТАЖНО-ДЕМОНТАЖНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СЛОЖНО  
РАЗБИРАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ

Никола П. Жегарац  
Сербская академия изобретателей и ученых, Белград,  
Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: машиностроение, энергетика  
 ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья  
 ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

*Резюме:*

*В данной работе описаны новое технологическое решение, монтажно-демонтажное устройство для сложно разбираемых деталей. Благодаря своей конструкции, данное устройство имеет широкие возможности применения в области содержания и ремонта инженерных сооружений, таких как: ГЭС, ТЭС, дизельных электростанций, моторной промышленности, турбинных сооружений, а также в процессном производстве. Монтажно-демонтажное устройство отличается универсальностью, простотой в применении, легкостью веса, которая в свою очередь, способствует мобильности и легкому переносу на объекты.*

Ключевые слова: *монтажно-демонтажное устройство, сложно разбираемое оборудование, инженерные сооружения, конструкция устройства, универсальность применения устройства.*

УРЕЂАЈ ЗА ДЕМОНТАЖУ И МОНТАЖУ ДЕЛОВА ТЕШКО  
 РАСТАВЉИВИХ МАШИНСКИХ СКЛОПОВА НА МАШИНСКИМ  
 ПОСТРОЈЕЊИМА

Никола П. Жегарац

Српска академија изумитеља и научника, Београд, Република Србија

ОБЛАСТ: машинство, енергетика  
 ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни чланак  
 ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

*Сажетак:*

*У раду је приказано ново техничко решење – уређај за демонтажу и монтажу делова тешко растављивих склопова на машинским постројењима. Његова конструкција омогућава широке могућности примене у одржавању и ремонту хидроелектрана, термоелектрана и дизел електроагрегата. Такође, може се применити у моторној и бродограђевинској индустрији, као и морнарици, авио-индустрији и код турбинских постројења у процесној индустрији. Уређај за демонтажу и монтажу је универзалан и лако се користи. Захваљујући својој малој тежини лако се преноси до локација где се налазе машинска постројења.*

Кључне речи: *уређај за демонтажу и монтажу, тешко растављиви склопови, машинска постројења, конструкција уређаја, универзална могућност примене уређаја.*

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 19. 01. 2016.  
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /  
Датум достављања исправки рукописа: 27. 03. 2016.  
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум  
коначног прихватања чланка за објављивање: 01. 04. 2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the  
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military  
Technical Courier» (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и  
распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons»  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у  
складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).





# MECHANICAL PROPERTIES AND THE MICROSTRUCTURE OF THE PLASMA-SPRAYED $ZrO_2Y_2O_3$ / $ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY$ / $CoNiCrAlY$ COATING

Mihailo R. Mrdak

Research and Development Center IMTEL Communications a.d.,  
Belgrade, Republic of Serbia,

e-mail: miki@insimtel.com,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-3983-1605>

DOI: 10.5937/vojtehg65-10586

FIELD: Chemical Technology

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

## Summary:

*ZrO<sub>2</sub> stabilized with Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> has superior and excellent physical properties compared to other modern ceramic materials. Due to its high biocompatibility, ZrO<sub>2</sub> ceramics in the ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system is widely used as a biomaterial in orthopedic surgery. ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramics is widely applied in the production of the head of the hip, knee prosthesis, temporary holders, and more. ZrO<sub>2</sub> is used for a total hip replacement (THR), for an artificial knee joint as well as for the application and development of other medical devices. In order to use ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramics (YSZ) in biomedical substrates, it is necessary to deposit coating layers without defects. For the purpose of the deposition of a ZrO<sub>2</sub>8wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic coating with the best structural properties, the ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>CoNiCrAlY / CoNiCrAlY coating system was tested. For financial reasons, the deposition was performed on a steel substrate by applying a CoNiCrAlY bond coating, which does not affect the structure and functionality of the ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic layer. The structure of the layers was tested by the method of light microscopy, and the surface of the upper ZrO<sub>2</sub>8wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic coating was tested by the method of scanning electron microscopy (SEM). The obtained characteristics showed that the porosity content in the ceramic layer was not high and that micropores were uniformly distributed. The mechanical properties of the layers were assessed by testing microhardness using the method HV<sub>0.3</sub> and tensile bond strength using tensile testing.*

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).

*The values of the microhardness of the ZrO<sub>2</sub>8wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating were satisfactory as well as the tensile bond strength of the coating system.*

*Keywords: ZrO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, property, microstructures, mechanical properties, layers, coatings, ceramics, bonding.*

## Introduction

Zirconium dioxide ZrO<sub>2</sub> ceramics has one of the lowest thermal conductivity values, and is therefore widely used as a thermal insulator at elevated temperatures (Mrdak, et al., 2013, pp.559-567), (Mrdak, et al., 2015, pp.337-343), (Mrdak, 2016, pp.411-430). ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic coatings generally have excellent physical characteristics. Due to its stability, high biocompatibility and good physical properties such as high flexural strength of 900-1200 MPa, hardness of 1200 HV and Weibull modulus of 10-12, zirconium dioxide ZrO<sub>2</sub> is widely used in the process of manufacturing implants (Piconi, Maccauro, 1999, pp.1-25). In recent years, research efforts have focused on developing the ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system as a biomaterial in orthopedic surgery for producing hip implant parts, characterized by the microstructure of a metastable tetragonal lattice (Piconi, Maccauro, 1999, pp.1-25). In order to use zirconium dioxide ZrO<sub>2</sub> as a functional biomedical coating on substrates, ceramic coating layers must be deposited without defects. The first systems of ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(YSZ) coatings stabilized with Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were of 12 – 20wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, which fully stabilized the cubic c - phase. Later, tests showed that better performances can be achieved by reducing the levels of oxides Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> to 8wt.%. The ZrO<sub>2</sub>8%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system is now widely used because it is standardized and has the status of an ISO standard for surgical application (ISO standard 13356, 2008, revision of a previous version of 1997). Tests of ZrO<sub>2</sub>8%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic coatings have shown that they do not cause any cytotoxicity in living cells; therefore, they are biocompatible (Lang, Mertens, 1990, pp.606–611), (Dion, et al., 1994, pp.18-24). Previous studies and tests relate to the ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system with 8wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, which is most commonly used in practice, and deposited by APS and VPS depositing processes (Mrdak, 2015, pp.137-159). The coating has a lot of good features, such as a high coefficient of thermal expansion of  $11 \times 10^{-6}K^{-1}$ , a low density of 6.4 g/cm<sup>3</sup>, a low modulus of elasticity and high hardness, which provides better wear resistance. In addition, it has been proven that ZrO<sub>2</sub> coatings with 8wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> are corrosion resistant to body fluids, which makes them bioinert. Compared to other industrial applications, biomedical coatings are a relatively new class of applications (Weidian, 2006), (Wang, 2008),

(Heimann, 2006, pp.2012-2019), (Hong, et al., 2004, pp.317-326). Types of coatings applied in the artificial knee joint are mainly: hydroxyapatite (HA), zirconium dioxide ( $ZrO_2$ ), aluminum oxide ( $Al_2O_3$ ), titanium dioxide ( $TiO_2$ ) and chromium oxide ( $Cr_2O_3$ ). Increasing demands for improved efficiency of hydroxyapatite (HA) have influenced the development of many types of multiphase biomedical coatings. Some of the developed coating systems are HA/ $ZrO_2Y_2O_3$ (YSZ). Zirconium dioxide  $ZrO_2Y_2O_3$ (YSZ) is one of the most important bioinert oxides which is used in manufacturing implants. The results showed that the addition of  $ZrO_2Y_2O_3$ (YSZ) from 40 to 60vol.% to hydroxyapatite significantly reduces the decomposition of HA during the powder deposition by plasma spraying. A higher content of zirconium dioxide  $ZrO_2Y_2O_3$ (YSZ) increases the proportion of crystalline HA, and reduces the proportion of the amorphous phase in the coating.  $ZrO_2-Y_2O_3$  ceramics reduces the share and size of pores in the coating and increases the coating hardness, wear resistance, adhesion, and cohesive strength when compared to a pure HA coating (Khor, et al., 2000, pp.160-166), (Morks Magdi, Kobayashi, 2007, pp.47-51). Biomedical coatings consist of at least two layers: bond / ceramic or more layers (bond / bond + ceramic / ceramic layer). In order to reduce stresses in the coating and at the interface between the substrate and the coating, three-layer coating systems are often produced.

For the deposition of the  $ZrO_2Y_2O_3$  coating with functional characteristics, the  $ZrO_2$ 8wt. $Y_2O_3$ (YSZ) powder was deposited in the  $ZrO_2Y_2O_3$  /  $ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY$  /  $CoNiCrAlY$  system; because of the economic effect, cheaper substrate and bonding coating were chosen since they do not affect the microstructure of the functional  $ZrO_2Y_2O_3$  coating. The bonding and cermet coatings were deposited by the VPS process, while the  $ZrO_2$ 8wt.% $Y_2O_3$  ceramic coating was deposited by the APS process. This paper focuses on the testing of microhardness, microscopic and macroscopic defects in  $ZrO_2Y_2O_3$  coatings such as peeling of layers, pores on the coating surface, coarse unmelted particles, coarse pores, micro and macro cracks in the coating layers and on the coating surface, all of which have a negative impact on the mechanical properties of the  $ZrO_2Y_2O_3$  coating. The test results have shown that there are no coarse particles, macro pores, cracks and other defects on the surface of the  $ZrO_2Y_2O_3$  coating. The presence of a certain quantity of micro-pores in the ceramic coating is normal and the content of the pores in the coating was in accordance with the standards of this coating. The layers on the surface of the  $ZrO_2Y_2O_3$  coating show that powder particles are uniformly deformed and smooth and as such can be applied in the field of biomedicine.

## Materials and experimental details

To create a three-layer coating, the Sulzer Metco powder types marked AMDRY 9951 and Metco 204F were used. The AMDRY 9951 powder is a superalloy  $\text{Co}_{32}\text{Ni}_{21}\text{Cr}_{8}\text{Al}_{0.5}\text{Y}$ . The powder particles are spherical, which provides a good flow of the plasma jet. Figure 1 shows the scanning electron micrographs (SEM) of the morphology of powder particles. The granulation range of powder particles was from  $5\ \mu\text{m}$  to  $37\ \mu\text{m}$  (Material Product Data Sheet, 2011, AMDRY 9951, Cobalt Nickel Chromium Aluminum Yttrium (CoNiCrAlY) Thermal Spray Powders, DSMTS – 0092.1, Sulzer Metco).

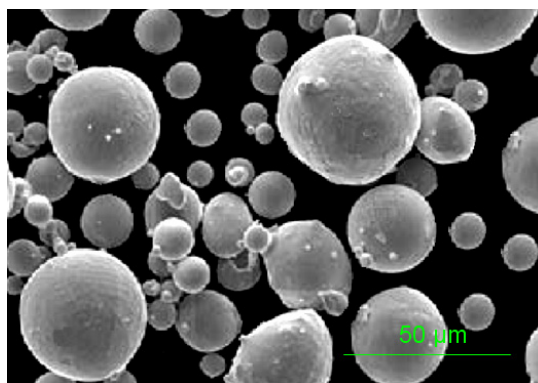


Figure 1 – (SEM) Scanning electron micrography of CoNiCrAlY powder particles  
Рис. 1 – (SEM) Электронная микрография частиц порошка CoNiCrAlY  
Слика 1 – (SEM) Скенинг електронска микрографија честица праха CoNiCrAlY

A mechanical mixture of AMDRY 9951 and Metco 204F powders (35% ( $\text{Co}_{32}\text{Ni}_{21}\text{Cr}_{8}\text{Al}_{0.5}\text{Y}$ ) + 65% ( $\text{ZrO}_2\text{8wt.}\%\text{Y}_2\text{O}_3$ )) was used to produce a transitional cermet layer. The upper ceramic coating was produced from Metco 204F ( $\text{ZrO}_2\text{8wt.}\%\text{Y}_2\text{O}_3$ ) powder. The powder was produced by the method of agglomeration and HOSP granulation from  $15\ \mu\text{m}$  to  $45\ \mu\text{m}$ . Figure 2 shows the scanning electron micrographs of the morphology of  $\text{ZrO}_2\text{8wt.}\%\text{Y}_2\text{O}_3$  powder particles. The powder particles have a regular spherical shape (Material Product Data Sheet, 2012, Metco 204F, 8% Yttria Stabilized Zirconia Agglomerated and HOSP™ Thermal Spray Powders, DSMTS-0001.2, Sulzer Metco).

The material on which the coating layers were deposited was X15Cr13 stainless steel (EN 1.4024) in the untreated condition. The mechanical characteristics of the coating layers were tested in accordance with the Pratt & Whitney standard (Turbojet Engine – Standard Practices

Manual (PN 582005), 2002, Pratt & Whitney, East Hartford, USA). The substrates on which coatings were sprayed for microhardness testing and evaluation of the microstructure in the deposited condition were made of steel Č.4171 (X15Cr13 EN10027) in a thermally unprocessed condition with the dimensions 70x20x1.5mm.

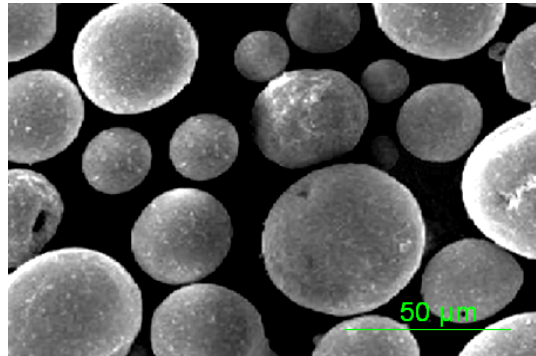


Figure 2 – (SEM) Scanning electron micrography of ZrO<sub>2</sub> 8%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder particles  
 Рус. 2 – (SEM) Электронная микрография частиц порошка ZrO<sub>2</sub> 8%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 Слика 2 – (SEM) Скенинг електронска микрографија честица праха ZrO<sub>2</sub> 8%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

The substrates for testing bond strength were made of the same steel in the untreated condition with the dimensions Ø25x50mm. The microhardness of the layers was tested by the method HV<sub>0.3</sub> and their bond strength by tensile testing.

The microstructure of the deposited layers was examined under a light microscope. The share of micro pores in the coating was analysed by treating 5 photos at 200x magnification. This paper presents the mean values of the share of pores in the coating.

The bonding and cermet coating powders were deposited with the vacuum plasma spray system of the Plasma Technik AG company and with an F - 4 plasma gun, with controlled plasma spray parameters. The powders were deposited with a mixture of plasma gases Ar-H<sub>2</sub>. Before the deposition of bonding and cermet coating powders, the substrate surface was cleaned with a transferred arc with a mixture of gases Ar-He. The CoNiCrAlY bonding coating powders were deposited with the optimum deposition parameters (Mrdak, 2013, pp.26-47). Table 1 shows the VPS parameters of powder deposition. The bonding layers were deposited with a thickness of 50 µm - 60µm and the cermet layers with a thickness of 100 µm - 110 µm.

The deposition of Metro 204F (ZrO<sub>2</sub>8wt.% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ceramic powders was performed with an atmospheric plasma spray system of the

Plasmadyne company and with an SG-100 plasma gun, with controlled plasma spray parameters. The SG -100 plasma gun consisted of a cathode type K 1083 - 129, anode type A 1083-165 and a gas injector type GI 1083 - 113. Ar was used as an arc gas in combination with He and the power supply of up to 40 KW.

Table 1 – VPS plasma spray parameters  
Таблица 1 – VPS параметры плазменного напыления  
Табела 1 – VPS плазма спреј параметри

Parameters	Values		
	Cleanin g arc	Spraying CoNiCrAlY	35% (CoNiCrAlY) + 65%(ZrO <sub>2</sub> Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Plasma current, I (A)	500	700	750
Plasma voltage, U (V)	65	60	74
Primary plasma gas flow rate Ar, l/min	50	50	50
Secondary plasma gas flow rate He <sup>(1)</sup> , H <sub>2</sub> <sup>(2)</sup> , l/min	10 <sup>(1)</sup>	9 <sup>(2)</sup>	9 <sup>(2)</sup>
Carrier gas flow rate, l/min	--	3	3
Powder feed rate, g/min	--	40	50
Stand-off distance, mm	270	270	270
Chamber pressure, mbar	25	120	120
Nozzle diameter (mm)	8	8	8
Speed of the gun, mm /s	15	15	15

The plasma spray powder deposition parameters are shown in Table 2. The upper ZrO<sub>2</sub>8wt.% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic layers were deposited with a thickness of 250 μm - 270 μm.

Table 2 – The parameters of the deposition of the ZrO<sub>2</sub>8wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder  
Таблица 2 – Параметры напыления порошка ZrO<sub>2</sub>8wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Табела 2 – Параметри депозиције праха ZrO<sub>2</sub>8wt.%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Parameters	Metco 204F
Plasma current, I (A)	900
Plasma voltage, U (V)	43
Primary plasma gas flow rate Ar , l/min	47
Secondary plasma gas flow rate He, l/min	32
Carrier gas flow rate Ar, l/min	6
Powder feed rate, g/min	50
Stand-off distance, mm	80

## Results and discussion

The values of the coating system microhardness are shown in Figure 3. The bonding coating - BC (CoNiCrAlY) had microhardness values from 595 to 610HV<sub>0.3</sub>. The measured values of the bonding coating microhardness were uniform, which indicates that a small proportion of micropores was present in the coating, also confirmed by an image analysis. The layers of the cermet coating - BC/CC (ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>35 CoNiCrAlY%) had slightly higher values of microhardness due to the content of ceramics; the values were rather uniform and in a range from 620 to 660HV<sub>0.3</sub>.

The deposition of powder particles by the VPS process at low pressure made it possible to produce thicker layers of bonding and cermet coatings with more consistent microhardness values. The ceramic coating - CC (ZrO<sub>2</sub>8% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) deposited by the APS process at atmospheric pressure had the highest microhardness values in a range from 690 to 760HV<sub>0.3</sub>. Due to high melting temperature, ceramic powder particles were semi-molten in the core and, in a collision with a previously deposited layer, they were plastically deformed achieving inter-lamellar contacts followed by the formation of inter lamellar pores, which is characteristic for ceramics. Figure 3 shows the minimum and maximum microhardness values of the ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>CoNiCrAlY / CoNiCrAlY coating system.

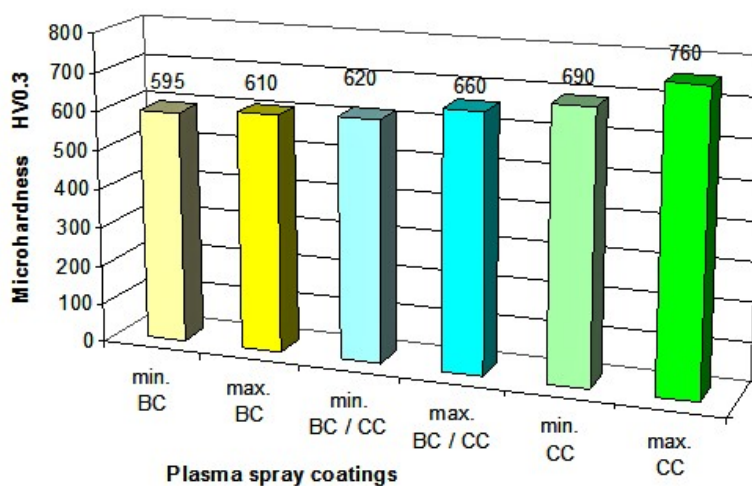


Figure 3 – Microhardness of ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>CoNiCrAlY / CoNiCrAlY coatings  
 Рус. 3 – Микротвердость покрытия ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>CoNiCrAlY / CoNiCrAlY  
 Слика 3 – Микротврдоћа ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>CoNiCrAlY / CoNiCrAlY превлака

The mean value of the coating system strength was 68 MPa. The application of a transferred arc made the substrate surface clean and reactive with deposited powder particles. Powder particles deposited in vacuum achieve good contact inter-lamellar bonding as well as good bonding with the substrate. The values of microhardness and tensile strength of the coating system were in correlation with the microstructure of the deposited layers. Figures 4 and 5 show the microstructures of the coating layers.

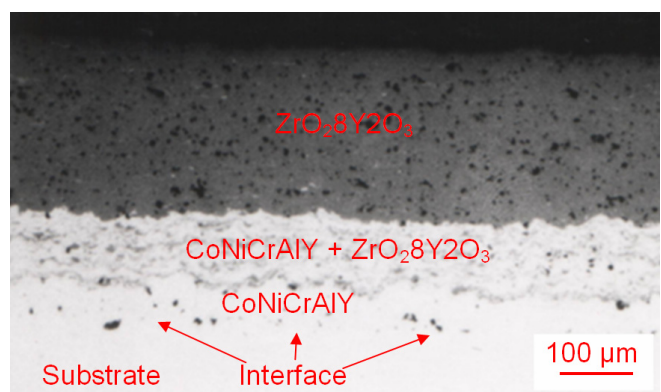


Figure 4 – The microstructure of the  $ZrO_2Y_2O_3 / ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY / CoNiCrAlY$  coating  
 Рус. 4 – Микроструктура покрытия  $ZrO_2Y_2O_3 / ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY / CoNiCrAlY$   
 Слика 4 – Микроструктура превлаке  $ZrO_2Y_2O_3 / ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY / CoNiCrAlY$

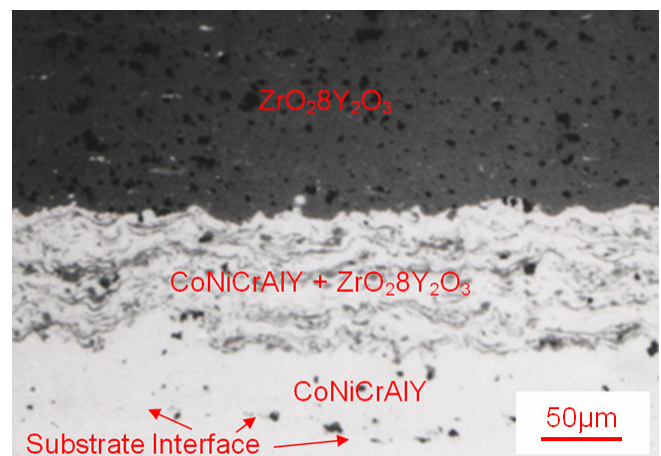


Figure 5 – The microstructure of the  $ZrO_2Y_2O_3 / ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY / CoNiCrAlY$  coating  
 Рус. 5 – Микроструктура покрытия  $ZrO_2Y_2O_3 / ZrO_2Y_2O_3NiCoCrAlY / CoNiCrAlY$   
 Слика 5 – Микроструктура превлаке  $ZrO_2Y_2O_3 / ZrO_2Y_2O_3NiCoCrAlY / CoNiCrAlY$



The micrographs clearly show the interfaces between the substrates and the bonding layers, the bonding coating and the cermet coating as well as between the cermet coating and the ceramic coating. A metallographic analysis of the coatings showed that the bond between the bonding coating and the substrate is good without the presence of micro-cracks and macro cracks in the interface. The bond of the coating with the substrate is uniform without a separation and peeling of the coating from the substrate. The analysis of the micrographs showed that the share of micro pores was less than 1% in the bonding coating layers. The share of micro pores in the cermet coating layers was 2%, and in the ZrO<sub>2</sub>8wt.% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic coating layers it was 7%. In the bonding coating layers, lamellae of deposited powder particles cannot be seen due to good melting and good interface between the deposited particles. There are no unmelted particles, precipitates and oxides in the coating since the vacuum plasma spraying process allows the deposition of layers without oxide content. Black micropores smaller than 10 µm can be seen throughout the bonding coating layers. The CoNiCrAlY coating in the deposited state comprises two phases, γ and β. The coating base consists of the γ phase which is a solid solution of Co, Ni, Cr and the β (Co,Ni)Al phase (Cheruvu, et al., 2000, pp.50-54), (Mobarra, et al., 2006, pp.2202-2207), (Mrdak, 2013, pp.26-47), (Poza, Grant, 2006, pp.2887-2896). The middle cermet inter-layer is continuously deposited on the bonding coating. Dark gray ceramic coating lamellae uniformly distributed among light gray lamellae of the bonding coating are clearly visible throughout the cermet layer (Fig.6). Black micro pores up to 10 µm can be seen in the cermet layer (Fig.5). The upper ceramic layer is deposited uniformly on the cermet layer in which black micro pores can be seen (Fig 4).

Figure 7 shows a SEM micrograph of the surface of a completely molten ZrO<sub>2</sub>8wt.% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>particle. The SEM analysis of the morphology of the surface of a deposited ceramic powder particle shows that it is smooth, indicating that it is completely molten and properly deposited on the previously deposited ceramic layer.

The surface of a completely molten ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particle is circled in red in the SEM micrograph. Because of complete melting, a powder particle formed a regular geometric shape when colliding with the surface. The microstructure shows fine precipitates of irregular shapes up to 10 µm, circled in yellow. The SEM micrograph clearly shows fine black micro pores, irregularly shaped, up to 5 µm in size (circled in green).

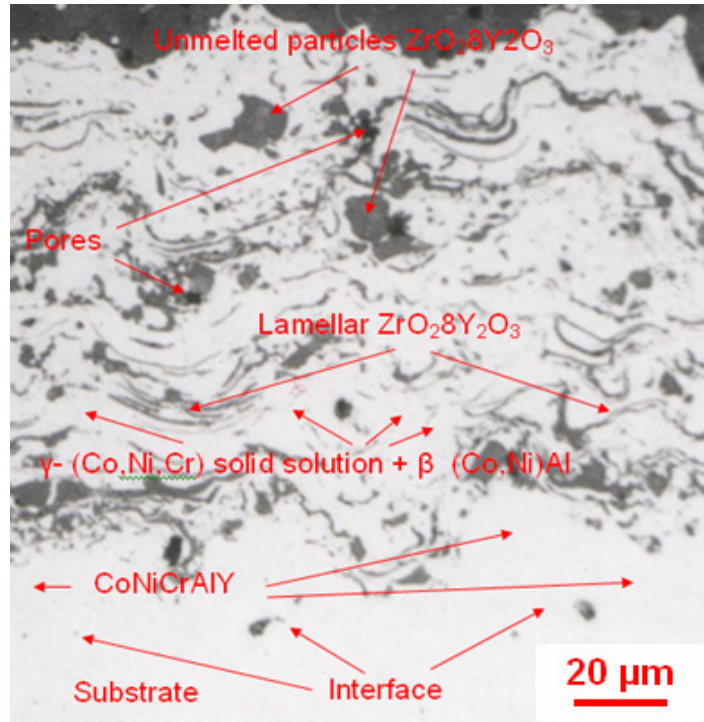


Figure 6 – The VPS microstructure of the CoNiCrAlY + ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating  
 Рис. 6 – Микроструктура покрытия VPS CoNiCrAlY + ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 Слика 6 – Микроструктура VPS CoNiCrAlY + ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> превлаке

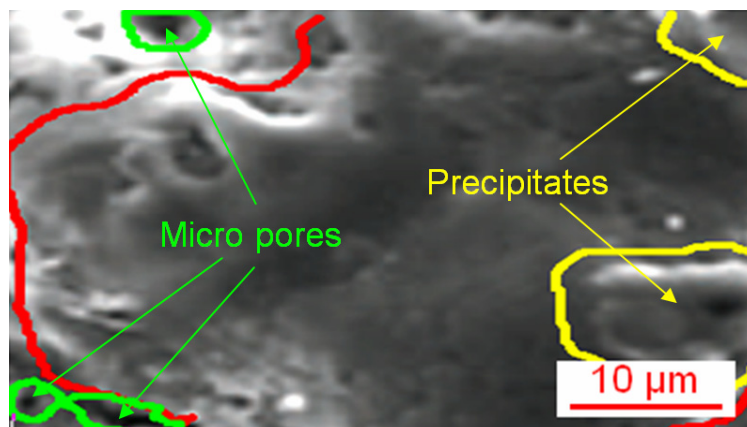


Figure 7 – (SEM) Surface morphology of the ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating  
 Рис. 7 – (SEM) Морфология поверхности покрытия ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 Слика 7 – (SEM) Морфологија површине ZrO<sub>2</sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> превлаке

## Conclusion

In this study, the plasma spray process produced a coating system of  $ZrO_2Y_2O_3 / ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY / CoNiCrAlY$ . The bonding coating and the cermet coating were deposited by the vacuum plasma spray process. The upper functional  $ZrO_2Y_2O_3$  ceramic coating was deposited by the atmospheric plasma spray process. The paper analyzes the structure and the mechanical properties of the coatings in the deposited state, based on which the following conclusions were made.

The coating system had good mechanical properties with the following microhardness values: the bonding layer from 595 to 610HV<sub>0.3</sub>, the transitional cermet layer from 620 to 660HV<sub>0.3</sub> and the upper ceramic layer from 690 to 760HV<sub>0.3</sub>. The bonding and cermet coatings had a quite uniform microhardness, allowed by the VPS process at low pressure. The  $ZrO_28\% Y_2O_3$  ceramic coating deposited by the APS process at atmospheric pressure had the highest microhardness value with a range of 70HV<sub>0.3</sub>. The bond strength of the coating system had a high value of 68MPa. The application of the transferred arc provided a good adhesive bond of molten particles with the substrate and a good cohesive bond between deposited lamellae.

The analysis of the micrographs showed that the share of pores in the bonding coating was less than 1%, in the layers of the cermet coating it was 2%, and in the  $ZrO_28wt.\% Y_2O_3$  ceramic coating it was 7%. The microstructure of the bonding coating shows a lamellar structure due to good melting of powder particles and a good interface of deposited particles. The middle cermet layer is continuously deposited on the bonding coatings. Dark gray lamellae of the ceramic coating are clearly visible throughout the cermet coating as well as micropores in black.

The  $ZrO_2Y_2O_3$  ceramic layer is evenly deposited on the cermet layer. In the  $ZrO_2Y_2O_3$  ceramic coating and on the surface there are no defects such as coarse unmelted particles, coarse pores, micro cracks and macro cracks and other defects which have a negative effect on the mechanical properties and functionality of the coating. The surface of the  $ZrO_2Y_2O_3$  coating shows that powder particles are regularly deformed and smooth and as such are suitable for the application in biomedicine.

Based on the obtained mechanical and structural characteristics of the  $ZrO_2Y_2O_3$  coating, it was found that the quality of the coating makes it suitable for use with other materials in creating a system of biomedical coatings.

## References

- Cheruvu, N.S., Chan, K.S., & Leverant, G.R. 2000. Cyclic Oxidation Behavior of Aluminide, Platinum Modified Aluminide, and MCrAlY Coatings on GTD-111. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 122(1), p.50. doi:10.1115/1.483174
- Dion, I., Bordenave, L., Lefebvre, F., Bareille, R., Baquey, C., Monties, J.R., & Havlik, P. 1994. Physico-chemistry and cytotoxicity of ceramics. *Journal of Materials Science*, 5, pp.18-24.
- Heimann, R.B. 2006. Thermal spraying of biomaterials. *Surface and Coatings Technology*, 201, pp.2012-2019.
- Hong, L., Bing, S., Aaron, F., & Timothy, C. 2004. Applications of plasma coating in artificial joints: An overview. *Vacuum*, 73, pp.317-326.
- ISO standard 13356 2008. revision of a previous version of 1997.
- Khor, K.A., Fu, L., Lim, V.J.P., & Cheang, P. 2000. The effects of ZrO<sub>2</sub> on the phase compositions of plasma sprayed HA: YSZ composite coatings. *Materials Science and Engineering*, 276, pp.160-166.
- Lang, H., & Mertens, T. 1990. The use of cultures of human osteoblastlike cells as an in vitro test system for dental materials. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 48(6), pp.606-11. pmid:2341941
- Magdi, M.F., & Kobayashi, A. 2007. Microstructure and Mechanical Properties of HA/ZrO<sub>2</sub> Coatings by Gas Tunnel Plasma Spraying. *Transaction of JWRI*, 36(1), pp.47-51.
- Material Product Data Sheet, AMDRY 9951, Cobalt Nickel Chromium Aluminum Yttrium (CoNiCrAlY) Thermal Spray Powders, DSMTS - 0092.1* 2011. Sulzer Metco.
- Material Product Data Sheet, Metco 204F, 8% Yttria Stabilized Zirconia Agglomerated and HOSP™ Thermal Spray Powders, DSMTS-0001. 2* 2012. Sulzer Metco.
- Mobarra, R., Jafari, A.H., & Karaminezhad, M. 2006. Hot corrosion behavior of MCrAlY coatings on IN738LC. *Surface and Coatings Technology*, 201(6), pp.2202-2207.
- Mrdak, M. 2013. Characterization of vacuum plasma sprayed cobalt-nickel-chromium-aluminum-yttrium coating. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 61(4), pp.26-47, doi:10.5937/vojtehg61-2495.
- Mrdak, M. 2015. Characteristics of APS and VPS plasma spray processes. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 63(3), pp.137-159, doi:10.5937/vojtehg63-7064.
- Mrdak, M. 2016. Properties of the ZrO<sub>2</sub>MgO/MgZrO<sub>3</sub>NiCr/NiCr triple-layer thermal barrier coating deposited by the atmospheric plasma spray process. *Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier*, 64(2), pp.411-430, doi:10.5937/vojtehg64-9612 .

Mrdak, M., Rakin, M., Medjo, B., & Bajić, N. 2015. Experimental Study of Insulating Properties and Behaviour of Thermal Barrier Coating Systems in Thermo Cyclic Conditions. *Materials & Design*, 67, pp.337-343.

Mrdak, M., Vencl, A., Nedeljkovic, B., & Stanković, M. 2013. Influence of plasma spraying parameters on properties of the thermal barrier coatings. *Materials Science and Technology*, 29(5), pp.559-567.

Piconi, C., & Maccauro, G. 1999. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*, 20, pp.1-25.

Poza, P., & Grant, P.S. 2006. Microstructure evolution of vacuum plasma sprayed CoNiCrAlY coatings after heat treatment and isothermal oxidation. *Surface and Coatings Technology*, 201(6), pp.2887-2896.

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

Wang, H. 2008. Materials and applications of thermal spray. National Defense Industry Press.

Weidian, S. 2006. *Thermal Spray Technolog*. CHWA Technology Company.

---

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МИКРОСТРУКТУРА  
ПОКРЫТИЙ  $ZrO_2Y_2O_3$  /  $ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY$  /  $CoNiCrAlY$ ,  
НАНЕСЕННЫХ ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Михаило Р. Мрдак

Центр исследований и развития А.О. «ИМТЕЛ коммуникации», Белград,  
Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: химические технологии

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

**Резюме:**

Керамика  $ZrO_2$  стабилизированная оксидом иттрия  $Y_2O_3$  обладает наилучшими характеристиками по сравнению с иными современными керамическими материалами. Благодаря высокому проценту биосовместимости, керамика  $ZrO_2$  в системе  $ZrO_2-Y_2O_3$  широко применяется в качестве биоматериалов в ортопедической хирургии. Керамика  $ZrO_2$  используется в области протезирования, в частности, для изготовления головки бедренной кости, колени, временного протеза и пр. В области медицины  $ZrO_2$  широко используется в изготовлении протеза бедра (THR), коленного сустава, и иных медицинских аппаратов. Нанесение керамического покрытия  $ZrO_2Y_2O_3(YSZ)$  на биомедицинские субстраты должно быть равномерным, а его слои без изъянов. Для нанесения керамического покрытия  $ZrO_2Y_2O_3(YSZ)$ , обладающего

наилучшими структурными характеристиками была испытана система покрытий  $ZrO_2Y_2O_3/ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY/CoNiCrAlY$ . В целях экономии, напыление выполнено на стальном субстрате связывающим покрытием  $CoNiCrAlY$ , не влияющим на структуру и функциональность керамического слоя  $ZrO_2Y_2O_3$ . Структура слоев испытана методом оптической микроскопии, а поверхность  $ZrO_28mas\%Y_2O_3$  испытана методом электронной микрографии (SEM). На основании полученных характеристик установлено, что содержание порообразований в керамическом слое достаточно низкое, а микропоры равномерно распределены. Анализ механических характеристик покрытия проведен на основании испытаний микротвердости методом  $HV_{0.3}$  и прочности соединений методом растяжения. Значения микротвердости  $ZrO_28mas\%Y_2O_3$  покрытия соответствуют требованиям, так же как и прочность связи покрытий.

Ключевые слова:  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ , свойства, микроструктура, механические характеристики, слои, покрытие, керамика, соединения.

---

#### МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ И МИКРОСТРУКТУРА ПЛАЗМА НАПРСКАНЕ ПРЕВЛАКЕ $ZrO_2Y_2O_3 / ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY / CoNiCrAlY$

Михаило Р. Мрдак  
Истраживачки и развојни центар ИМТЕЛ Комуникације а. д., Београд,  
Република Србија

ОБЛАСТ: хемијске технологије  
ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни чланак  
ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

#### Сажетак:

Керамика  $ZrO_2$  стабиљована са  $Y_2O_3$  има супериорна и одлична физичка својства у поређењу са другим савременим керамичким материјалима. Због високе биокompatibilности она у систему  $ZrO_2-Y_2O_3$  има широку примену као биоматеријал у ортопедској хирургији. Керамика  $ZrO_2-Y_2O_3$  најчешће се примењује за израду глава кука, протеза колена, привремених држача итд.  $ZrO_2$  је у клиничкој употреби као укупна замена кука (THR), у зглобу вештачких колена, али се користи за примену и развој других медицинских уређаја. Да би се керамика  $ZrO_2Y_2O_3(YSZ)$  користила на биомедицинским субстратима, неопходно је депоновати слојеве превлаке без дефеката. Ради депозиције керамичке превлаке  $ZrO_28теж\%Y_2O_3$  са најбољим структурним својствима, испитан је систем превлака  $ZrO_2Y_2O_3/ZrO_2Y_2O_3CoNiCrAlY/CoNiCrAlY$ . Због економичности депозиција је извршена на челичном супстрату уз примену везе превлаке  $CoNiCrAlY$ , што не утиче на структуру и

*функционалност керамичког слоја  $ZrO_2Y_2O_3$ . Структура слојева испитана је методом светлосне микроскопије, а површина горње керамичке превлаке  $ZrO_2$ 8мас% $Y_2O_3$  методом скенинг електронске микроскопије (SEM). На основу добијених карактеристика утврђено је да садржај порозности у керамичком слоју није био висок и да су микропоре равномерно распоређене. Процена механичких особина слојева урађена је испитивањем микротврдоће методом  $HV_{0,3}$  и затезне чврстоће слоја испитивањем на затезање. Вредности микротврдоће  $ZrO_2$ 8мас% $Y_2O_3$  превлаке биле су задовољавајуће и затезна чврстоћа слоја система превлака.*

*Кључне речи:  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ , својство, микроструктура, механичка својства, слојеви, превлаке, керамике, везивање.*

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 28. 03. 2016.  
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы / Датум достављања исправки рукописа: 02. 04. 2016.  
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум коначног прихватања чланка за објављивање: 04. 04. 2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier» (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons» (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



# AIRCRAFT TESTING IN TERMS OF METHODOLOGY, SAFETY AND DEVELOPMENT OF AIRCRAFT

**Branko B. Bilbija**

Retired general, Belgrade, Republic of Serbia

e-mail: bilbijab@gmail.com,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0001-5800-0482>

DOI: 10.5937/vojtehg65-12681

FIELD: Aerospace, Air Force, Test Ammunition Research Aircraft

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

## *Abstract:*

*Aerospace as a whole, primarily aviation and planes, for a short time after 1903, greatly advance the frontiers of human activity. Initially, unsafe "flying device" the plane, has become a factor in "loose" resolving wars and one of the reliable means of transport and communication between people around the world. Quick technical and technological development required a special approach. Mass production and use of aircraft, brought in light the need for standardization in the production, testing and lead into operational use of combat aircraft, as well as in commercial use for the purposes of air traffic. Testing the aircraft, is now more disciplinary research activity of a large number of experts from various fields, including test pilot who is an irreplaceable member. At that goal the test-measuring equipment (IMO), are specifically designed, and test pilots are trained in specialized schools for the experiment pilots.*

*Keywords: aircraft testing, experimental research, necessity of testing, air force, aircraft aerodynamics, test-measuring equipment, ultra high-speed cameras, telemetry, theodolites, spin, sound barrier, test pilot.*

## Introduction

It has only been 113 years since the man's (Wright brothers) first flight with the aircraft whose specific gravity was greater than the specific gravity of the air, with the help of self-propulsion (engine) and the lift on the wings (airfoil). Curiosity, self-assertion and courage as well as an everlasting humans' desire to move in the third dimension like birds were the reasoning behind it (see Figure 1).



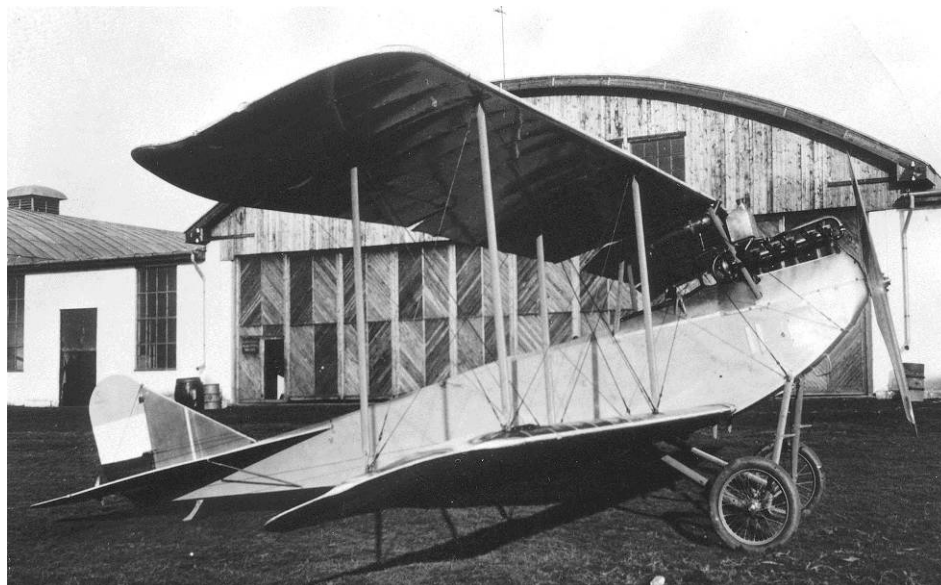


Figure 1 – Ikarus – Rogožarski-small Brandenburg, collection Ognjan Petrović  
 Рисунок 1 – Икарус – Рогожарский малый Бранденбург, коллекция Огњан Петровић  
 Слика 1 – Икарус – „Рогожарски мали Бранденбург” (колекција Огњан Петровић)

It was not before long that military strategists realized the value of the new vehicle and its ability to be used for military purposes. In many countries, including Serbia in 1912 (Janić, Petrović, 2011), this led to the formation of a new service of armed forces (at that time the Army), Air Force (called usually Aviation, Airplane Commands or Units). Names were initially very diverse, and Air Force (AF) or Air Power (AP) were eventually adopted. Very soon in the Great War (World War I), planes were massively used primarily in air combat but also in operations against enemy positions and facilities on land and sea. Combat operations from the air were used on all fronts, especially on the western front, and were performed by all the warring parties. With the development of new technologies, materials, structures, aerodynamics, engines, weapons and equipment, these once unreliable and fragile structures (Janić, Petrović 2011) became a very powerful and reliable means of combat which soon in World War II showed all its value and power; they were often decisive in combat operations. Realizing that the piston engine was a limiting factor for the plane, engineers soon developed a turbojet engine (TM) (at the end of 1930s), which offered completely new solutions and possibilities to the plane. Aerodynamically speaking, after World War II, the plane was in a crisis. It was necessary to resolve the problem of transonic and supersonic speeds.

The solution was found in suitable airfoil and wing shapes. *The door was open.*

All structural variations were possible, especially due to the use of new materials (composite materials, new electronic technology, ceramics, etc.). The man soared to unprecedented speed and altitude, and even into space. What was incredible until recently can be seen today in any serious air show or exhibition in the world, leaving the audience amazed, not to mention the use in warfare (Figure 2).



Figure 2 – Aircraft type Sukhoi Su-27  
Рисунок 2 – Самолет Сухой, марка Су-27  
Слика 2 – Авион типа „сухој“ Су-27

Few people wonder how this was accomplished, and whose efforts and knowledge enabled it.

## Necessity of tests

At the very beginning of aviation, airplanes were a product of work of one man or a small team of 2 to 3 people who had the idea to fly. They built airplanes by themselves, checking them constantly. There were many attempts, many failures, unpleasant and even tragic events. However, they continued again, realizing where the mistakes were. They solved problems by feeling and experience, trial and error, until they realized that something

needed to be measured, analyzed, and appropriate actions taken to resolve problems with the aim of improving the quality, performance and safety of the airplane flight (Bilbija, 2014).

Production of more aircraft, which was a necessity, required the consistency and teamwork of aviation experts from various fields (aerodynamics, engines, weapons, equipment, etc.), where the pilot is one of the key figures in the team. It was possible to be done only by a unified approach and standardization, with measurements in the basis. People realized that only sense and experience can no longer follow the progress and innovations in all fields of science and technology were applied to the airplane. Airplane testing - experimental research is scientific and research work of a large number of aviation experts; it is a multidisciplinary activity which includes forming a testing team, devising testing methods, performance testing on the ground and in the air during the flight, data analysis, drawing conclusions about further activities and the like, with the aim of bringing a tested vehicle to a state of effective and safe use (Bilbija, 1990).

## Test-measurement equipment

Significant development of test and measuring equipment (TME) for testing aircraft began in Europe in the late twenties and early thirties of the last century, mainly in France, Germany and Switzerland. These were the first but significant steps towards the establishment of the base of TME now used for testing of aircraft, engines, weapons and equipment, without which one cannot even imagine quality testing, both for development and verification.

Serbian Air Force, at that time, noticed the value of this approach in the development of aviation and started the education of its members (Capt. Eng. Kosta Sivčev, France, a.Villacoublay), in 1931 (Filipović, 2012) and the acquisition of available TME. Soon, in 1933, the Air Force Test Group (VOG) was formed. It was the forerunner of the TPC (Test Pilot Center) - now the Flight Testing Center – FTC (Dimitrijević, 2003). This was a logical sequence of events in a desire to follow the world trends. So, at the end of the thirties (before World War II), the first lectures about aircraft testing were held by Prof Nenadović at the Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade. The first tests and measurements were, practically, “with stick and rope”; soon new monitoring and measuring devices appeared, first for individual parameters of aircraft operation, engine operation and other equipment, and later for monitoring and

registration of groups or more parameters. The aim was to monitor and register as many elements – parameters during flights as possible to analyze them later after landing and allow the continuation of tests and / or corrections of measurements. After World War II, equipment and devices that were preserved (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016), or captured during and after the war were used for testing aircraft, weapons and equipment (Figure 3). Since the existing equipment was already obsolete, new equipment for testing in flight (barographs, registering accelerators, etc.) was purchased in Switzerland in 1949 (Peravia). This equipment, although of modest capability (measuring a maximum of three parameters - data reduced to the time base), allowed successful testing of aircraft and equipment at that time.



*Figure 3 – Pre-war cinetheodolite (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016),  
Рисунок 3 – Довоенный кинотеодолит (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
Слика 3 – Предратни кино теодолит (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*

In line with the development of aircraft, TME also developed so that in the mid-fifties (1956), the TPC acquired modern A20 series photographic recorders of the SFIM French company (Figure 4, 4a, 4b, 4c) (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016), (Filipović, 2012).

The purchased photo recorders and cinetheodolites were objective “witnesses” of what really happened in the course of aircraft operation.



Figure 4 – A20 photo recorder (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
Рисунок 4 – Фоторегистратор А-20 (Архив Ваздухопловног опитног центра, 2016)  
Слика 4 – Фото-регистратор А-20 (Архив Ваздухопловног опитног центра, 2016)

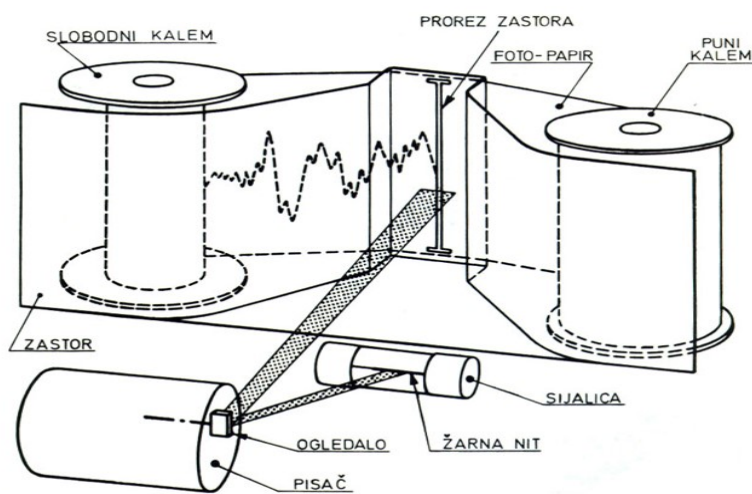


Figure 4a – The principle of A 20 photo recorders  
Рисунок 4а – Принцип работы фоторегистратора А 20  
Слика 4а – Принцип рада фото-регистратора А 20



Figure 4b – A20 installed on an MIG 21 (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Рисунок 4б – А20 установленный в самолете МиГ 21 (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Слика 4б – А20 уграђен на авион МиГ 21 (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)

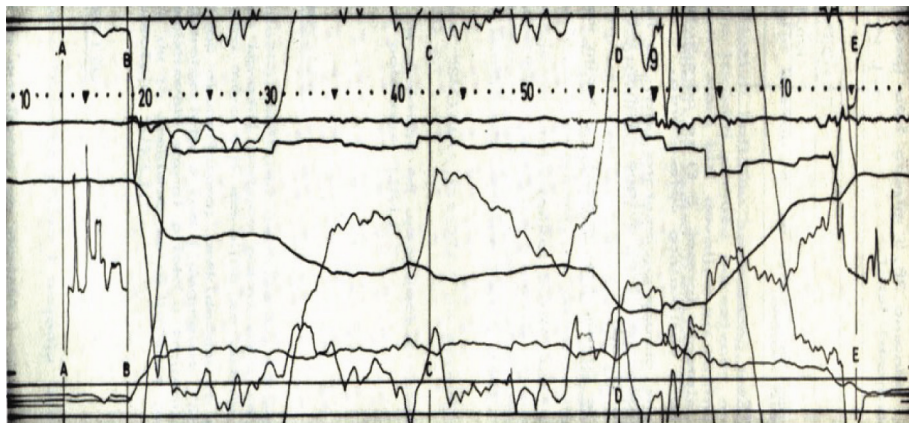


Figure 4c – Record of the monitored parameters on the photo paper of an A20 register during the tests (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Рисунок 4с – Запись - отслеживаемых параметров на фотобумаге регистратора А20, сделанная во время испытаний (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Слика 4ц – Запис сниманих – праћених параметара на фото-папиру регистратора А20 у току испитивања (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)

The application of test measurement equipment in our country kept pace with global trends of that time. The main goal of using TME was to objectively test and evaluate the quality of the aircraft, arms and equipment so that they could fulfill their purpose.

Regardless of the cooperation with the SFIM Company, the VOC also cooperated with other manufacturers buying their testing equipment - for example the A13 recorder was purchased from SHLUMBERGER. It had a possibility of monitoring and recording up to 24 parameters during the flight (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016), which significantly improved the quality and efficiency of tests (see Figure 5).



Figure 5 – A13 recorder (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Рисунок 5 – Регистратор А13 (Архив Ваздухопловног опитног центра, 2016)  
 Слика 5 – Регистратор А13 (Архив Ваздухопловног опитног центра, 2016)

This is what a so-called "black box" looks like. These recorders are actually BLACK BOXES. They are highly resistant to impact, high temperatures, water, and other types of damage. They are painted in orange on purpose, to make them easier to be identified and found. They got this name in the aviation jargon, because, when an accident or disaster happens, they usually bring *black news*.

In order to study aviation weapons (firearms, rockets and bombs) as well as the characteristics of aircraft in flight phases, high speed and ultra high speed cameras for continuous recording are used as in other centers for testing aircraft worldwide (Figures 6, 7) (Dimitrijević, 2003), (Filipović, 2012).



Figure 6 – Ultra high speed cameras to record separation of bombs from bomb-carriers  
(Arhiv Vazduhoplovnog opritnog centra, 2016)

Рисунок 6 – Сверхскоростная камера для записи сбрасывания бомб с бомбардировщиков (Arhiv Vazduhoplovnog opritnog centra, 2016)

Слика 6 – Ултрабрзе камере за снимање одвајања бомби са бомбо-носача (Arhiv Vazduhoplovnog opritnog centra, 2016)

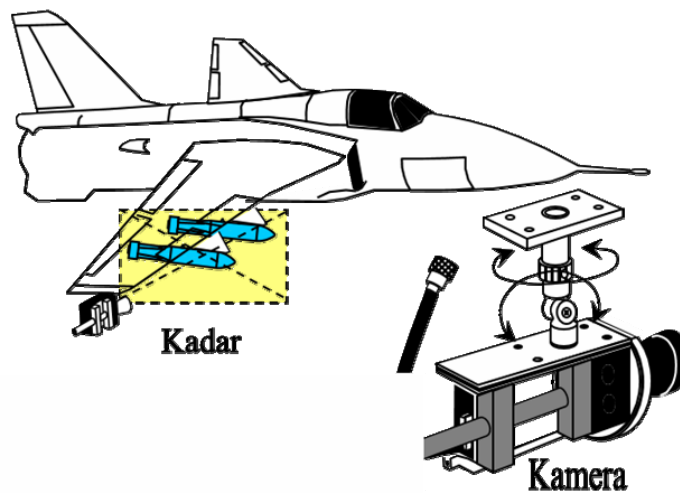


Figure 7 – Scheme of the bomb separation zone recording  
Рисунок 7 – Схема съёмочной зоны при записи сброса бомб  
Слика 7 – Шема зоне снимања одвајања бомби



Renowned manufacturers of this equipment also having been used in this country are: AVIA and Sidetel (see Figure 8), (Filipović, 2012), (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016).



*Figure 8 – AVIA camera (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*  
*Рисунок 8 – AVIA камера (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*  
*Слика 8 – AVIA камера (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*

The digitalization era in the eighties influenced the methodology of testing aircraft, armament and equipment in the VOC, too (Figure 9). It was a huge improvement, because it allowed a simultaneous access to tests data to all participants. In that way, the process of testing and analysis was significantly reduced.

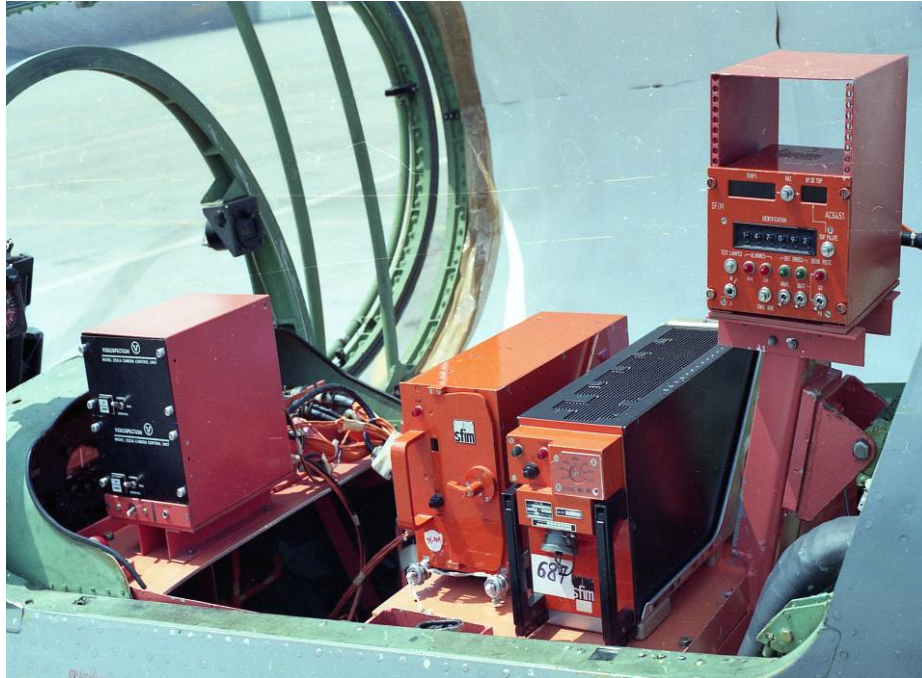


Figure 9 – D-V/SFIM embedded in the cabin of a prototype of the G-4 P-2 aircraft Super Galeb (Arhiv Vazduhoplovnog opritnog centra, 2016)

Рисунок 9 – "D-V/SFIM" установленный в кабине прототипа самолета Г-4 П-2 "Супер Галеб" (Arhiv Vazduhoplovnog opritnog centra, 2016)

Слика 9 – D-V/SFIM уграђен у кабини прототипа авиона Г-4 П-2 „супергалеб“ (Arhiv Vazduhoplovnog opritnog centra, 2016)

## Theodolites

The Air Force Development Plan from the first half of the 1980s dealt with the further development and equipping of the VOC with test measuring equipment (TME). In fact, the development of an NA (new supersonic jet-plane) started. The NA was supposed to be the Yugoslav Air Force variant of the OS, for a longer period, as a fourth-generation multi-purpose aircraft, with the possibility of further improvement (Sredstva za ispitivanje aviona, 2016).

For the purpose of NA quality monitoring and acceptance, the VOC made great efforts in training the entire staff and providing modern equipment for aircraft testing. It was the most modern equipment in the world at that time.

The optotheodolite system SKYTRACK (Figure 10), of the Swiss company CONTRAVES, was purchased in 1988 and soon put into operation for testing trajectory, flight aircraft, missiles, bombs, parachutes and other means that were tested in the VOC.



*Figure 10 – Optotheodolite system SKYTRACK  
(Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*

*Рисунок 10 – Система оптического теодолита "SkyTrack"  
(Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*

*Слика 10 – Оптотеодолитски систем „SKYTRACK“  
(Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*

The SKYTRACK enabled the capture of the trajectory (Figure 11) of a tested asset at distances from 0.5 to 100 km, depending on the size of the object (combat aircraft and helicopters 15-20 km) being monitored and recorded (Uputstva za teodolite i telemetriju VOC-a, 1989).

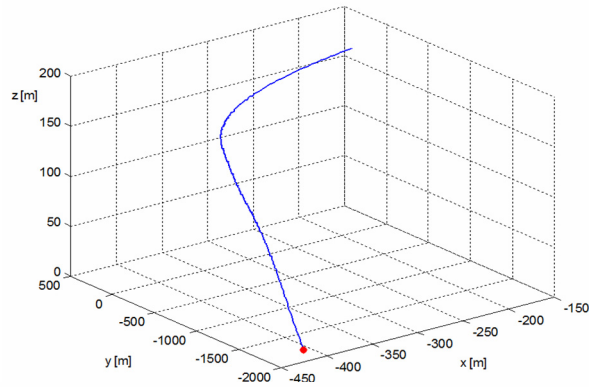


Figure 11 – Trajectory of a tested asset (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Рисунок 11 – Изображение траектории исследуемого объекта (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Слика 11 – Приказ трајекторије испитиваног средства (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)

The methods of monitoring and recording are triangulation and laser tracking. The layout of units is given in Figure 12 (Uputstva za teodolite i telemetriju VOC-a, 1989).

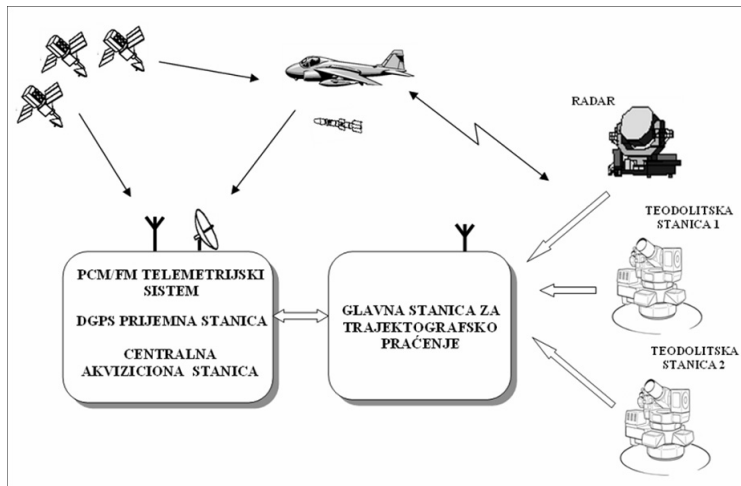


Figure 12 – Scheme of the arrangement of units (telemetry and theodolites) during tests (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Рисунок 12 – Блок-схема сбора данных (телеметрия и теодолит) во время испытаний (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)  
 Слика 12 – Шема распореда јединица (телеметрија и теодолити) у току испитивања (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)

## Telemetry

The testing of the modern aircraft (named NA in our country) was accompanied by appropriate highly sophisticated equipment for aerodynamic tests and testing of engines, equipment and devices integrated in a plane. For that purpose, in 1989, the telemetry system PCM / FM, of the American firm LORAL (Figures 13, 14), was purchased. The system consists of a so-called ground system - receiving station and a system to be installed on the plane with its sensors and encoders. The system is able to monitor, record and transmit to the receiver station up to 220 parameters - data in real time at distances up to 200 km (mobile units to 100 km), (Uputstva za Teodolite i Telemetriju VOC-a, 1989). The data is immediately registered, monitored and analyzed by the team at the ground-receiver station, so that the team can react immediately and direct a test program in the desired direction. This reduces test time and enables responding to various phenomena in real time during the flight, so that test risks are reduced to a minimum (Sredstva za ispitivanje aviona, 2016).



*Figure 13 – Telemetry System PCM/FM, US company LORAL - ground receiver mobile station (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*

*Рисунок 13 – телеметрическая система PCM / FM, американской компании "LOREAL" – наземная мобильная приемная станция (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*

*Слика 13 – Телеметријски систем PCM/FM, америчке фирме „ LORAL” – земаљска пријемна покретна станица (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)*



Figure 14 – Telemetry System PCM/FM, US company LOREAL - operator position,  
(Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)

Рисунок 14 – Телеметрическая система PCM/FM, американской компании "LOREAL"  
- рабочее место оператора (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)

Слика 14 – Телеметријски систем PCM/FM, америчке фирме „LORAL” – позиције  
оператора (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016)

An example of testing efficiency is a spin, evolution in which the inertial forces and moments are dominant in relation to the aerodynamic ones, so performing this evolution can be dangerous (Milošević, 1992).

A spin can be generally performed by any plane; it is necessary to find ways to enter it and recover from it while determining its conditions (altitude, speed, entry and recovery). Some fighter jets, from the entry into a spin until complete recovery and stabilization of the flight, lose even several thousand meters.

Therefore, in the spin testing methodology, the "step by step" method is used (a multitude of flights) to reach a complete definition of the behavior of a certain aircraft in a spin (Figure 15, archives of the VOC, photographs, 2016, Belgrade).

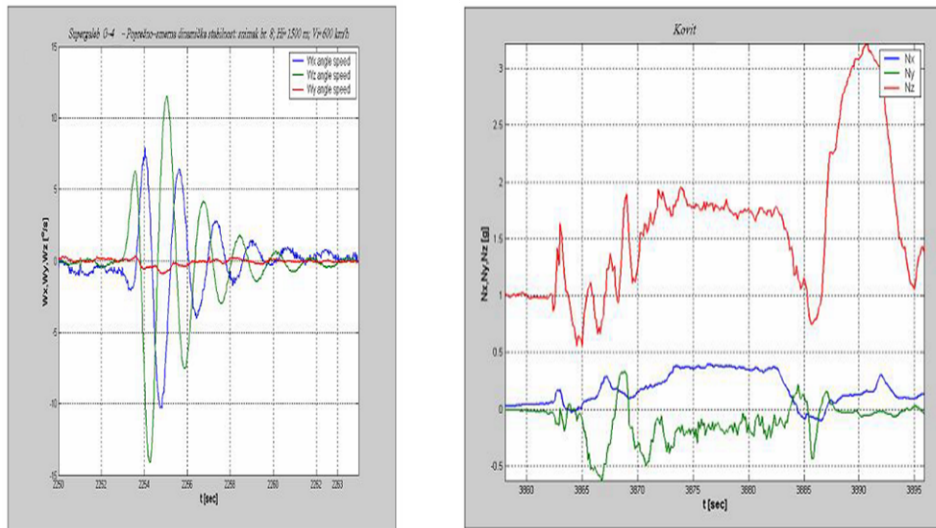


Figure 15 – Graphic display of testing cross directional stability and dynamic spin on the G-4 aircraft

Рисунок 15 – Графическое изображение испытаний поперечной устойчивости и управляемости самолета Г-4

Слика 15 – Графички приказ из испитивања поперечно-смерне динамичке стабилности и ковита на авиону Г-4

Telemetry has reduced this kind of tests to a minimum. Instead of recording certain parameters with a photo recorder, their analysis after landing, and repeating attempts, telemetry has allowed a "step by step" method which gives the results only after a few flights, because the control of flight tests is done in real time.

The test pilot and the whole test team are responsible for the security of both the crew and the aircraft, as well as for further consequences of their decision making when determining aircraft performances in a spin, which are further on defined by the aircraft guidelines.

In my pilot experience as a test pilot, I was the first (on my own responsibility since it was forbidden) to perform a spin on an "Eagle" aircraft. I shared this experience with other experiment pilots with whom I flew. Thus, they gained self-confidence and faith in the means they flew on (Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra, 2016).

## Test pilot

Testing planes is persistent and painstaking teamwork of a large number of specialists - experts, including a test pilot who is an important part of the team (Figure 16). He faces all the problems, successes and failures, and therefore bears a great responsibility (Bilbija, 2014).



*Figure 16 – Test team after a flight (test pilot, Colonel Branko Bilbija, second from the right), French Test Center Istres Marseille, March, 1986.*

*Рисунок 16 – Команда летчиков-испытателей после полета (Летчик-испытатель, полковник Бранко Билбия, второй справа), Французский авиационный испытательный центр Истр-Марсель, март 1986 года.*

*Слика 16 – Опитни тим после лета (опитни пилот, пуковник Бранко Билбија, други здесна), Француски опитни центар Истр-Марсеј, март 1986*

In the beginning, flight enthusiasts constructed airplanes, flew and carried out tests. It was a romantic era of aviation, where one person or a small team solved all the problems. The development of technologies and their applications in aviation, together with the understanding of the value of aircraft as a means of combat fully differentiated specific areas where experts could engage in aviation. It became clear that only a well-trained pilot could contribute to aircraft development and be a part of the team that solves the problems in the air, and also cooperate with other members - engineers and technicians.

The need for a pilot specialist who would be a link with other experts and specialists was realised in the 1930s. The first attempt to form a



school of test pilots was at the airport Villacoublay, near Paris, in 1935. The aim was to train pilots and flight engineers, in order to standardize testing methodology, unlike the previous practice, where pilots usually had their personal methods and applied them.

The attempt remained only an attempt. However, due to the need to standardise the test criteria and to improve the knowledge in specific areas - aero dynamics, flight mechanics, test techniques and methodologies - for a better understanding of problems and easier communication among experts of different profiles from different fields, the first school for test pilots in the world was established. It was the "Empire Test Pilots School" in Boscombe Down, England, in 1943.

Training of test (Bilbija, 1986), (Bilbija, 1987) pilots and flight engineers fully proved its worth in the further development of aviation and aviation in general. A good example of this is testing the best aircraft climb rate, which is performed in a strictly straight linear flight, with the full power of the engine; it is the product of the aircraft power capabilities.

Also, testing aircraft at defined Mach numbers and high speeds requires appropriate attention and knowledge of testing methodology. In this kind of testing, in contrast to a spin, the airfoil and shape of the wings define in advance the potential of the aircraft, especially at transonic and supersonic speeds. (Milošević, 1981).

Reaching the speed of sound and a value slightly above it with a transonic plane (*NJ-22, "Eagle"*) (as shown in Figure 17), is performed at a steep angle of descent (30-45 degrees), with the full engine power. The starting height is typically 12,000 m. Thus, depending on the air temperature, (the speed of sound depends only on the air temperature) the speed of sound is reached. The height over 10,000 m is recommended for this.



Figure 17 – Orlan two-seater in which test pilot Branko Bilbija broke the sound barrier  
 Рисунок 17 – Двухместный «Орел», на котором летчик-испытатель Бранко Билбия преодолел звуковой барьер  
 Слика 17 – „Орало“ двосед којим је опитни пилот Бранко Билбија пробио звучни зид

In peace time, flying at supersonic speeds is done above 10,000 m, due to possible consequences on the ground caused by a shock wave when a plane flies faster than the speed of sound. A shock wave is presented in Figure 18, and its visual effect in Figure 19.

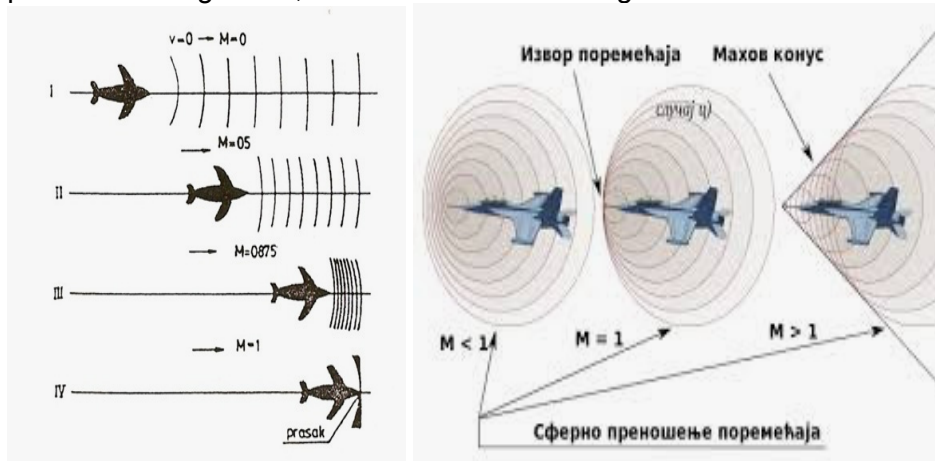


Figure 18 – Shock wave  
 Рисунок 18 – Изображение ударной волны  
 Слика 18 – Приказ ударног таласа

When an aircraft exceeds the speed of sound and enters the zone of supersonic speeds, it causes instant changes in the atmosphere around it. This can be sometimes clearly visible (Figure 19) when the air humidity is high. The change in air pressure in that moment is manifested as a bang on the ground. At that moment, the pilot in the cabin does not feel these changes – everything is silent, and only through instruments (altimeter, variometer and Machmeter), the pilot receives information that his speed is above  $M = 1$ . Speed reduction and transition to the subsonic zone, which is usually done in turn, creates a danger of a sudden increase in the load on the vertical axis due to the change in deflection and the efficiency of the control surfaces, thus affecting the condition of the pilot and the plane. Aircraft using a "fly by wire" control system do not have this problem. Special equipment for supersonic speeds and high altitudes restricts and complicates the work of pilots in each phase of the flight and requires a special training.



Figure 19 – Display of the visual effects for an aircraft passing  $Ma = 1$  "sound barrier "

Рисунок 19 – Изображение визуальных эффектов при прохождении самолета  $Ma = 1$  "стена звука "

Слика 19 – Приказ визуелног ефеката при проласку авиона  $Ma=1$  звучни зид

The aforementioned has pointed out the need for the specialization in certain stages of testing such as:

- Development testing – these are construction tests performed by pilots and teams of constructors - in this case, the design/-construction team was most often the VTI ( Military Technical Institute), Žarkovo, and tests were also carried out by the test pilots from the Test Pilots Center - VOC (today CLI). These are the tests performed by the designer/constructor to prove whether tactical and technical requirements are met. After successful development testing, a decision is made to move to the next stage.
- Verification testing - in the Test Center, to confirm/verify the test development, performed only by the experts and test pilots from the VOC. It is sometimes possible to include other experts – aircraft designers and manufacturers – for specific purposes.
- Tactical tests - for the needs of the tactical use, they are performed in particular Air Force units.
- Tests after the start of the aircraft series production and after performed checks in Overhauling Institutes (RZ), in a tactical unit during regular aircraft maintenance in a unit, done by test pilots trained in the VOC for that type of activity.

The testing process generally finishes in this moment although certain interventions are possible throughout the whole operational life of the aircraft.

## Conclusion

This paper, without going into detailed explanations (otherwise it would have been a lengthy work), intends to show to a layman reader what happened in aviation and what happens next.

One hundred years is a long time, but for aviation it is a very short and dynamic period in which it has developed by leaps and bounds. Designers, engineers, test experts, test pilots and many others are connected, like by Ariadne's thread, by the desire to progress and to achieve new goals. All participants are equally important.

As a final synergetic result, joint work leads to new products. There is no greater satisfaction than success!

## References

- Arhiv Vazduhoplovnog opitnog centra (VOC), 2016. Fotografije. Beograd.
- Bilbija, B. 1986. Program obuke opitnih pilota VOC-a. Beograd.
- Bilbija, B. 1987. Program obuke opitnih pilota VOC-a. Beograd.
- Bilbija, B. 1990. Narodna armija br.2669. Profesija opitni pilot. Beograd.
- Bilbija, B. 2014. AM 98, Opitni piloti. Beograd.
- Dimitrijević, B. 2003. Vazduhoplovni opitni centar 1933-2003. Beograd.
- Filipović, Z. 2012. Ispitno merna oprema. Beograd.
- Janić, Č., & Petrović, O. 2011. Kratka istorija avijacije u Srbiji. Beograd.
- Milošević, V. 1981. Program obuke opitnih pilota VOC-a. Beograd.
- Milošević, V. 1992. Teorija letenja. Beograd.
- Sredstva za ispitivanje aviona 2016. Beograd: Arhiv. Dokumentacija-VOC-a.
- Uputstva za teodolite i telemetriju VOC-a 1989. Beograd.

---

### ИСПЫТАНИЯ САМОЛЕТА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ, БЕЗОПАСНОСТИ И РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

*Бранко Б. Билбия*  
генерал в отставке, г. Белград, Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: авиация, военная авиация, испытания и исследования самолетов

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

#### *Резюме:*

*Авиация в целом, а в частности развитие конструкций самолетов, в течение короткого времени, начиная с 1903 года, в значительной степени расширили границы человеческой деятельности. Первые «воздухоплавательные снаряды» трудно было назвать безопасными, но вскоре самолеты стали решающим фактором в войнах и одним из самых надежных средств передвижения и связи между людьми по всему миру. Быстрое техническое и технологическое развитие нуждалось в специальной методологии. Массовое производство и применение летательных аппаратов выявили необходимость в стандартизации в области производства, испытаний и их внедрения в военно-боевую эксплуатацию, а также в коммерческую эксплуатацию в целях воздушных перевозок. Таким образом, на сегодняшний день испытания самолетов включают мультидисциплинарные методы, в применении которых*

задействована большая команда специалистов и экспертов, представляющих различные области науки и техники, а главным участником данной команды неминуемо является летчик-испытатель. Для нужд испытательных мероприятий специально разрабатывается контрольно-измерительное оборудование, а сами летчики проходят специальное обучение в центре по подготовке летчиков-испытателей.

Ключевые слова: испытания самолета, исследования, необходимость в испытаниях, военная авиация, аэродинамика самолета, контрольно-измерительные приборы, сверхскоростные камеры, телеметрия, теодолиты, штопор, звуковой барьер, летчик-испытатель.

---

## ИСПИТИВАЊЕ АВИОНА СА АСПЕКТА МЕТОДОЛОГИЈЕ, БЕЗБЕДНОСТИ И РАЗВОЈА ЛЕТЕЛИЦЕ

Бранко Б. Билбија  
генерал у пензији, Београд, Република Србија

ОБЛАСТ: ваздухопловство, ратно ваздухопловство, опитна истраживања  
ваздухоплова

ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

### Резиме:

*Ваздухопловство у целини, а пре свега авијација и авиони за кратко време, након 1903. године, увелико су померили границе људске делатности. Од „климавих” и небезбедних летећих справа, авион је постао решавајући фактор у ратовима и једно од поузданих средстава превоза и комуникације међу људима широм света. Брзи техничко-технолошки развој захтевао је и посебан приступ. Масовна производња и коришћење авиона изнедрили су потребу за стандардизацијом у производњи, испитивању и увођење у оперативну употребу борбених авиона, као и увођење авиона за потребе ваздушног саобраћаја. Испитивање авиона данас је више дисциплинарна истраживачка активност великог броја стручњака из различитих области, међу којима је опитни пилот незаобилазни члан. Ради тога се испитно-мерна опрема (ИМО) посебно дизајнира, а опитни пилоти обучавају у специјализованим школама за опитне пилоте.*

Кључне речи: испитивање ваздухоплова, опитна истраживања, нужност испитивања, ратно ваздухопловство, аеродинамика авиона, испитно-мерна опрема, ултра брзе камере, телеметрија, теодолити, ковит, звучни зид, опитни пилот.

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 12.11.2016.  
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /  
Датум достављања исправки рукописа: 25.12.2016.  
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум  
коначног прихватања чланка за објављивање: 27.12.2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the  
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military  
Technical Courier» (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и  
распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons»  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у  
складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



## RESEARCH OF THE EFFECTS OF SHOCK AND VIBRATIONS ON THE HUMAN BODY

Zoran C. Petrović

Serbian Armed Forces, AF and AD, 204th Aviation Brigade, Batajnica, Republic of Serbia

e-mail: pzoran.pele@gmail.com,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0001-8053-4034>

DOI: 10.5937/vojtehg65-8870

FIELD: Mechanics, Mechanical Engineering

ARTICLE TYPE: Review Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

### Summary:

*There is very little reliable information about the forces needed to cause injury to the human body. Namely, it is very difficult to obtain reliable reports about the influence of mechanical forces and the subjective reaction to these forces, mainly due to the complexity and diversity of the human body in both physical and behavioral aspects. The need for the study of physical, physiological and psychological reactions of living beings in a laboratory, under controlled conditions, has led to the development and use of specialized devices for the simulation of impact and vibrations in order to carry out experiments on humans and animals. "Anthropometric" or "anthropomorphic" dummies that simulate the basic static and dynamic properties of the human body are widely used in the study of plane and car crashes. Thus, for example, a Hybrid III dummy is used in case of a frontal crash of the car. Various research works about automotive and aviation accidents as well as experiments with both dummies and living beings show that full support to the body and limiting the movement of the limbs provide maximum protection from the forces of acceleration.*

*Key words: anthropometric dummy, crash, human body, vibration, shock, aircraft, accident, automobile.*

## Introduction

The man, as a mechanical system, is extremely complex and his mechanical properties are often subject to change. There is very little reliable information about the forces needed to cause injury to the human



body. To avoid injuries to humans when collecting such data for the examination of mechanical damage, it is necessary to carry out experiments on animals. However, resulting data must be subjected to detailed examination to determine the extent of their applicability to humans that differ from animals not only in size but also in their anatomical and physiological structures. It is occasionally possible to obtain useful information from situations involving accidental injuries to the man; however, while injuries can often be assessed, the forces that cause such injuries cannot, so data thus obtained are rarely useful. It is also difficult to obtain reliable data on the effects of mechanical forces on various actions and subjective reactions to these forces, mainly due to a wide variation of human beings both in physical terms and in terms of their behavior. Measurements of some of the mechanical properties of the man are, however, often possible because they require only weak forces.

## Definitions and characterization of forces

Forces can reach the body through gas, liquid or solid materials. They may be diffuse or concentrated in a small area. They can vary from tangential to normal, and can operate in several directions. The shape of the solid body that violates the surface of the human body is also important, as well as the position and shape of the human body. All these factors must be taken into account when considering injuries that arise from vehicle collisions, explosions, vibrations, etc. Laboratory studies often allow a fairly precise control of forces, but real situations are much more complex. Therefore, it is often very difficult to predict what will happen in a real situation on the basis of laboratory studies. Also, it is difficult to consider terrain studies without the help of laboratory studies.

The term "shock" is used in biology and medicine differently than in mechanics. Therefore, one should be careful when using this term. In this paper, the term "shock" is used in its "engineering" meaning. In essence, forces that reach the maximum value for less than a few tenths of a second and last no more than a few seconds can be considered as forces that cause a shock in the human body.

The term "impact" refers to the force applied when the human body comes into a sudden contact with a solid body and when there is a large transmission of pulses, e.g. when speed is sharply reduced in a vehicle crash or when a solid body that moves at high speed slams into the human body (Harris, Piersol, 1988).

## Methods and instrumentation

Most quantitative research works on the effects of shock and vibration on humans are performed in a laboratory under controlled simulated conditions. Significant results from these tests can be obtained only if the methods of measurement and instrumentation are adapted to the specific characteristics of biological systems under study in order to avoid the influence of the measurement on the behavior of the system. The behavior of the system can be seen in the physical, physiological and psychological sense, although these parameters, if possible, should be studied separately. The complexity of living organisms makes such consideration, even if it is assumed that the parameters are independent, only approximately accurate at best. In many cases, if not taking care while planning and leading experiments, an uncontrolled interaction of these parameters can lead to completely erroneous results. For example, the dynamic elasticity of the tissue of a specific part of the body may depend on simultaneously excited vibrations of the other parts of the body, or elasticity can be varied during measurements since the physiological response of a living organism varies, or elasticity can be influenced by psychological reactions of the living organism to the test itself or to the measurement equipment.

Control and compensation for nonuniformity of living systems is very important because of variations in size, shape, sensitivity and response of people since these factors can vary for an individual, depending on the weather, experience and motivation. Using a proper experiment project is necessary and almost always requires a large number of observations and planned controls (Harris, Piersol, 1988).

### *Simulation of mechanical environment*

The desire to study the physical, physiological and psychological reactions of living creatures in a laboratory under well-controlled conditions has led to the use of standard and specialized devices for shock and vibration experiments on humans and animals. Some of the devices used in such tests are given in Figure 1 (Harris, Piersol, 1988).

A precise simulation of environmental conditions a man is exposed to is often not feasible for technical and economic reasons, or may even be undesirable because of the need for more systematic research under slightly simplified terms. Therefore, most studies have been limited to the study of one degree of freedom in which the man is exposed to vibrations in one direction only. For this purpose, mechanical and electrodynamic

vibration testing tables are often used. The conditions to be satisfied by all the devices for shock (impact) and vibration testing are: adequate protective measures, secure and precise exposure control and payload equal to the total weight of the subject, seats and instrumentation.

One vertical accelerator, for example, simulates large amplitude sinusoid or random vibrations such as those encountered in accidents during high-speed flight at low altitude, or those expected in the launch and return phases of spacecraft. This device can be programmed to record acceleration achieved in real flight conditions.




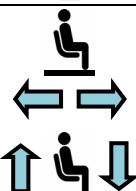


Type of machine	Application of force	Frequency range	Maximum amplitude
<b>Shake table</b> (Figure 2)		mechanical 0-50 Hz	acceleration up to 15 g
		electrodynamic 15-1.000 Hz	
<b>Vertical accelerator</b> (Figure 3)		0-10 Hz	displacement $\pm 3$ m acceleration 3,7g
<b>Shock machine</b>		Down to T=0,16 s	$10^{-2}$ do $10^{-1}$ cm
<b>Horizontal or vertical decelerator or accelerator</b> (Figure 4)		Rate of acceleration up to 1.400 g/s	40g peak
<b>Siren (airborne sound)</b>		25-100.000 Hz	noise 160-170 dB
<b>Head impact machine for a dummy</b> (Figure 6)		Depending on the machine	Impact velocity 43 m/s

Figure 1 – Summary of the characteristics of shock - impact and vibration machines used for experiments on humans and animals (Frequency range and maximum amplitudes refer to the values used, not to the capabilities of such machines)

Рис. 1 – Обзор характеристик устройства для измерения ударов и вибраций, применяемых в экспериментах с участием людей и животных (диапазон частот и колебаний, относятся к используемым значениям, а не к возможностям устройства)  
Слика 1 – Преглед карактеристика уређаја за шок-удар и вибрације које се користе за експерименте са људима и животињама (распон фреквенција и максималне амплитуде односе се на коришћене вредности, а не на могућности машина)

Other machines for the study of the sensitivity threshold in the man ejected from an aircraft moving at high speed (ejection seat) have straps for upward or downward acceleration on movable seats with explosive charges.

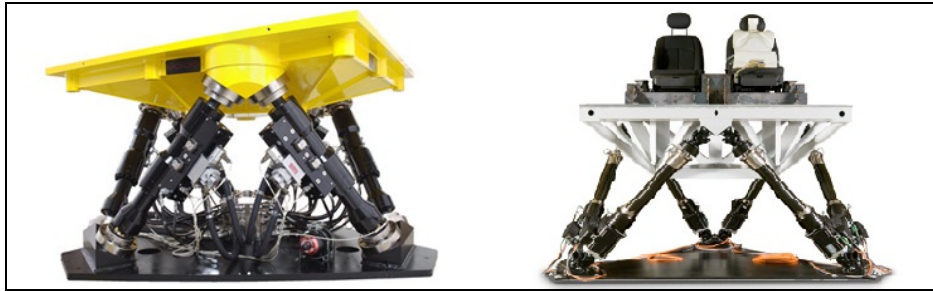


Figure 2 – Shake tables: hydraulic – left, electric – right

Рис. 2 – Вибростол : гидравлический – слева; электрический - справа

Слика 2 – Вибрациони столови: хидраулички – слика лево, електрични – слика десно

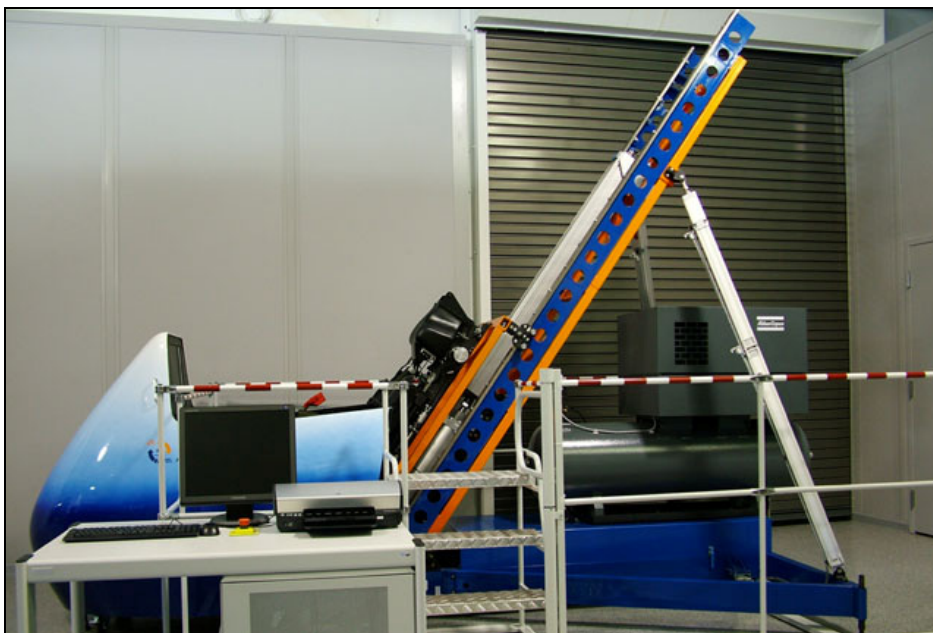


Figure 3 – Ejection seat trainer

Рис. 3 – Симуляционное катапультируемое кресло

Слика 3 – Симулатор избацивог седишта

Horizontal straps with rocket sleds that can be stopped by special mechanisms are used to study the effects of line speed reduction, similar to those that occur in car or aircraft accidents (Harris, Piersol, 1988).



*Figure 4 – Martin Baker Eurofighter rocket sled*

*Рис. 4 – Ракетные сани Мартин Бейкер для моделирования разгона самолета Eurofighter*

*Слика 4 – Ракетне санке Martin Baker за симулацију убрзања на авиону Eurofighter*

Studies involving a combination of acceleration and vibrations are carried out by mounting an oscillator on the centrifuge. Exhaust pipes, sirens and respirators are used to study the reaction of the body to the distribution of pressure around it.

### *Simulation of the human body*

Determining the sensitivity threshold in humans to mechanical forces and explaining injuries that occur when these limits are exceeded often require experimenting at various levels of potential hazards. In order to avoid unnecessary risks to humans, animals were used first for detailed physiological studies. These studies have resulted in determining the levels which are, with reasonable probability, safe for humans. However, these comparative experiments have obvious limitations. Different structures, sizes and weights of most animals move their curve of the threshold of sensitivity to mechanical forces into other frequency bands, different from those observed in humans. Both generally and partly known physiological differences between species should be taken into account. For example, the natural frequency of the thorax-abdomen system of a human subject is between 3 and 4 Hz, while in mice the same resonance occurs between 18 and 25 Hz. Accordingly, the maximum effect and maximum damage occur at different frequencies of vibration and different models of shock time in mice and in humans. Dogs, pigs and primates are used in large numbers in these tests (Harris, Piersol, 2002).

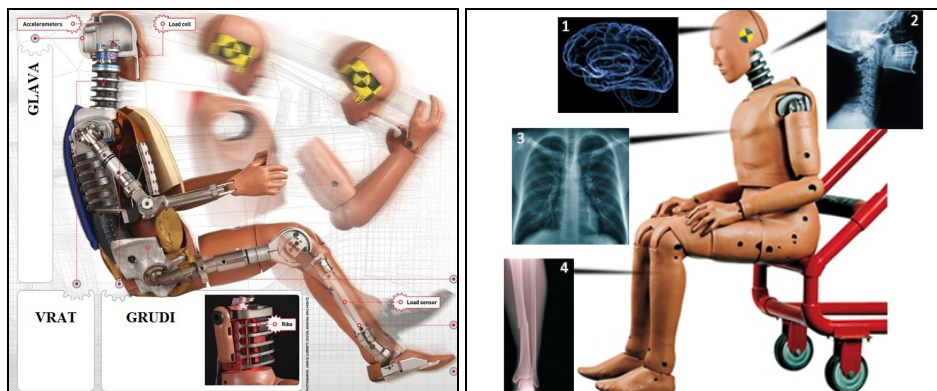


Figure 5 – Hybrid III dummy - doll designed for use in frontal motor vehicle crash tests

Рис. 5 – Hybrid III dummy – антропометрический манекен для краш-тестов на лобовое столкновение

Слика 5 – Hybrid III dummy – lutka намењена за употребу у тестовима чеоног судара моторних возила

A lot of kinetic processes, physical load, and total destructive anatomical effects can be studied on dummies similar to people in size, shape, mobility, overall weight and weight distribution in the body. Unlike those used only for the purposes of load testing, dummies that simulate the basic static and dynamic properties of the human body are called "anthropometric" or "anthropomorphic" dummies. They are widely used in the study of plane and car crashes (North Atlantic Treaty Organization, 1996).

In the case of a frontal car crash, a Hybrid III dummy is used, which has become the standard in North America and Europe to simulate the behavior of passengers in crash tests and safety-related tests (Figures 5 and 7). The original dummy is designed to match 50% of the population of North American men. It has a metal "skeleton" covered with vinyl leather and wool, with a rubber lumbar spine which can bend to mimic the seated position and a shoulder structure capable of withstanding the load of a seat belt. In other studies, dummies are used instead humans for the evaluation of protective seats and belts. An attempt was made to achieve the same "elasticity" of the human tissue by applying some kind of filling in such dummies. However, these are rough simulations at best, and their dynamic properties are generally, if at all, only reasonably coordinated in a very narrow range of low frequencies. This feature, together with the passivity of these dummies, makes an important mechanical difference between them and the humans.

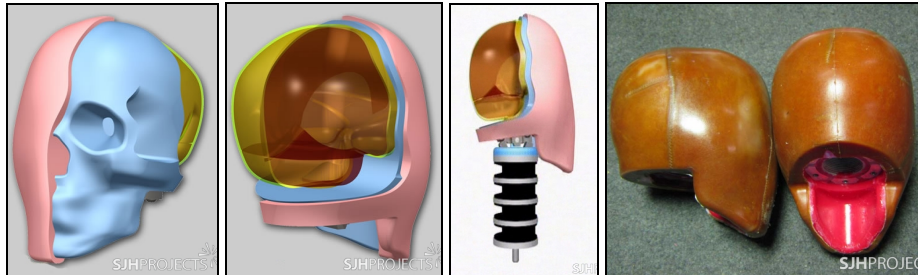


Figure 6 – Frangible Surrogate Headform: a) front view, b) view from behind, c) head on the neck of the Hybrid III dummy, d) Completed Frangible Surrogate Headform

Рис. 6 – Голова антропометрического манекена: а) вид спереди, б) вид сзади, в) голова на шее Hybrid III dummy, д) общий вид головы антропометрического манекена

Слика 6 – Ломљива сурогат глава: а) поглед спреда, б) поглед отпозади, в) глава на врату Hybrid III dummy, д) коначни облик ломљиве сурогат главе

Efforts have been made to simulate the mechanical properties of the human head in order to study the physical phenomena that occur in the brain in crash conditions. Although these forms only look like the human head, they are very useful in assessing the protective characteristics of helmets during crash conditions. Plastic heads, adapted to the standard dimensions of the head, are designed to "burst" under the same energy under which a human head "bursts". They are made of skulls and simulated brain mass (a mixture of glycerin, ethylene glycol, etc.). The static properties of the skin and the tissue of the scalp are simulated by polyvinyl foam (Harris, Piersol, 2002).

The SKJH Project - Blast Protection Specialists company produces surrogate human body parts, such as the lower limbs and heads, for explosive and ballistic testings. Figure 6 shows a frangible surrogate head (frangible Surrogate Headform - FSH), made by NATO technology under the influence of ballistic and forensic investigations conducted by the Discovery Channel about the assassination of President Kennedy. The different layers of the head are modelled in one unit that simulates the human skull ([www.sjhprojects.com](http://www.sjhprojects.com)).



Figure 7 – Simulation of occupants in crash tests and tests of safety belts  
 Рис. 7 – Моделирование поведения пассажиров в краш-тестах и при испытаниях ремня безопасности  
 Слика 7 – Симулирање понашања путника у тестовима удеса и тестовима безбедности система за заустављање

The International Organization for improving safety in motor sport - FIA Institute, together with its partners, has developed a neck for hybrid dummies to be used in crash tests in order to better present injuries that occur in racing car drivers. The advantage of this neck is a possibility of its elongation ([www.aimss.com.au](http://www.aimss.com.au)).



Figure 8 – Neck for crash-test dummies  
 Рис. 8 – Шея манекенов, используемых в дорожно-транспортных краш-тестах  
 Слика 8 – Врат за лутке које се користе при тестирању саобраћајних несрећа





Figure 9 – Crash-test of a helicopter MD-500 with a crew of four anthropometric dummies - Hybrid III dummies

Рис. 9 – Краш-тест вертолета MD-500 с экипажем из четырех антропометрических Hybrid III манекенов

Слика 9 – Тестирање удеса хеликоптера МД-500 са посадом од четири антропометричке лутке Hybrid III dummy

### Physical characteristics of the human body

Simple mechanical systems such as the one shown in Figure 10 for a standing man are often sufficient to describe and understand the important features of the reactions of the human body to low-frequency vibrations.

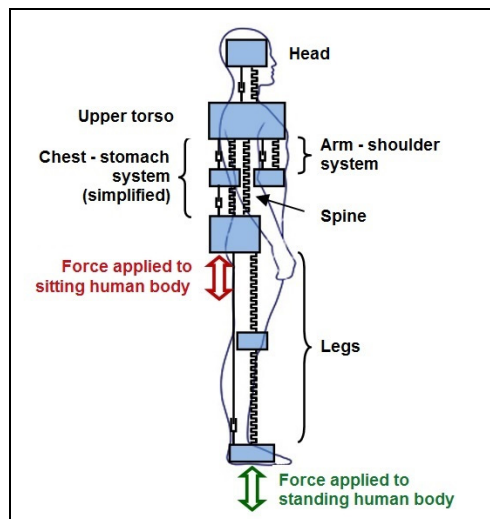


Figure 10 – Simplified mechanical system representing the human body

Рис. 10 – Упрощенная механическая система человеческого организма

Слика 10 – Поједностављени механички систем људског тела

## Protection against sudden acceleration

Various studies about car and plane accidents involving experiments with dummies as well as those with living beings show that the full support of the body and limiting the movement of the limbs provide maximum protection from the forces of acceleration and give the best chances of survival. If the subject is restrained in the seat, he is protected from moving around which would cause injuries, because the subject could come into contact with the inner surfaces of the cabin. The load due to the reduction rate should be distributed over the whole body in order to avoid the concentration of forces which leads to bending and shearing effects. The load should be transferred as directly as possible to the skeleton, to the pelvic structure most preferably - not via the spine. Theoretically, a rigid layer around the body will protect it to the maximum by preventing deformation. A body fixed to a rigid seat approximates such a condition; opposing to longitudinal acceleration, a part of the load on the shoulders and arms is shifted from the spinal column to the seat back. Arm rests can remove the load from the shoulders to the arms.

There have been many attempts to incorporate energy absorbing devices, either into harnesses or into a seat, with the intention to change the time of acceleration so as to limit the greatest acceleration. For example, imagine an aircraft stopped in the event of a crash at a speed of 161km/h at a distance of 17m - it is subjected to a deceleration of 67g. An energy-absorbing device designed to be stretched to 17g would require a displacement of 48 cm. While traveling over this distance, the body or the seat would be, in relation to the aircraft, slowing by a force of 14.4g and would have a top speed of 11m/s, depending on the structure of the aircraft. At this speed, a human head strikes a surface (e.g. cabin interior) by force many times stronger than the minimum required to cause fracture of the skull. Therefore, this principle of energy absorption requires that special attention be paid to the available space for the seat and passengers in the aircraft design. Seats for jet aircraft are designed to have mechanisms for the absorption of energy in the form of rear retractable legs. The maximum displacement of such seats is 15 cm. Such seats are designed to start moving between 9g and 12g of horizontal load, depending on the floor strength. During displacement, the legs are moving at the floor level which is considered useful if the floor wrinkles in a crash. Theoretically, such a seat can be exposed to a deceleration of 30 g for 0.037 s or 20 g for 0.067 s without transmitting deceleration over 9 g to the seat itself. However, increasing the exposure time must be taken into consideration as much as the maximum acceleration. Figure 11 shows a

seat composed of U-shaped front and rear leg members joined in an X-shaped configuration, which allows their controlled deformation in a crash situation, i.e. they bend forwards thus lowering the centre of gravity ([www.google.com/patents/ep0256749a2](http://www.google.com/patents/ep0256749a2)).

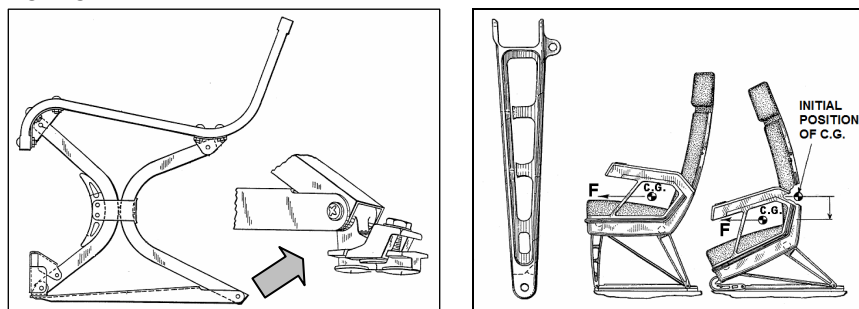


Figure 11 – Seats with energy-absorbing mechanisms

Рис. 11 – Сидења с механизми  
поглаћајућими енергију удара

Слика 11 – Седишта са механизмима за апсорпцију енергије

Another way to absorb energy is the plastic deformation of the front seat legs (Figure 11), when the seat moves forwards and downwards thus lowering the center of gravity ([www.google.com/patents/us4440441](http://www.google.com/patents/us4440441)).

Considering that the human body with good support has a high sensitivity threshold to deceleration force, seats and floors in aircraft and other vehicles, including the entire interior that surrounds the crew and passengers, should be designed to withstand deceleration in a crash of nearly 40g, depending on weight and space limitations. Parts of the structures that surround the cabin should be arranged so that their crushing or mashing reduces forces that act on the inside. Any pointed objects or easily loosened objects inside the aircraft should be avoided. To obtain the best chance of survival, seats should be exposed to a dynamic load of pressure of 20g-40g. The Civil Aviation Regulations require a minimum static load of 9g. The method for assessing seat shock-resistance at sudden decelerations of the aircraft, with the survival of passengers or the crew, can also be applied in the case of seats of conventional design. It was found out that a passenger facing opposite to the direction of motion is more likely to survive sudden deceleration in a crash since in this case the impact force is more evenly distributed on the body. Neck injuries must be prevented by proper head supports. As opposed to the driving on a train or in a car, driving disadvantages in this position on a plane are minimal because there is no movement of objects in the direct field of view of passengers, which could hurt him. Also, with

seats facing backwards, the center of passenger support during deceleration is approximately 30 cm above the point where the seat belt would be attached for forward facing travelers. It follows that the seat facing backwards is subject to a greater tilting and bending, i.e. if two seats are of the same weight, the one facing the direction of motion will withstand higher loads without breaking in a crash. The seat facing the opposite direction will have only approximately half of the anticipated strength of a seat facing the direction of motion and about 1/3 of its own frequency (Harris, Piersol, 2002).

Safety increase in aircraft and automobile crashes can be achieved by spreading the load of impact over a larger area of the body and fixing the body more rigidly to the seat. Shoulder belts, thigh belts, chest belts and arm holders are additional support for the body as shown in Figure 12. In airplane crashes, vertical and horizontal loads must be anticipated, while in car accidents horizontal loads are most likely to occur.

Safety belts or seats are used to limit the displacement of people in aircraft or vehicles and to prevent overturning of passengers on board or their falling out. Their effectiveness has been repeatedly proven in laboratory tests and actual crashes.

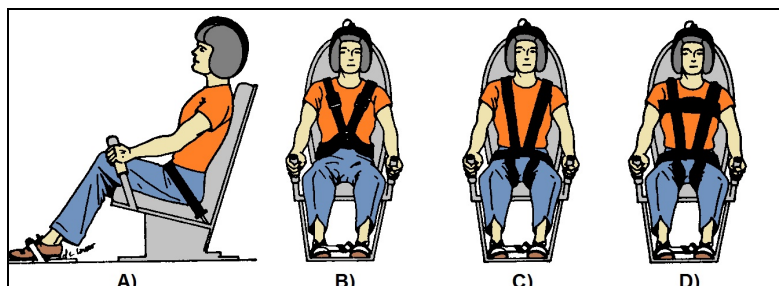


Figure 12 – Protective harnesses for rapid accelerations or decelerations. The following devices were evaluated in sled deceleration tests: (A) Seat belt for automobiles and commercial aviation (B) Standard military lap and shoulder strap (C) Like (B) but with thigh straps added to prevent head-ward rotation of the lap strap (D) Like (C) but with chest strap added

Рис. 12 – Защитные системы на случай внезапного разгона или замедления.

Следующие устройства прошли испытания внезапного замедления:

А) автомобильные и авиационные ремни безопасности, В) Стандартная военная Ременно-Плечевая Система: ремень через плечо, С) аналогично В), с дополнительными ремнями по бедрам D) аналогично С) с дополнительным ремнем через грудь.

Слика 12 – Заштитни системи за нагло убрзавање или смањење брзине. Следећи уређаји процењени су у тестовима са успоравајућим санкама: А) сигурносни појас за аутомобиле и комерцијалну авијацију, Б) стандардни војни систем појаса са каишевима преко рамена, Ц) попут Б) али са појасевима преко бутина, Д) попут Ц) али са додатим каишом преко груди

In a sudden decrease of speed, a traveler facing the direction of motion and wearing a seatbelt comes into contact with the inner surfaces of aircraft or vehicle; his hands, feet and upper torso bend forwards until his chest hits his knees or until the body is stopped by hitting other objects (back of the seat in front, cabin wall, dashboard, steering wheel, gear stick, Figures 13 and 14). Since reducing the longitudinal acceleration from 18 g to 15 g may result in 3 times higher acceleration of the chest hitting the knees, this load seems to be a limit that the human body can tolerate with a seat belt alone. Approximately the same limit is obtained when the head-neck structure is considered.

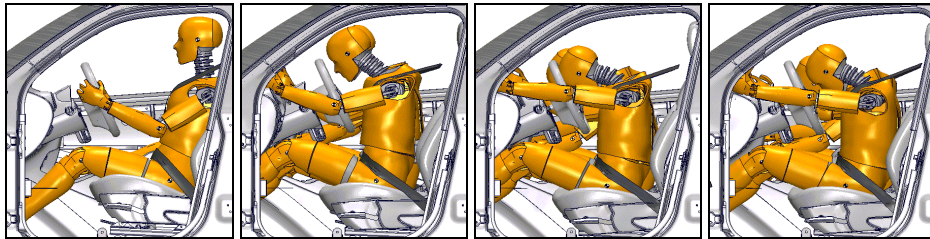


Figure 13 – Animation of a frontal impact test  
 Рус. 13 – Анимация лобового столкновения  
 Слика 13 – Анимација чеоног судара

The efficiency of adequately made shoulder and chest belts in car crashes is shown in Figure 14. The belt across the upper part of the stomach should be tight just enough to provide comfort without being loose. When the body moves forwards, about 60% of its mass is retained by the belt and it represents the belt load. If the upper torso is fixed to the back of the seat by any type of harnesses (shoulder harness, chest belt and the like), the seat load is approximately the same for the front seats and the ones behind them. As far as the threshold of sensitivity of the body in a crash is concerned, there is no difference between these seats. These body restraints for passengers and crews must be applied without creating excessive discomfort.

Airbags in front of the driver, and often the front passenger, which inflate in the event of a frontal crash, have been installed in most vehicles during the last ten years. While initially considered as an alternative for passive seatbelts in case passengers do not wear them, airbags are today most useful when used together with shoulder and chest safety belts. The device in the airbag system contains impact sensors, set at the front of the vehicle. They send signals about speed changes to the control device; changes over 22 km/h cause a pyrotechnic reaction in which a generated gas inflates a bag of porous fabric, usually at 25 m/s, so that the bag inflates enough to distribute the deceleration forces over a large surface

area on contact with the occupant. Accident data collected between 1990 and 1997 in the United States have shown that while airbags do save lives (about 2,620 people), they were also responsible for the deaths of at least 44 children and 36 adults during this period (Phen et al, 1998). Most of the deaths have been attributed to the size and position of the passenger at the time of impact with the airbag. If a passenger is not fixed by the seat belt, the airbag may impact the occupant with sufficient force to cause fatal injuries (Harris, Piersol, 2002).


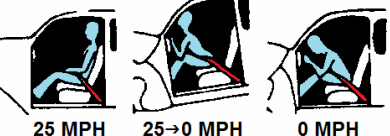
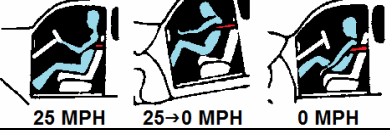
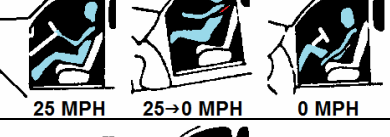

<p><b>No motorist restraining device</b> - PASSENGER - <b>Probable FATALITY</b></p>	 <p>25 MPH    25→0 MPH    0 MPH</p>	<p><i>Front seat, passenger side, viewed from driver's side.</i></p>
<p><b>Lap belt</b> - PASSENGER - <b>Probable FATALITY</b></p>	 <p>25 MPH    25→0 MPH    0 MPH</p>	<p><i>Front seat, passenger side, viewed from driver's side.</i></p>
<p><b>Chest belt</b> - DRIVER - <b>SURVIVED</b></p>	 <p>25 MPH    25→0 MPH    0 MPH</p>	<p><i>Front portion of the car collapses, the steering column remains relatively intact, the driver continues to move forwards and hits the steering wheel.</i></p>
<p><b>Shoulder belt</b> - DRIVER - <b>SURVIVED</b></p>	 <p>25 MPH    25→0 MPH    0 MPH</p>	<p><i>An action similar to the chest belt except that the driver does not strike the steering wheel.</i></p>
<p><b>Shoulder and lap belt combination</b> - DRIVER - <b>SURVIVED</b></p>	 <p>25 MPH    25→0 MPH    0 MPH</p>	<p><i>The belt system under barrier impact conditions restrains the dummy from striking any part of the car interior.</i></p>

Figure 14 – Effects of varying safety-belt arrangements on the driver and the passenger in a 25-mph automobile collision with a fixed barrier (40 km/h).

Рис. 14 – Эффект различных систем ремней безопасности на безопасность водителя и пассажиров при наезде автомобиля на неподвижный стационарный объект на скорости 25 mph (40 км/ч)

Слика 14 – Утицај различитих система сигурносних појасева на возача и сувозача приликом судара аутомобила са фиксном препреком при брзини од 25 mph (40 km/h).

The dynamic properties of seat cushions are extremely important if acceleration force is applied through the cushion to the body. This problem is especially studied for cushions used in ejection seats. The seat cushion is almost ideal if, during its compression under static load, it spreads the load uniformly over a wide area of the body and if it compresses almost completely under the average weight. Slow-reacting plastic foam such as honeycomb polyurethane foam of a thickness of  $5 \div 6.5$  cm meets these requirements.

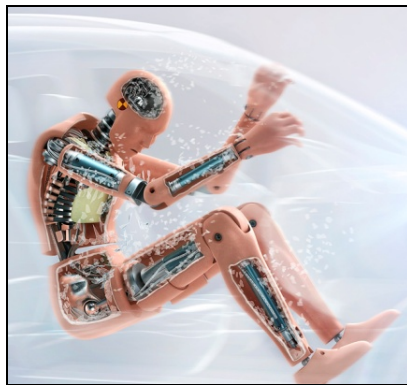


Figure 15 – Hybrid III dummy  
Рис. 15 – Hybrid III dummy  
Слика 15 – Hybrid III dummy

Body acceleration just before impact is an important factor of the threshold of the sensitivity of the human body on impact. The so-called dynamic overload consists of an imposed acceleration which precedes or occurs simultaneously and in the same direction with the impact acceleration. For example, dynamic overload occurs when the driver brakes the car before it hits a barrier. Experiments show that this phenomenon reduces the acceleration of body parts at impact, and therefore potentially reduces adverse health effects. Dynamic load should not be confused with static load originating from seatbelts.

## Conclusion

The mechanical properties of the man as a very complex mechanical system are often subject to change. The existing knowledge about the minimum forces that can cause injury to the human body is incomplete and inaccurate. Most of the quantitative research on the effect of impact and

vibration on humans is conducted in laboratories under controlled simulated conditions. The need for the study of physical, physiological and psychological reactions of living beings in laboratories, under controlled conditions, has led to the development and use of specialized devices for a simulation of impact and vibration in order to carry out experiments on humans and animals.

Many kinematic processes, physical load, and destructive anatomical effects can be studied on dummies which approximate a human being in size, form, mobility, total weight, and weight distribution in body segments. "Anthropometric" or "anthropomorphic" dummies simulate the basic static and dynamic properties of the human body, as opposed to those that are used only for load tests. These dummies are widely used in the study of plane and car crashes. For specific simulations, several types of these dummies have been designed. For example, the Hybrid III dummy is used in studies of frontal car crashes to simulate the behavior of passengers.

Finally, the results of research of automotive and aviation accidents, as well as experiments with dummies, have shown that adequate support for the body and limiting the movement of the limbs provide maximum protection from the forces of acceleration and give the best chance of survival.

### *References*

Energy absorbing aircraft seat frame structure. Retrieved from [www.google.com/patents/EP0256749A2](http://www.google.com/patents/EP0256749A2)

Energy attenuating seat and leg therefor. Retrieved from [www.google.com/patents/US4440441](http://www.google.com/patents/US4440441)

Harris, C.M., & Piersol, A.G. 1988. Harris' shock and vibration handbook, 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book Company.

Harris, C.M., & Piersol, A.G. 2002. Harris' shock and vibration handbook, 5th ed. New York: McGraw-Hill.

North Atlantic Treaty Organization. 1996. Anthropomorphic Dummies for Crash and Escape System Testing AGARD-AR-330. Neuilly Sur Seine, France.

Phen, R.L., Dowdy, M.W., Ebbeler, D.H., Kim, E.H., Moore, N.R., and VanZandt, T.R., 1998. Advanced Air Bag Technology Assessment—Final Report, JPL Publications 98-3, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, Calif.

[www.sjhprojects.com](http://www.sjhprojects.com)

[www.aimss.com.au](http://www.aimss.com.au)



---

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УДАРОВ И ВИБРАЦИЙ НА ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ОРГАНИЗМ

Зоран Ц. Петрович

Вооруженные силы Республики Сербия, РВ ПВО, 204-ая военно-воздушная бригада, Батайница, Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: машиностроение, механика

ВИД СТАТЬИ: обзорная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

### Резюме:

*На сегодняшний день имеется недостаточно достоверной информации о силах, которые приводят к различным травмам пассажиров. В частности, трудно получить достоверные данные о влиянии механических сил и о субъективной реакции на эти силы, в основном из-за широкого разнообразия человеческого организма, как в физическом смысле, так и в отношении их реакции. Необходимость лабораторного изучения физических, физиологических и психологических реакций живых существ в контролируемых условиях способствовала развитию и применению широкого спектра специализированных устройств для моделирования ударов, столкновений и вибраций, используемых в экспериментах на людях и животных. Антропометрические или антропоморфные манекены, имитирующие основные статические и динамические качества человеческого тела, широко используются в исследованиях авиационных и автомобильных аварий. Так, например, гибридный манекен, Hybrid III dummy, употребляют в случае лобового столкновения автомобилей. Разнообразные исследования автомобильных и авиационных аварий, а также опыты с манекенами и живыми существами показывают, что устойчивое фиксированное положение тела и ограничение подвижности конечностей обеспечивают максимальную защиту от силы разгона и дают большие шансы на выживание.*

Ключевые слова: антропометрический манекен, авария, человеческое тело, вибрации, столкновение, самолет, несчастный случай, автомобиль.

---

## ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА УДАРА И ВИБРАЦИЈА НА ЉУДСКО ТЕЛО

Зоран Ц. Петровић  
Војска Србије, РВ и ПВО, 204. ваздухопловна бригада, Батајница,  
Република Србија

ОБЛАСТ: механика, машинство  
ВРСТА ЧЛАНКА: прегледни чланак  
ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

### Сажетак:

*О силама које су потребне да изазову повреде на људском телу постоји врло мало поузданих информација. Наиме, веома је тешко доћи до поузданих података о утицају механичких сила и о субјективној реакцији на ове силе, углавном због комплексности и разноликости људског тела, како у физичком смислу, тако и у погледу понашања. Потреба за проучавањем физичких, физиолошких и психолошких реакција живих бића у лабораторији, под контролисаним условима, довела је до развоја и употребе широког спектра специјализованих уређаја за симулацију удара и вибрација за експерименте на људима и животињама. „Антропометричке” или „антропоморфне” лутке, које симулирају основне статичке и динамичке особине људског тела, увелико се користе у истраживању авионских и аутомобилских несрећа. Тако, на пример, хибридна лутка, Hybrid III дитту, користи се у случају чеоног аутомобилског судара. Разна истраживања аутомобилских и ваздухопловних незгода, као и експерименти са луткама и живим бићима, показују да потпуна потпора тела и ограничење кретања екстремитета обезбеђују максималну заштиту од сила убрзања.*

*Кључне речи: антропометричка лутка, удес, људско тело, вибрације, удар, авион, несрећа, аутомобил.*

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 18. 08. 2015.  
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /  
Датум достављања исправки рукописа: 28. 03. 2016.  
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум  
коначног прихватања чланка за објављивање: 01. 04. 2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, vtg.mo.yup.srb). This article is an open access article distributed under the  
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier» ([www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons» (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier ([www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



# TRANSLATION OF PART MARKING CODES IN DIFFERENT SYSTEMS

Saša M. Petrović

Serbian Armed Forces, General Staff, Department for Logistics,  
Belgrade, Republic of Serbia

e-mail: saskop@eunet.rs,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0002-7579-1965>

FIELD: Logistics

ARTICLE TYPE: Review Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

DOI: 10.5937/vojtehg65-8584

## *Abstract:*

*Marking of products using defined codes is common practice. Products are designated by producers, traders and consumers. In the case when there is a need for the supply or exchange of products between two different systems, there is a problem of mutual communication. The problem can be solved on a case-by-case basis or systematically, by introducing a new labeling system. Any introduction of new labeling systems is a costly and lengthy process. Thanks to modern software tools, the problem can be overcome in real time, which is an affordable solution, economically and logistically. This paper considers a possibility of the translation of labeling of spare parts in different marking systems.*

*Key words: part marking, interoperability, codification.*

## Introduction

Marking products and services in accordance with standardized conventions is a requirement for easy and effective communication between manufacturers, traders, companies and organizations. The purpose of product codification systems is to efficiently manage inventory and business processes, define required procurement and contracting, as well as offer the overall logistical support.

When there is a need to identify products or services between two or more different codification systems, there is a problem of finding a fast and efficient response, especially when dealing with a large number of different products. Depending on needs, we can talk about recognizing a class of

related products of the same type or about unique identification of specific products.

For the purpose of maintenance of technical systems, a codification system should respond to the most important customer requirements such as: what are the relations between all parts and the supplies, their components or larger systems to which they are incorporated; whether there is interchangeability of parts; whether there are national or international customers and, if yes, who they are; and where required parts can be purchased.

Specific issues of the maintenance function in the Serbian Army regarding product codification have grown in numbers recently, primarily due to the absence of former manufacturers of various technical systems, due to the inability to procure some products caused by the abandonment of certain technologies, and due to the introduction of small series of a wide range of different imported equipment which requires spare parts for its maintenance. A particular problem in product codification has occurred because of the engagement of our forces in multinational operations when it is necessary to procure spare parts in the local market. In Serbia only, there are different marking systems, so, for example, in the system of the Army of Serbia, the numerical group code for paint is 6820 (out of 12 digits), it is 2420 (out of 8 digits) according to the general vocabulary of public procurement of the Public Procurement Office, and according to the customs regulations it is 3208 (out of 10 digits).

Therefore, the question is: do we really need a new codification system and, if yes, for which existing equipment? We are convinced we do, for products that are active, used not only in the Army of Serbia but also in other armies, and which are completely or partly compatible with other systems. This paper presents an approach to the introduction of interoperability between different codification systems.

## Part marking in different systems

When a spare part is needed and cannot be found in the stock, it is necessary to procure it in the market, local or international, or to obtain it from some other storage system which has stocks. Every time it is necessary to describe the part in a manner that clearly defines the required product.

The Serbian Army logistics system uses 12-digit codes for any product description and cataloging, including spare parts. This code is a short description of the product. The attributes connected to the code are:

name, manufacturer, original equipment manufacturer (OEM) code, and others. This code is structured. The first four digits indicate a broader context of the product. This system of marking is suitable only in Serbia. Only few mentioned attributes may be useful for international exchange. When spare part purchases are made, a problem arises: some products cannot be identified, so products are described by technical drawings, schemes, photos, etc. instead of using a simple numerical code.

The fact is that these products are sooner or later fully identified. With a good recording system, databases or simple table records, it is possible to link the national marking system and almost any other "external" one.

## Methods of product marking

Codification is a method for product marking by using a well-defined marking structure. It is regulated by rules and conventions. The goal of codification is a precise communication between different subjects (United Nations Standard Products and Services Code, 2001).

Generally speaking, there are identification and classification codes for product marking. An identification code is a unique mark of some product. A classification code marks a group or class of similar products.

Any marking system, numerical or numerical combined with letters, is based on human needs. It should be user-friendly, easy and simple to use on a daily basis in communication by voice or by machines. Research works (Maheut, et al, 2013), based on world-wide experiences, indicate that numerical characters are universal, language independent and the best solution for product marking.

Manufacturers and organizational systems typically use two product marking/labeling schemes. The first one, the "not intelligent" or "non-significant" scheme is such a scheme where a numerical designation does not provide any information about the product. Such labels typically grow in series, within the limits of the available number of characters. In the "intelligent" or "significant" scheme, however, labels provide important information about products. The numerical label contains descriptive and informative details about the product.

Table 1 – Example of product marking  
 Таблица 1 – Практические примеры маркировки  
 Табела 1 – Пример означавања из праксе

Producer/organization	Mark example	Characters	Area
Siemens	49D36098001	11	automation
Siemens	6ES7315-2AH14-0AB0	14	automation
ALLEN-BRADLEY	1747-L532	8	automation
Robert Bosch	0 986 424 797	10	automotive
Mahle	219-1006	7	automotive
SKF	6205-2RSJ	8	industry
SKF	MU 1207-TV	8	industry
Volvo	CH 271092	8	vehicles
KAMAZ	5320-1001171-00	13	vehicles
NATO (NSN)	3139-00-121-6210	13	organization
EAN	3286340244312	13	organization
UNSPSC	20184514	8	organization

The intelligent scheme provides the most important attributes of a particular product and leaves the place for its unique identification. As an illustration, Table 1 gives the examples of product labeling of some manufacturers and organizations.

In practice, codification should serve logistics. Processes such as procurement, warehouse and inventory management, production orders making, work orders making, etc. need to be supported by a codification system. Industry and manufacturers impose their systems of codification to consumers. There is no common marking system or convention. Any implementation of a new marking system is an expensive and time consuming process (Lima, 2011).

However, modern information technologies can overcome these problems and ensure that labeling systems not only coexist, but are interoperable and cooperate in the current environment (Karray, et al, 2009).

## Interoperability

As a multi-dimensional concept, interoperability can be viewed from multiple angles. One of the often-cited definitions is: "Interoperability is the ability of two or more systems or elements to exchange information and to

use the information exchanged” (Rezaei, et al, 2014, p.2). The levels of interoperability can be technical, syntactic, semantic and organizational.

Cooperation between two or more labeling systems, if there is such a goal, is possible if information exchange is coordinated regardless of the differences. When a system is able to use the information from some other system or to perform an operation on behalf of another system, this process is called interoperation (Yahia, et al, 2012, pp.443-457).

## The marking translator

There is undoubtedly a need for a marking label translator. The paper describes the current non-existence of such a translator and gives a theoretical possibility to solve the problem.

Methods of product labeling are determined by organizations or manufacturers. The first problem of communication is that the existing classification schemes do not have sufficient semantic precision. Another important property of the existing schemes is that they are only valid in a well predefined context (Zdravković, Trajanović, 2009).

A neutral solution is a good starting point for solving the translation problem. If all relevant part attributes are entered into a database owing to PLM (product lifecycle management) systems of producers, then a marking system can be created only as a reference to this data. A new marking system should have 5 to 7 digits, which is enough for inventory. A new mark or index is a link to the existing product data. In maintenance management, tools like CMMS or EAM have modules for inventory control and may be used for parts referencing.

The first step is to decompose marking systems to their basic meaning. We have to understand marking systems for which we want to achieve a translation goal. Also, we should connect semantic meanings of product names in different systems. More importantly, we should find any attribute of marking data common in both systems if it exists. One example is the OEM number.

The second step is to create a system based on knowledge (KBS - knowledge based system), which is able to emulate the work of experts with specific knowledge. The most important KBSs are (Kendal, et al, 2007): expert systems, artificial neuron networks, case based reasoning, genetic algorithms, Data Mining and Intelligent agents. Creating one KBS is an extremely demanding task. A much easier way is to use an already existing solution, for example a specific type of software. With well-defined rules, such a KBS will be able to compare product marking attributes in



different systems. The task of this activity is to identify the same attributes in different systems if they exist.

The third and final step is to propose a convenient way for storing records of the items identified in two or more different systems for later usage.

## Concept and model

If it is necessary to harmonize two or more marking systems in short time, it is convenient to apply the "Data mining" technique which implies that the labeling rules are already known. Data mining is (Aghdaiea, et al, 2014, pp.767-776) a term that means study of knowledge by identifying previously unknown relations between data. Data mining is an interdisciplinary field, and combines artificial intelligence, databases, mathematical algorithms and statistics. Technology asks for a new technique for analyzing, understanding and visualization of large amount of data collected in business processes and scientific research (Tsai, 2012, pp.8172-8181). General knowledge about the product is defined first, as illustrated in Figure 1.

A product has two general types of characteristics, physical and descriptive ones. The physical properties are the form, the function and the ability to connect with a higher level, e.g. a bearing with a shaft. The descriptive characteristics are called attributes and they include the marking number, the name, the OEM mark, etc. In this way, the product is fully described. A very important thing for further development of the concept is a precise definition of the meaning of attributes.

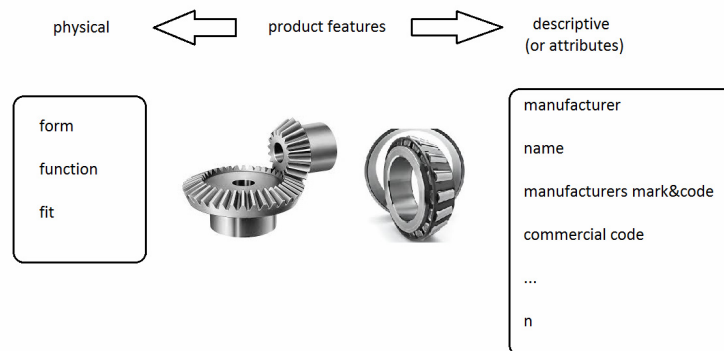


Figure 1 – Product characteristics  
 Рус. 1 – Характеристики продукции  
 Слика 1 – Особине производа

Also, it is assumed that the majority of attributes in the product label are created by the manufacturer (name, factory code, additional special mark, name of manufacturer, etc.), which is illustrated in Figure 2.

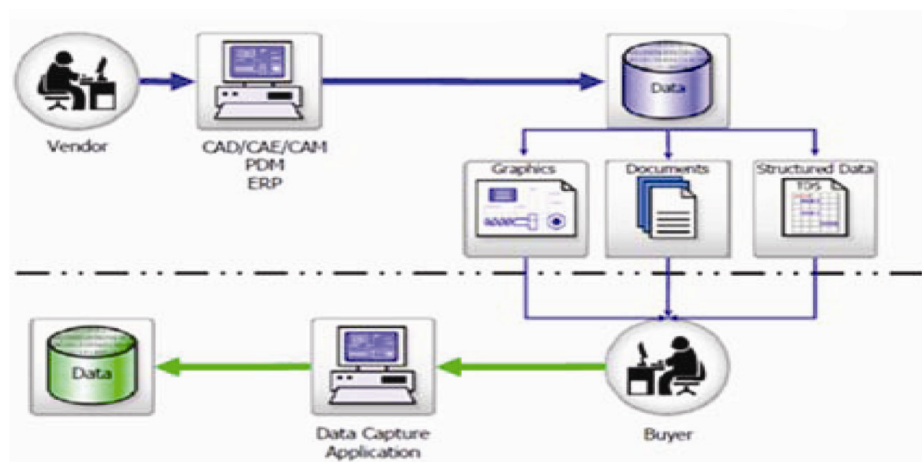


Figure 2 – Information about the product, (Benson, 2009)  
 Рис. 2 – База данных о продукции (Benson, 2009)  
 Слика 2 – База информација о производу (Benson, 2009)

The marking translator, modeled in the RapidMiner software package, is composed of dictionaries (one for every marking system), digit codes related to any word (name as word is one of the marking attributes), and tables which have a number of attributes for a number of products. These tables are different in marking systems. The mentioned tables are now a subject of analysis. We are looking for the same attributes in two or more marking systems. The goal is to find a proper value pair between the marking systems. The term 'proper' in this sense is a synonym for the attribute. If there is the same value of an attribute, the model will be efficiently and quickly discovered. The model can detect a unique matching or matching of groups or classes. A group/class implies similar products, e.g. rifles. Figure 3 is an illustration of the concept. English and Serbian terms are combined. The concept comprises the knowledge about the structure and the form of marking in two different labeling schemes.

Also, the method for temporary or permanent recording is defined.

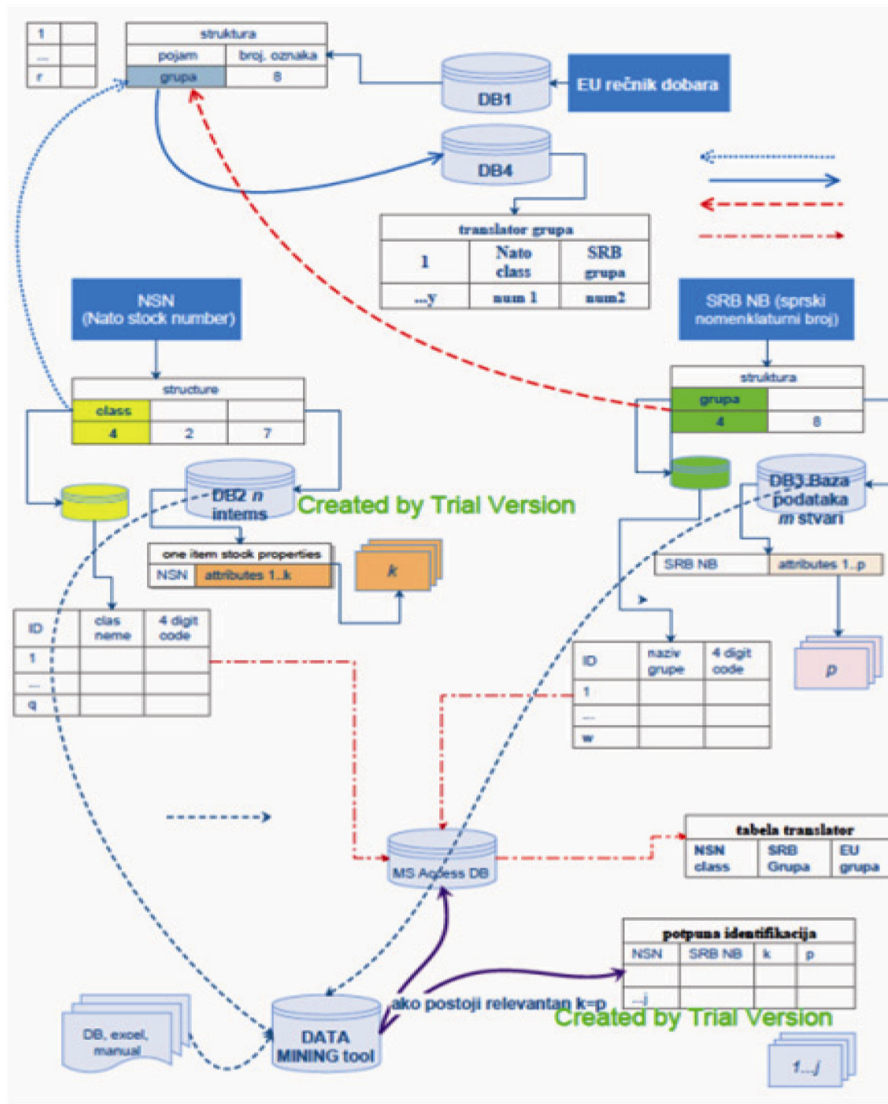


Figure 3 – The concept of the translator

Рис. 3 – Концепт транслятора

Слика 3 – Концепт транслятора

A simplified model of the translator is shown in Figure 4. Using the program for Data Mining, in this case RapidMiner®, the user defines which tables are initial for the analysis (collections of spare parts, each with its own attributes), defines the operators subjected to them as illustrated in

Figure 4, and searches for common characteristics i.e. the "Property-value" pair, or for the same attribute. If it is found, the solution is a new table that contains all products that have at least one common attribute. The same partial result is shown in Figure 5.

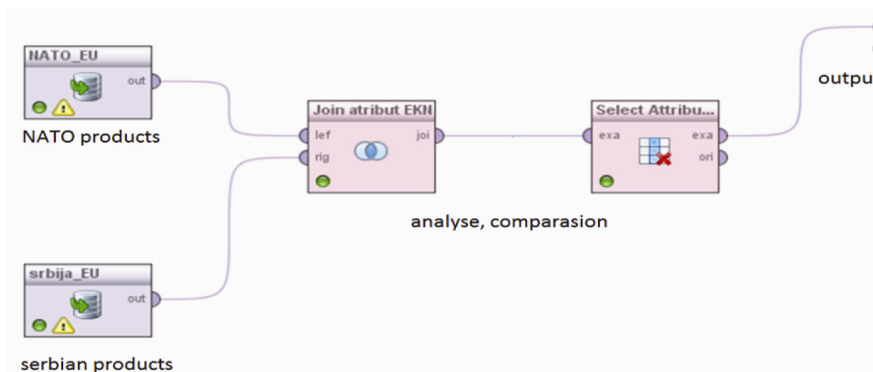


Figure 4 – Data analysis, finding common features  
 Рис. 4 – Процесс анализа, поиск общего признака  
 Слика 4 – Процес анализе, тражења заједничког атрибута

Nato class	nato name	srbija vrsta	Srbija naziv
1005	Guns, through 30mm	1011	puške
1045	Launchers, Torpedo and Depth Charge	1055	lanseri i katapult
1305	Ammunition, through 30mm	1305	municija za automate
1305	Ammunition, through 30mm	1307	municija za puške
1305	Ammunition, through 30mm	1305	municija za automate
1305	Ammunition, through 30mm	1307	municija za puške
1330	Grenades	1345	ručne bombe
1390	Fuzes	1356	upaljači
1560	Airframe Structural Components	1501	zmaj aviona
1540	Gliders	1526	jedrilice
1620	Aircraft Landing Gear Components	1610	stajni trap i kočnic
1620	Aircraft Landing Gear Components	1610	stajni trap i kočnic
1630	Aircraft Wheel and Brake Systems	1610	stajni trap i kočnic
1630	Aircraft Wheel and Brake Systems	1610	stajni trap i kočnic
2310	Passenger Motor Vehicles	2312	putnički automobili
2320	Trucks and Truck Tractors, wheeled	2325	automobili teretni
2330	Trailers	2338	tegljači
2610	Tires and Tubes, Pneumatic, Except Aircraft	6605	gume za točkove
2815	Diesel Engines and Components	2815	motori dizel
2815	Diesel Engines and Components	2910	uređaji za napajanj
2815	Diesel Engines and Components	2920	električni uređaj
2910	Engine Fuel System Components,	2815	motori dizel
2910	Engine Fuel System Components,	2910	uređaji za napajanj
2910	Engine Fuel System Components,	2920	električni uređaj
2920	Engine Electrical System Components,	2815	motori dizel
2920	Engine Electrical System Components,	2910	uređaji za napajanj
2920	Engine Electrical System Components,	2920	električni uređaj
3110	Bearings, Antifricion, Unmounted	3105	ležaji kuglični

Figure 5 – Resulting table  
 Рис. 5 – Результаты  
 Слика 5 – Резултат

The RapidMiner Program can store the results of the analysis in the form of tables (Excel) or enter them into the table of leading databases.

## Conclusion

Product marking or labeling systems co-exist with industrial production. They are created by producers for their internal purposes or for the market. On the other hand, organizations such as the military, military alliances and others have specific marking systems. The UN and the EU have developed their own systems. Today there is no "global" standard in the field of unification although there are efforts in this field such as the development of ISO 22745 Standard, the "eClassOWL" Project - The Web Ontology for Products and Services and the "ECCMA" Project - Electronic Commerce Code Management Association.

The problem is solved by dominant systems imposing their own marking systems. This is generally not a problem because they are based on good scientific and economic bases. Independent marking systems are in dilemma whether to migrate to new systems completely or to keep the current system and use it together with a new one. The transition to a new system is expensive and time-consuming.

However, logistics, i.e. providing parts in this case, has immediate and short-term needs and has no time for a complete harmonization of marking systems or a prolonged transition to a new marking system. In such cases, it is useful to have a model for defining relations between related groups of products between different marking systems. As this is not a definitive answer to the need for unambiguous identification of products between two or more systems, a solution for such cases is provided. The true value of this concept is not to repeat the identification procedures when procuring parts, but to do it once and permanently store the results. The process of translation can be repeated several times if necessary, and the bigger "input" bases-tables are, the more economical the process is.

In the end, if it is necessary to recommend the tool for this purpose, i.e. to choose between data mining or databases, the choice would be the first one. The recommendation is obvious because of its ease of use and the ability to create input for a real database.

## References

- Aghdaiea, M.H., Zolfanic, S.H., & Zavadskas, E.K. 2014. Synergies of data mining and multiple attribute decision making. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 110, pp.767-776.
- Benson, P.R., 2009. MIT Information Quality Industry Symposium, July 15-17.
- Karray, M.H., Morello, B.C., & e Zerhouni, N. 2009. Towards A Maintenance Semantic Architecture. . In: World Congress of Engineering Asset Management, WCEAM'09. Athens: Greece.
- Kendal, S.L., & Creen, M. 2007. An Introduction to Knowledge Engineering. Springer-Verlag. ISBN 13: 978-1-84628-475-.
- Lima, D. 2011. Towards NCS Ontology. . In: Codification World Forum, 2011. Belgium: Bruges.
- Maheut, J., Garcia-Sabater, J.P., & Marin-Garcia, J.A. 2013. Proposal of a classification of the different data models to manage materials in industry, 17th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. . In: XVII Congreso de Ingeniería de Organización, Valladolid.
- Rezaei, R., Chiew, T.K., Lee, S.P., & Aliee, Z.S. 2014. Interoperability evaluation models: A systematic review. *Computers in Industry*, 65, pp.1-23.
- Tsai, H. 2012. Global data mining: An empirical study of current trends, future forecasts and technology diffusions. *Expert Systems with Applications*, 39, pp.8172-8181.
- United Nations Standard Products and Services Code. 2001. White Paper.
- Yahia, E., Aubry, A., & Panetto, H. 2012. Formal measures for semantic interoperability assessment in cooperative enterprise information systems. *Computers in Industry*, 63, pp.443-457.
- Zdravković, M., & Trajanović, M. 2009. Integrated Product Ontologies for Inter-Organizational Networks. *ComSIS*, 6(2).

---

### ТРАНСЛЯЦИЯ МАРКИРОВКИ ПРОДУКЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОБОЗНАЧЕНИЯ

*Саша М. Петрович*  
Вооруженные Силы Республики Сербия, Генеральный штаб, Управление логистики, г. Белград, Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: логистика  
ВИД СТАТЬИ: обзорная статья  
ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

**Резюме:**

Обозначение продукции определенными кодами является общепринятой практикой. Однако, так как продукцию обозначает не только производитель, но и продавцы и пользователи, представляющие различные системы, их обозначения могут отличаться. Различные обозначения продукции в рамках разных систем приводят к недопониманию при закупках или товарообмене. Данную проблему можно решать от случая к случаю, либо систематически, вводя новую систему обозначения. Каждое введение новой системы обозначения является длительным процессом, который к тому же дорого обходится. Благодаря современным программам обеспечения такую проблему можно решать в реальном времени, что с логистического и экономического аспекта является самым оптимальным решением. В данной работе представлены возможности трансляции маркировки запасных частей в различных системах обозначения.

Ключевые слова: обозначение деталей, интероперабельность, кодификация.

---

**ТРАНСЛАЦИЈА ОЗНАКА ПРОИЗВОДА У РАЗЛИЧИТИМА СИСТЕМИМА ОЗНАЧАВАЊА**

Саша М. Петровић

Војска Србије, Генералштаб, Управа за логистику, Београд, Република Србија

ОБЛАСТ: логистика

ВРСТА ЧЛАНКА: прегледни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

**Сажетак:**

Означавање производа помоћу дефинисаних кодова је устаљена пракса. Производе означавају сами произвођачи, трговци и корисници. Када се јави потреба за набавкама или разменом производа између два различита система настаје проблем међусобног споразумевања, који се може решавати од случаја до случаја или систематски, увођењем у праксу новог система означавања. Свако увођење тог система је скуп и дуготрајан процес. Захваљујући савременим софтверским алатима проблем се може превазилазити у реалном времену, што је и економски и логистички повољно решење. У овом раду разматрају се могућности трансляције означавања резервних делова у различитим системима означавања.

Кључне речи: означавање делова, интероперабилност, кодификација.

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 23. 06. 2015.  
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /  
Датум достављања исправки рукописа: 19. 06. 2016.  
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум  
коначног прихватања чланка за објављивање: 21. 06. 2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the  
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military  
Technical Courier» (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и  
распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons»  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у  
складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).





СТРУЧНИ ЧЛАНЦИ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ  
PROFESSIONAL PAPERS

## SOFTWARE QUALITY STANDARDS

Nebojša D. Đorđević

Serbian Armed Forces, Army HQ, Niš, Republic of Serbia

e-mail: djnebojsa@mts.rs,

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-3730-0085>

DOI: 10.5937/vojtehg65-10668

FIELD: Computer Sciences, IT  
ARTICLE TYPE: Professional Paper  
ARTICLE LANGUAGE: English

### Summary:

*In order to achieve the desired software quality, it is necessary to have information about the existing standards in this field and follow them in all phases of the software life cycle. This study emphasizes the importance of applying the standards in the field of software quality. In the last 20 years, the International Organization for Standards has played an important role in the development of quality standards of a number of software products. At the beginning of this work, the evolution of standards in the field of software quality is summarized and then the current series ISO/IEC standard called SQuaRE are described in detail. This area is very important because the knowledge of software quality standards and their application contributes to the development of quality software that will be widely used and durable. The application of the described standards and the evaluation approaches for the quantification of software quality depends on the resources available for carrying out the method (time, money, the number of evaluators and their expertise, the number of users for testing, facilities and test equipment), the required level of objectivity and its application to various stages of the development of applications.*

Key words: ISO, quality standard, software quality.

## Introduction

Software is an intellectual product and its acquisition represents a significant investment which must be justified. In order to justify such

investments, it is necessary that software meets the needs of users at the expected level.

The justification of investments is often assessed and there is always a dilemma whether the right decision is made regarding a choice or purchase. A mental process of evaluating the functionality and other measurable characteristics is performed in the context of real needs. For investments in intangible assets, such as software, mental processes are more complex and facts are abstract and unconvincing. Therefore, methods for the formalization of mental processes of decision-making are necessary, based on clear and unambiguous assessment results.

Precise contracts for the purchase of software and respect are the best way to protect both the contracting authority and the supplier. It is preferable that contracts governing this professional matter, in order to avoid misunderstandings regarding the matter and its concepts, rely on adequate standards. In addition to providing legal protection for suppliers (particularly in cases where the use of product due to human error can result in endangering the lives and health of people or greater material damage), the use of standards ensures that the quality of the development process and the end products are at the required and expected level.

With the increasing number of software applications, the importance of software quality also increased and, to manage software quality, it was necessary to establish a methodology for objective quantitative evaluation of software products and the process of their development.

To define software quality, it is necessary to measure and evaluate many features that allow the determination of software quality, where the metrics of software quality plays a significant role. Therefore, it is necessary to define the characteristics that significantly affect software performance and quality but are often not so explicit. In order to understand and measure quality, scientists often built models of quality. There are several models of quality which suggest the ways various quality attributes can be interconnected. The first quality models were developed in critical application areas. A quality model is a set of characteristics and relationships between them, which provides a basis for specifying quality requirements and quality assessment (ISO/IEC 9126, 1991). There are a number of different approaches to define the set of characteristics that need to be measured to determine software quality, or define the model of quality, ranging from the classical Boehm (Boehm, 1978), McCall (McCall, et al, 1978, pp.133-139) to new approaches (ISO/IEC 25010, 2010).

## Software quality and standards

The market was setting such requests and expectations for software that only industrial production was able to meet. In order to organize industrial production, it is essential that there are standards by which they are developed. Since software development is very dynamic, official standards could not accompany it; the first standards to appear on the market were standards that represent a common agreement between groups of producers or standards of some major corporations (eg. Microsoft) that are generally accepted in the market. Such standards are called industry standards and are the basis for initiating and adopting official standards by international and national organizations concerned with standardization (eg. International Standard Organisation - ISO, the American National Standards Institute - ANSI, Federal Bureau for Standardization).

The US Department of Defense (US DoD) and the US military are the biggest users of software and among the first to identify the need and publish a series of standards in the field of security and protection of information and communication technologies. These standards are imposed on other NATO members and later adopted or adapted for civilian use. By publishing MIL-STD-498 standard in 1994, the US DoD attempted to consolidate, in a single document, all the requirements for software development, quality and documentation. In 1995, the International Organization for Standardization (ISO) published the standard (ISO/IEC 12207, 1997) which made all military standards (MIL-STD) nul and void. Although the publication of military standards and their application for civilian purposes started the wheel of history, their application in the industry was not accepted; there was an initiative to apply commercial standards wherever they had already existed.

However, the quality of software developed for military purposes is subject to more stringent requirements and criteria arising from the specific character of military organizations. Today, in the field of software, there are currently over 1,000 official standards, adopted by the international or national standards organizations, out of which more than 350 are in the field of software engineering. However, the situation in Serbia is quite different, and in relation to global trends of standardization in this area, Serbia is in considerable delay. The National Bureau of Standards has accepted the recommendations of international and European organizations for standardization and mainly takes the ISO/IEC standards to which it gives national prefaces and necessary explanations.

It should not be expected that all international standards are perfectly systematised and harmonized regarding the methodology and content, but they are undoubtedly a powerful tool which can help the improvement of design methods and ensure the quality of finished software products. However, in order to review various usability aspects, the adopted standards will be explored as well as the recommendations in the field of usability that establish the methods, principles, procedures for testing and evaluating the characteristics of software quality and provide the basis for the establishment of a methodology of evaluation and certification of software products.

Standardization in information technologies contributes to establishing more efficient information functions, their greater stability and easier transition. The application of international, national and internal standards in the development of software products creates conditions for the development of efficient, cost-effective, secure and reliable software products. By standardizing the software development process, its planning, quantifying and monitoring, documentation and continuous improvement and development, the preconditions are created for the realization of software products of defined quality. A well-documented system in accordance with the standards is easily replaceable, portable from one hardware and software platform to another and it protects investment.

Evaluation and standardization of tools used in the development of information systems create a possibility that the quality of the process and the end product is at the desired and expected level. From the perspective of complex information systems whose development and implementation involve several organizations, the application of standards not only provides the appropriate quality of the final product and process development, but it also creates opportunities for exchanging projects between individual organizations, facilitates user training and creates the conditions for joint work on projects of representatives of different organizations.

The rapid development of software in various fields conditioned the development of standards and tools for software development and management. Diversity has caused problems in software management and has caused a need to define a common framework that would allow everyone involved in software development, design and management to "speak the same language."

The standards are formulated so that they can be adapted to the needs of particular organizations, projects or specific applications. They

can be applied in cases where software is a stand-alone entity or a component of a complex system.

The current situation in software technology does not yet provide enough good and widely accepted scheme for evaluating the quality of software products. Since 1976, a lot has been done by individuals in defining the basis for software quality. Many models of McCall (McCall et al, 1977), (McCall et al, 1978, pp.133-139), Boehm (Boehm et al, 1976, pp.592-605), (Boehm et al, 1978), Eason (Eason, 1984, pp.133-143), Shackel (Shackel, 1991), Nielsen (Nielsen, 1993) and others were adopted and extended.

For a long time, reliability was the only way to measure quality. Over time, various studies submitted other models as well. Although such studies have been helpful, they have also created confusion, because they offered many aspects of quality. So, there is a need for only one quality model.

When purchasing and implementing software, there are a number of common issues that are always relevant, such as:

- Does the software has the required functions?
- How much is the software reliable?
- How effective is the software?
- Is the software easy to use?

These common questions initiated the emergence of ISO/IEC 9126 at the end of 1991. The first considerations originated from 1978, and in 1985 the development of ISO/IEC 9126 began. The adoption of this standard was an important turning point in the standardization of software quality and the method for its measurement.

Today, standards are applied in many fields. As information technology is developing rapidly in every respect and fulfill all spheres of life, standards are becoming an element that brings order and allows the continuity of progress.

The standards issued by the International Standards Organisation (ISO) in the broadest sense can be classified into two categories:

1. Standards-oriented product that determine the characteristics and functional requirements of the product (ISO 9126, 2001), (ISO 14598, 2001).

2. Standards-oriented processes which determine the way in which products need to be developed (ISO 9241, 1998), (ISO 13407, 1999).

However, the most commonly recommended standards for software rely on the concept of general quality standards and are grouped according to application areas:

- Standards of software quality,

- Standards of documentation,
- Standards of life cycles, and
- Standards of particular professions.

The application of these standards facilitates the software evaluation, quality forecasting and objective evaluation in order to make a decision on the election of a new product, a comparison with other products, evaluation of the positive and negative effects of a product or to make a decision on product improvement or replacement.

For projects where usability is extremely important, the standard CIF (Common Industry Format for Usability Test Reports) is recommended, approved by the organization ANSI/NCITS, which comprehensively and accurately elaborates the requirements and usability evaluation methods, the ways of testing software and hardware, and reporting form and content.

General standards for software have been mentioned so far, but, to define the quality of software for specific purposes, it is necessary to set appropriate standards for software in the field of so-called "professional" standards, which would apply when contracting specialized software.

### *ISO 9241-11 standard*

The International Organization for Standardization ISO accepted (1998) this standard in order to facilitate the process of contracting and assessment of fulfillment of defined characteristics. ISO 9241-11 (ISO 9241-11, 1998) standard was used for the identification of important information which must be taken into consideration for assessing the performance of usability and user satisfaction (Folmer & Bosch, 2004).

According to ISO 9241 part 11, usability is defined as "the extent to which a product can be used by specific users to achieve specific goals with efficiency, effectiveness, and satisfaction in a specified context of use" (ISO 9241-11, 1998). This definition combines two different views from the perspective of the user. One is to look at user performance that includes effectiveness and efficiency, and the other is its position that deals with the issue of satisfaction.

The definition of usability consisted of four elements: users, user goals, product and context of use. The context implies the "users, tasks and equipment and the physical and social environment in which the product is used." Usability in (ISO 9241-11, 1998) contained three measurable attributes of usability: effectiveness, efficiency and satisfaction (Laurusdottir, 2009), (Quesenbery, 2003).

Effectiveness: users achieve certain goals with accuracy and completeness. The system must be accurate and complete to contain features so that users do not have difficulty in achieving their objectives.

Efficiency: The resources of the system to be used with the accuracy and completeness through which to accomplish their goals.

Satisfaction: Customers must be satisfied using the system.

ISO 9241-11 explains the benefits of measuring usability in relation to performance and customer satisfaction, and stresses that the usability of the visual display depends on the context of use, i.e. that the level of usability achieved will depend on the particular circumstances in which the product is used.

### *ISO / IEC 9126 standard*

In the early 1990s, in software engineering, there was an attempt to consolidate many aspects of quality into a single model which would act as a global standard for measuring the quality of software. One of the main objectives of international standards is to establish consistency and compatibility in a specific field. This standard, known in literature as ISO 9126 (ISO 9126, 1991) standard, was to help in the understanding of the negotiation between the client software and the manufacturer, and to recommend to what extent and what quality characteristics software must have. As a basis for an international standard of quality software, McCall's model is recommended. ISO 9126 defines the quality of the product as a set of product characteristics (Maryoly, 2003). One of the main differences between the ISO and models made by McCall and Boehm is that the ISO model is a model of strict hierarchies.

The first version of the standard defines the quality model which had six main characteristics that contribute to the quality (functionality, reliability, usability, efficiency, maintainability and portability), with 20 subcharacteristics. Each of the characteristic refers to exactly one attribute. The characteristics are related to the user's view of software, not to an internal view of its designer. The standard recommends the direct measurement of the characteristics, but does not give details of how measurements are carried out.

This was the basic model, whose quality was to be adapted, if necessary, to a specific project. ISO/IEC 9126 did not contain attributes and metrics in it, not even in the form of a proposal, nor it prescribed methods of measurement, ranking and evaluation; it offered general guidelines for a model of a software quality evaluation process.

This model helped to clarify what is valued in the software being made and used, but none of the models included a reason why some of the features were included and not the others and why certain attributes appeared in the hierarchy. In addition, it did not contain guidance on how to compose a lower level features into those of a higher level in order to obtain a total quality assessment. All these problems have made it difficult to determine whether a given model is complete or consistent.

In the period from 2001 to 2004, the International Organization for Standardization revised earlier versions of the standard (ISO/IEC 9126, 1991) and issued its expanded version.

Since model and quality metrics are useful not only for evaluating quality, but also for defining the requirements for quality and for other purposes, it was decided that the process of evaluating software quality should be isolated in a brand new series of standards ISO/IEC 14598 (Azuma, 2001). This standard is now divided into two standards: ISO/IEC 9126 (ISO/IEC 9126, 2001) and ISO/IEC 14598. However, it turned out that this had been a bad decision because the matter got complicated and the popularity of both standards decreased.

ISO/IEC 9126 consisted of four parts: an international standard and three technical reports. The first part of ISO/IEC 9126-1 was related to concepts, ie. the preferred model of software quality. The novelty was that the quality model was twofold: it consisted of the model of internal / external quality and the model of quality in the software use. The quality model divides the quality attributes according to six characteristics: functionality, reliability, usability, efficiency, maintainability and portability. These characteristics are further divided into 27 subcharacteristics that can be measured by internal or external metrics. The models of the internal/external quality had identical characteristics and subcharacteristics. They differed only in metrics by which they were quantified, and which were defined elsewhere in the standard. For each characteristic, and subcharacteristics, the ability of the software is determined by a set of internal/external attributes that can be measured.

In the context of ISO/IEC 9126-1 standard, quality in use is how a complete system on which the software runs is seen by the end user and it is measured by the results of the software use. The attributes of internal and external quality are the cause, and the attributes of quality in use are the effect. According to Bevan (Bevan, 1999): "Quality in use is the goal, and the quality of the software product is the means by which this goal is achieved." Therefore, quality in use is a combined effect of the characteristics of internal and external quality of the end user. It can be measured by the extent to which



specific users can achieve specified tasks with effectiveness, productivity, safety and satisfaction (four features of quality in use) in the specific context of use.

However, although there are three views on quality, we should not forget that these are only different perspectives of the same thing, and that each of them has a relationship with the other two. By measuring and evaluating quality in use, external software quality can be confirmed. Furthermore, measurement and evaluation of external quality can verify internal software quality, and the examination of internal quality can result in the conclusions about making necessary improvements to the software. Similarly, taking into account the attributes of internal quality is a prerequisite for achieving the required external behavior, and considering the attributes of external quality is a prerequisite for achieving quality in use.

The second part of ISO/IEC TR 9126-2 (ISO/IEC 9126-2, 2003) applies to the external characteristics of software quality metrics. The third part of the ISO/IEC 9126-3 (ISO/IEC 9126-3, 2003) provides internal metrics to quantify the characteristics of software quality. Finally, the fourth part of ISO/IEC 9126-4 (ISO/IEC 9126-4, 2004) standard contains a basic set of metrics for each quality characteristic in use, the instructions for their application and examples of how they are used in the life cycle of the software product.

### *ISO / IEC 14598 standard*

The process of evaluating the quality of the software was originally defined by ISO/IEC 14598 (ISO/IEC 14598-1, 1999) to provide methods for measuring, assessing and evaluating the quality of a software product.

ISO/IEC 14598-1 provides the basis for this series by defining the basic concepts and describing where to use the characteristics and quality metrics defined in ISO/IEC 9126 series. ISO/IEC 14598-1 consists of several parts that appear under the general title of Information technology - Software product evaluation. Evaluating Software Quality refers to the model of quality, methods of evaluation, measurement software, and support tools. This standard is intended for designers, those who carry out procurement and independent assessors.

The series of international standards ISO/IEC 14598 provides guidelines and requirements for the evaluation process for:

- Development of new products or improvements of existing ones (ISO/IEC 14598-3, 2000)
- Procurement of products or reusing existing products (ISO/IEC 14598-4, 1999)
- Independent evaluation of the requirements of the designer, supplier, or a third party (ISO/IEC 14598-5, 1998).

Software testing is the most efficient and the best way of achieving and maintaining the quality of software products. It is based on the rules and principles of quality within the standards relating to quality and, in some way, it implements all predefined methods and techniques for creating and maintaining high-quality software.

### *SQuaRE – Series of ISO standards for software quality*

Bearing in mind the shortcomings of ISO/IEC 9126 standard, which are identified in the literature by other authors, eg. (Azuma, 2001), (Al-Qutaish, 2010, pp.205-228), (Suryan and Gil, 2005), (Olsina and Molina, 2008), the International Organization for Standardization decided to issue a new series of standards that will regulate this area, with a better organization and under a single label.

The new standard had a working name SQuaRE (Software Product Quality Requirements and Evaluation). It represents the second generation of standards for software quality and is issued with the intention to eventually replace the ISO/IEC 9126 and ISO/IEC 14598 series, and is made according to the following guidelines:

- Connecting the ISO/IEC 9126 and ISO/IEC 14598 series into one harmonized standard,
- The introduction of a new organization and standard,
- The introduction of a new reference model,
- The introduction of detailed guides,
- Introduction of standards on quality requirements,
- The introduction of a manual for series practical use with examples,
- Coordination and harmonization of the measurement model with ISO/IEC 15939 Software engineering - Software measurement process.

SQuaRE means a series of fourteen ISO/IEC standards and technical reports related to software quality, grouped into five thematic sections or parts:

1) Quality management (ISO/IEC 2500n) provides a general picture of the evaluation process and quality models, which is important for understanding the complete series of standards. It defines common models, terms and definitions to which all other standards of the SQuaRE series refer.

2) Quality Model (ISO/IEC 2501n) introduces a detailed model of quality (including features for internal, external and quality in use, which are further broken down into subcharacteristics) and instructions for practical use of the quality model.

3) Measurement of quality (ISO/IEC 2502n) comprises standards that include the reference model for measuring the quality of software products, metrics for internal, external and quality in use and the instructions for their practical use.

4) Requirements for quality (series ISO/IEC 2503n) help in specifying the quality required and a process of defining requirements is mapped to technical processes defined in ISO/IEC 15288 standard, and

5) Evaluation of quality (series ISO/IEC 2504n) provides requirements, recommendations and guidelines for software product evaluation, performed by either evaluators, customers or those who develop software.

The main differences between the series SQuaRE and ISO/IEC 9126, or ISO/IEC 14598 are:

- the introduction of a general reference model;
- the harmonization and coordination of guidelines for measuring and evaluating the quality of software;
- the introduction of a part on quality requirements;
- the existence of detailed manuals for using each part separately;
- the introduction of guidelines for practical use in a form of an example;
- harmonization of the content of this series with the terminology related to software measurement (used in ISO 15939 standard).

Nigel Bevan, an international expert in software usability, had a strong influence on this series of standards, emphasizing the importance of quality in use (Bevan et al., 1991).

### Model of quality in use in ISO 25010 standard

The ISO has just recently developed a more comprehensive definition of quality in use, which has usability, flexibility and security as subcharacteristics that can be quantified from the perspective of different stakeholders, including users, managers and those who maintain the software. ISO/IEC 25010 maintains the previously adopted three views on quality: internal, external quality and quality in use. However, it extends the concept of product quality from six (ISO/IEC 9126-1) to eight characteristics (Figure 1).

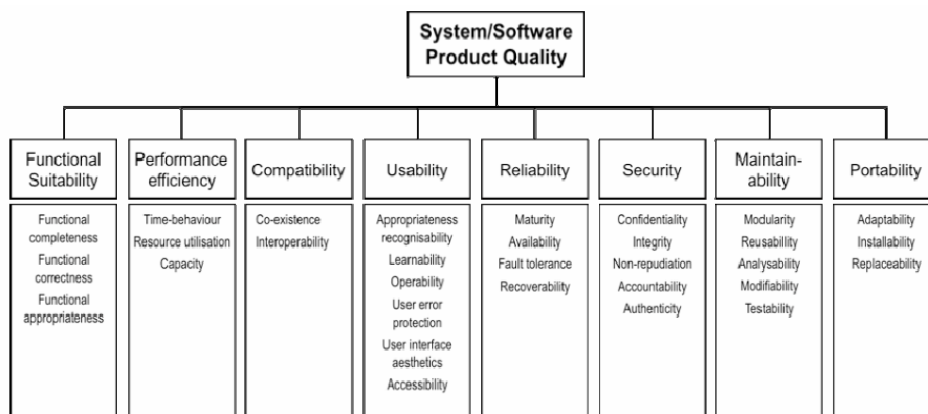


Figure 1 – Product quality model (Figure 4 in ISO/IEC 25010, 2010)  
 Рис. 1 – Модель качества продукции (Рис. 4 в ISO/IEC 25010, 2010)  
 Слика 1 – Модел квалитета производа (Слика 4 у ISO/IEC 25010, 2010)

Compared with ISO/IEC 9126-1, the usability feature was renamed operability and has a broader meaning. Some subcharacteristics, such as suitability for learning, remained while new ones were added (such as technical accessibility, compliance and the ability of applications to be helpful to users). Compatibility was added as a new feature, while Safety was singled out as a special feature instead of being a subcharacteristic of the Functionality characteristic in the previous standard: other names were slightly changed to be more descriptive.

The second model in ISO 25010 standard relates to the quality in use (Figure 2) and includes the earlier characteristics of quality in use from ISO 9126-1 standard, with some new ones added.



Figure 2 – Model of quality in use (Figure 3 in ISO/IEC 25010, 2010)

Рис. 2 – Модель качества в потреблении (Рис.3 в ISO/IEC 25010, 2010)

Слика 2 – Модел квалитета у употреби (Слика 3 у ISO/IEC 25010, 2010)

The characteristics of effectiveness and satisfaction of ISO/IEC 9126-1 were inserted into the new standard as the subcharacteristics of usability in use, while productivity was renamed efficiency in use. Effectiveness in use is the ability of the software product to enable users to achieve goals with accuracy and completeness in the context of a specific use. Satisfaction in use is the ability of the software product to satisfy users in a specific context of use. Efficiency in use is the ability of the software product to enable users to use the appropriate amount of resources in relation to the effectiveness achieved in a specified context of use. In addition, flexibility in use was added to address different contexts of use. Safety in use is the ability of the software product to achieve acceptable levels of risk of damage to people, business, software, property or the environment in the context of a specific use.

Traditionally, in accordance with the first ISO definition of usability in (ISO/IEC 9126, 1991), usability is seen through the attributes of the user interface that make the product easy to use, as an attribute of software quality made by a set of characteristics that contribute to the ability of the software product to be user-friendly, versatile and attractive for the user, when used under specified conditions. However, this definition of usability of the user interface is inconsistent with the definition of usability defined in (ISO 9241-11, 1998), which looks at usability from an ergonomic point of view, as a degree to which a product can be used by specific users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use.

This broader interpretation of usability is built into the changed ISO 9126-1, 2001, named "quality in use" as a quality from the user's perspective when using the product (Bevan, 1999). When the ISO/IEC 9126-1 quality model was built in series SQuaRE (such as ISO/IEC 25010), some ISO/IEC national bodies commented on the discrepancy between the narrow definition of usability inherited from ISO/IEC 9126 and the general definitions of the CIF. In order to harmonize the definition of usability SQuaRE with the CIF, the characteristic of usability was renamed to operability and it has a broader meaning. This made it possible to define usability as a characteristic of quality in use, with the subcharacteristics of effectiveness, efficiency and satisfaction. The quality in use in ISO/IEC CD 25010.3 has two characteristics: Safety of 9126-1, as well as a new feature: Flexibility.

### The quality of the life cycle

The connection between process quality and product quality is obvious. Process quality affects the quality of the product while the quality of the product affects quality in use, and vice versa. The internal attributes influence the external attributes, and the external attributes influence quality in use. It is obvious that the quality of intermediary products is measured by internal characteristics, and that the quality of the final product reflects in the external attributes and the product usage value. The relationship between process quality, product quality and quality in use in ISO 9126-1/25010 is shown in Figure 3.

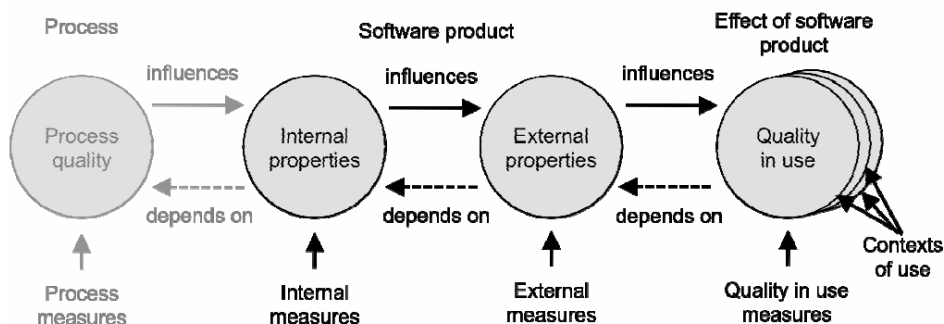


Figure 3 – Quality in the lifecycle (Figure C.2 in ISO/IEC 25010, 2010)  
 Рис. 3 – Качество в жизненном цикле (Рис. 2 в ISO/IEC 25010, 2010)  
 Слика 3 – Квалитет у животном циклусу (Слика С.2 у ISO/IEC 25010, 2010)

Therefore, the requirements relating to the quality of the software product include the assessment criteria for internal quality, external quality and quality in use to meet the needs of designers, those who maintain the product, purchasers and users. (ISO/IEC 14598-1, 1999) The quality in use of the system is characterized by the impact that software has on the interested parties. It is determined by the quality of software, hardware and operational environment and by the characteristics of users, tasks and social environment. All of these factors contribute to the quality in use of the system.

The features of the software product determine the quality of products in specific contexts of use (Table 2 in ISO 25010). The characteristics of product quality such as functional suitability, efficiency of performance, usability, reliability and safety will have a significant impact on the quality in use for basic users. Compatibility, maintainability and portability will have a significant impact on quality in use for people who maintain the system.

The properties of quality are the natural characteristics of software that contribute to quality and they can be classified into one or more characteristics or subcharacteristics. The quality properties can be measured using some measurement methods that represent a logical sequence of operations for quantifying a characteristic on a particular measurement scale.

Software quality is usually assessed by measuring the static parameters of the intermediate product (internal attributes), and by measuring the code behavior while running (external attributes) or by measuring the attributes of quality in use. The basis for measuring the quality is provided by the framework defined back in 1999 in ISO/IEC 14598-1.

## Software Quality Metrics

Although it might seem that the area of quality metrics is defined, and that the application of metrics for monitoring and evaluating the quality and usability is clear enough, there is a lot of uncertainty. The formalization of the evaluation area is missing as well as the formalization of the measurement of various quality indicators.

To measure means to assign, according to certain rules, a certain number, then usually called a value, to a certain object.

Measurement means determining how many times the measuring quantity (usually referred to as a unit of measurement) is contained in the value to be measured. The value measurement result is a number, and it is necessary to make a good distinction between the value and the number obtained by its measurement. This number, together with the appointment of a value unit, is called a number of a unit of measure or a numerical value of a quantity.

Measurement is the process of determining the quantity, size or degree (of something) using a standard set of measures and the measurement procedure defined by metrics, while metrics defines a measurement system or standard, scales and units of measurement for monitoring efficiency indicators (Ted, Angelika, 2006).

Quality in use is the quality of the software product from the user's point of view when used in a specific environment and within the context of a specific use. It measures the degree to which users can achieve their goals in a particular environment, and does not measure the properties of the software itself. To meet the criteria for external quality, it is not enough to meet the criteria for internal quality. Also, meeting the criteria for external quality usually is not enough to meet the criteria for quality in use.

When quality is discussed, it usually considers meeting the demands for quality from the user's point of view. Then the user requirements for quality refer to the quality of the product in use. In order to incorporate meeting the demands for quality into the software development process, it is necessary to evaluate the software product in all phases of its life cycle.

Quality is assessed by measuring the internal (usually the static measurement of intermediate products) and external (measuring the behavior of the code while being executed) attributes or by measuring the attributes of quality in use.

To ensure the required quality, it is necessary to measure and evaluate many features that allow determining software quality, where software quality metrics that will be used to evaluate each characteristic plays an important role. To measure the quality of software, according to the ISO quality model, internal, external and quality in use metrics are used.

Internal quality of the software product is measured and evaluated based on the requirements of internal quality. The quality details can be improved during the implementation of the code and tests, but the basic quality of the software product represented by internal quality remains unchanged, except in the case of re-design.



Internal metrics is a quantitative scale and a method of measurement which can be used to measure attributes or quality characteristics of the software that is a part of the software, directly or indirectly (not the result of the measurement of the system behavior). Internal metrics are useful during design or coding, in the early stages of the software life cycle. Internal metrics can be applied to software products that are not executed (such as specifications or source code) during designing and coding. During the design of software products, intermediate products can be measured using internal metrics that measure internal properties. The main purpose of internal metrics is to ensure achieving the required external quality and quality in use. Internal metrics provide assistance to users, people who perform the evaluation, people who perform the testing and designers, enabling evaluation of the quality of the software product and show the quality elements long before the software product becomes executable. Internal metrics measure the internal attributes or indicate the external attributes by analysing the static properties of intermediate products or the software product being provided. The measurements of internal metrics use the frequency of the composition of software elements which appear, for example, in the source code commands, control charts, data flow, and displays of state changes.

External quality is the quality of execution of software, which is usually measured and evaluated during testing in a simulated environment with simulated data using external metrics. During testing, there is a need to detect and eliminate most errors, but there may be some errors left after tests. Since it is difficult to correct the basic software architecture or the basic settings of software development, the development bases do not change during testing.

External metric is a quantitative scale and a method of measurement, which can be used to measure the attributes or the characteristics of the software that is the result of the behavior of a system whose part the software is. External metrics are applicable to the software that runs during testing or use in later stages of development, or even during use in real working environment. External metrics use software product measurements derived from the measurements of the behavior of the system of which it is a part, by testing, running and monitoring the software being run or the system. Before ordering or using the software product, it should be evaluated by using the metrics based on business objects linked with the use, operation and management of the product in the specified

organizational and technical environment. External metrics provide assistance to users, people who perform the evaluation, people who perform the testing as well as designers and enable them to evaluate the quality of the software product during testing or execution.

Quality in use metrics relate to the extent to which the product meets the needs of users to achieve specified goals with effectiveness, productivity, safety and satisfaction in the context of use. Evaluating quality in use validates software product quality in user - task scenarios.

The link between quality in use and other quality characteristics of software products depends on the type of the user:

- for the end user, quality in use is mainly a result of functionality, reliability, usability and efficiency;
- the persons responsible for the implementation of software, quality in use is mainly a result of maintainability;
- for persons who carry the software, quality in use is mainly a result of portability.

## Conclusion

The concept of software quality has many dimensions and cannot be easily defined. To ensure the required quality, it is necessary to monitor various parameters, make plans and develop and implement standards and quality system documentation, which will be applied to software products.

Software quality has significance both for manufacturers and users of software and varies depending on the viewing angle. To get a software product that has been developed in accordance with the specification that meets customer requirements and does not contain errors, software quality is determined by measuring multiple parameters. In doing so, it is necessary to choose measurement parameters measure and provide appropriate testing methodologies and techniques. A particular problem is the definition of metrics, i.e. the type of measurement that is correlated to the software system.

Therefore, it is important that software development takes place in accordance with prescribed standards in order to avoid subsequent interventions - software modifications in the later phases of the software life cycle.

Of course, there are different aspects of quality and different metrics related to the phases of the product life cycle. A defined quality model is

used for the evaluation of the quality of software products in the phase of defining goals for the quality of products or intermediate products. Evaluation of attributes may be carried out by measuring the consequences or by direct measurement. In order to create the list of parameters related to quality, the process of hierarchical decomposition of the software product is used. Of course, it is not possible to measure all characteristics in all possible cases.

By measuring and evaluating quality in use, software external quality can be confirmed. Furthermore, measurement and evaluation of external quality can verify internal software quality, and the examination of internal quality can lead to the conclusions about the necessary improvements of the software production process. Similarly, taking into account the attributes of internal quality is a prerequisite for achieving the required external behavior, and considering the attributes of external quality is a prerequisite for achieving quality in use. Therefore, quality in use is a combined effect of the characteristics of internal and external quality on the end user. The attributes of internal and external quality are the cause, and the attributes of quality in use are the effect. From the abovementioned, Bevan (Bevan, 1999) draws the conclusion: "Quality in use is the goal, and the quality of the software product is the means by which this goal is achieved."

According to international standards (ISO/IEC 9126-1, ISO/IEC 25010), quality in use is how the end user sees a complete system on which the software runs and it is measured by the results of software usage.

The existing models of quality described in the current standards are intended to describe the quality of traditional software products and are suitable for the evaluation of the quality of traditional software products as well as for the identification of usability problems of traditional graphic user interfaces. However, the characteristics of software quality are not enough to describe the quality of a broader set of specific applications based on Web technology.

Models of quality in these standards provide a range of quality characteristics relevant to a wide range of interested parties, such as developers, system integrators, owners, maintenance teams, contractors, experts on security and quality control and users. However, a complete set of quality characteristics of these models may not be relevant to all types of users. Thus, for each type of users the importance of quality characteristics in each model should be taken into account prior to the finalization of the sets of quality characteristics to be used. The relative importance of quality characteristics will depend on high objectives and

project tasks. Therefore, the model should be tailored (adjusted) before use as a part of the decomposition of requirements for the identification of the most important characteristics and subcharacteristics, in accordance with the objectives and tasks of the parties concerned.

Today, there are a number of methods for evaluating software quality. Choosing the right method is not an easy task, since it depends not only on the software product type, but also on the objectives of the development project and the context of use. In fact, the choice of a method depends on various criteria, the most important ones being resources required to perform the method (time, money, the number of evaluators and their expertise, the number of users for testing, place and test equipment), the required level of objectivity and the possibility of applying it in different stages of the application development.

### *References*

Al-Qutaish, R. 2010. ISO 9126: Analysis of Quality Models and Measures. In: A. Abrain Ed., Software Metrics and Software Metrology. John Wiley & Sons, Inc., pp.205-228. ch. 10.

Azuma, M. 2001. SquaRE: The next generation of the ISO/IEC 9126 and 14598 international standards series on software product quality.

Bevan, N., Kirakowski, J., & Maissel, J. 1991. What is Usability?. In: Proceedings of the 4th International Conference on HCI. Stuttgart.

Bevan, N. 1999. Common Industry format usability tests. Serco usability services 4 sandy lane, Teddington, Middx, TW11 0 DU, UK.

Boehm, B.W., Brown, J.R., & Lipow, M. 1976. Quantitative Evaluation of Software Quality. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Software Engineering. , pp.592-605.

Boehm, B.W., & et. all., 1978. Characteristics of Software Quality. UTRW series on Software Technologies. North Holland. Vol. 1.

Eason, 1984. Towards the experimental study of usability. Behaviour and Information Technology, 3(2), pp.133-143.

ISO 9241-11, 1998, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11: Guidance on usability.

ISO 13407, 1999, Human Centred Design Process for Interactive Systems.

ISO/IEC 9126-1, 2001, Software Engineering - Product Quality: Part 1: Quality Model.

ISO/IEC TR 9126-2, 2003, Software Engineering - Product Quality. Part 2: External Metrics.

ISO/IEC TR 9126-3, 2003, Software Engineering - Product Quality. Part 3: Internal Metrics.

ISO/IEC TR 9126-4, 2004, Software Engineering - Product Quality. Part 4: Quality in Use Metrics.

ISO/IEC 14598-1, 1999, Information Technology - Software Product Evaluation. Part 1: General Overview.

ISO/IEC 14598-3, 2000, Information Technology - Software Product Evaluation. Part 3: Process for Developers.

ISO/IEC 14598-4, 1999, Information Technology - Software Product Evaluation. Part 4: Process for Acquirers.

ISO/IEC 14598-5, 1998, Information Technology - Software Product Evaluation. Part 5: Process for Evaluators.

ISO/IEC 25010.3, 2010, Systems and software engineering Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Software product quality and system quality in use models.

JUS ISO/IEC 12207, 1997, Informaciona tehnologija - procesi žiivotnog ciklusa softvera.

Laurusdottir, M.K. 2009. Listen to your users, The Effect of Usability Evaluation on Software Development Practice. Uppsala University, Department of information technology.

McCall, J., Richards, P., & Walters, G. 1977. Factors in Software Quality. NTIS AD-A049-014.

McCall, J.A., & Cavano, J.P. 1978. A Framework for the Measurement of Software Quality. In: Proceedings of the ACM Software Quality Assurance Workshop. , pp.133-139.

Olsina, L., & Molina, H. 2008. How To Measure And Evaluate Web Applications In A Consistent Way. U G. Rossi& et al. Ur., Web Engineering: Modelling and Implementing Web Applications. London: Springer. pp.385-420.

Quesenbery, W. 2003. Dimensions of usability. U M. Albers& B. Mazur Ur., Content and complexity: Information design in technical communication. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Suryan, W., & Gil, B. 2005. ISO/IEC 9126-3 internal quality measures: Are they still useful.

Ted, H., & Angelika, P. 2006. Measuring the effectiveness of your ISMS implementations based on ISO/IEC 2700. BSI.

---

## СТАНДАРТЫ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Небойша Д. Джорджевич

Вооруженные Силы Республики Сербия, Управление сухопутных войск, г. Ниш, Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: вычислительная техника и информатика, информационные технологии

ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

### Резюме:

*Для достижения желаемого качества программного обеспечения, в первую очередь необходимо изучить существующие стандарты в данной области, и соблюдать их на всех этапах жизненного цикла программного обеспечения. В данной статье подчеркнута значимость применения стандартов в области качества программного обеспечения. Международная организация по стандартам за последних 20 лет сыграла важную роль в развитии многих стандартов качества программного обеспечения. В первой части статьи представлен краткий обзор эволюции стандартов в области качества программного обеспечения, а затем подробно описана действующая серия, под названием SQuaRE, являющаяся неотъемлемой частью ISO/IEC стандартов. Данная область очень важна, так как знание стандартов качества программного обеспечения и их применение, непосредственно влияют на развитие качества программного обеспечения, тем самым обеспечивая ему широкое применение на протяжении длительного периода времени. Применение описанных стандартов и эволюционный подход к квантификации характеристик качества программного обеспечения зависит от доступности ресурсов для осуществления необходимых методов (время, деньги, необходимое количество специалистов-тестировщиков, необходимое количество пользователей-тестировщиков, место и оборудование для тестирования) и уровня объективности, а также возможности применения на различных этапах разработки приложений.*

Ключевые слова: *ISO, стандарт качества, качество программного обеспечения.*

---

## СТАНДАРДИ КВАЛИТЕТА СОФТВЕРА

Небојша Д. Ђорђевић

Војска Србије, Команда Копнене војске, Ниш, Република Србија

ОБЛАСТ: рачунарство и информатика, информационе технологије

ВРСТА ЧЛАНКА: стручни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

**Сажетак:**

За достизање жељеног квалитета софтвера најпре је потребно поседовати информације о постојећим стандардима из ове области, а затим их поштовати у свим фазама животног циклуса софтвера. У раду је наглашен значај примене стандарда из области квалитета софтвера. Међународна организација за стандарде је у последњих 20 година одиграла важну улогу у развоју више стандарда квалитета софтверских производа. На почетку рада приказана је еволуција стандарда из области квалитета софтвера, а затим је детаљно описана актуелна серија ISO/IEC стандарда под називом SQuaRE. Ова област је веома значајна, јер познавање стандарда квалитета софтвера и њихова примена доприноси развоју квалитетног софтвера која ће му обезбедити широку употребу и трајање. Примена описаних стандарда и евалуационих приступа за квантификацију особина квалитета софтвера зависи од расположивих ресурса за извођење метода (време, новац, број потребних евалуатора и њихова стручност, број корисника за тестирање, место и опрема за тестирање), потребног нивоа објективности, те могућности примене у разним фазама израде апликације.

Кључне речи: *ISO, стандард квалитета, квалитет софтвера.*

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 06. 04. 2016.  
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /  
Датум достављања исправки рукописа: 01. 10. 2016.  
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум  
коначног прихватања чланка за објављивање: 03. 10. 2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the  
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).


© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military  
Technical Courier» (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и  
распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons»  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у  
складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



# APPLICATION OF RELATIVE POSITIONING IN TOPOGRAPHIC SURVEY PREPARATIONS ON A FULL BASIS IN ARTILLERY

*Damir M. Projović*

University of Defence in Belgrade, Military Academy,  
Department for management, Belgrade, Republic of Serbia,  
e-mail: damirpro@yahoo.com,  
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0002-6285-3485>

DOI: 10.5937/vojtehg65-8061

FIELD: Satellite Navigation, Military Sciences  
ARTICLE TYPE: Professional Paper  
ARTICLE LANGUAGE: English

## *Abstract:*

*The paper deals with the method of GPS relative positioning during topo geodetic survey preparations in artillery. Two Trimble Pro XRS receivers were used as a base station and a rover while a modem was a communication means between the devices. In order to get the results of the survey, statistical methods were applied in the subsequent data analysis. The results show a significantly reduced likelihood of errors at work in comparison to required values. The application of relative positioning during topographic survey preparations on a full basis provides much faster operation and higher accuracy than the prescribed one.*

*Key words: global position system, relative positioning, topographic-survey preparation, circular error probable.*

## Introduction

One of the main requirements of modern artillery is to determine coordinates of launching sites and observation posts accurately enough and fast enough for artillery firing. The requirement to determine the coordinates accurately enough and fast enough is durable and legitimate. However, in modern operations, less accurate but timely determined coordinations are more acceptable than those perfectly accurate but determined too late.

The application of classical field artillery survey is possible only in conditions of good visibility, which means that there is no procedure which,



in a longer period of time, can provide the determination of coordinates during all day and night. Modern combat effects require that coordinate points be determined in all visibility conditions.

The most modern artillery weapons able to open fire immediately after stopping require to know accurate coordinates at the very moment of halt. An artillery observer whose movements follow the combat deployment of a supported unit also needs to know the current position coordinates in every moment so that he could successfully detect a target and control artillery fire. This sets very strict requirements for rapid and accurate determination of coordinates, which is the essence of one of the basic problems of modern artillery.

GPS NAVSTAR (GPS) and GLONASS created a possibility that any point on Earth, at any time of the day and in all visibility conditions can have its coordinates determined in a very short time, where the accuracy of coordinates usually depends on a user's subsystem, the number of satellites that can be observed simultaneously from a given point, the duration of observations and a GPS method.

Last-generation self-propelled multiple rocket launchers are positioned and oriented to firing positions via GPS receivers. One of the ways of orientation to the North is using a rigid horizontal bar with two GPS antennas. The bar length dictates the accuracy of orientation to the North (Sekulović, Đurković, 2010, pp.32-46).

## Conventional field artillery survey

Depending on a combat situation, the number of known points, time available, time of the day, weather conditions, relief and accuracy to be achieved, field artillery survey may be on a full basis or according to a map. After a preparation of topographic surveying, a topographic unit can be set for determining the coordinates of landmarks, benchmarks and targets detected and for controlling field artillery survey of artillery battalions.

Actions in field artillery survey are prepared in detail and operable. However, a problem is that some actions are based on old-fashioned, slow, manual and outdated methods in which impermissibly big mistakes occur. Random errors, Table 1 (Priručnik za vojnika topografa zemaljske artiljerije, 1979, pp.181-200) occurring at work with outdated equipment in the operation preparatory phase are reflected in the operation execution phase on a hit probability. Increasingly complex requirements raise a question of efficiency of topographical surveying and preparation of artillery

fire support. The criteria for the evaluation of results are getting stricter. On the one hand, faster and high quality work is requested; on the other hand, tasks grow in number. As a result, there is a discrepancy between effort and results achieved (Glišić, Tugomir, 2007, p.56).

Table 1 – Features of the conventional method of artillery survey

Таблица 1 – Характеристики методов конвенциональных топографо-геодезических учений

Табела 1 – Карактеристике метода конвенционалне топографско геодетске припреме

Preparation	Modes	Ratings			Accuracy
		5	4	3	
Map-based, mark roughly	Backward intersection	10'	12'30"	14'20"	< 50 m
	Sighting with the measurement	10'	12'30"	14'20"	< 50 m
	Comparing charts with the terrain	7'	10'	15'	< 50 m
Map-based, with instruments	Using a short base	14'	16'	18'	< 50 m
	Intersection from reverse rectangular azimuths	7'	10'	15'	< 50 m
	Point of travers	/	/	/	< 50 m
Total-based topographic survey	Computational methods of processing travers	10' 20'	12' 24'	14' 28'	< 2 m
	Graphic forward intersection and a combined	14'	16'	18'	< 12.5 m
	Calculating, forward intersection and a combined	24' 27'30"	29' 33'30"	35' 41'	< 2 m
	Graphically, backward intersection to three points	14'	17'	20'	< 12.5 m
	Calculating, backward intersection to three points	54'	65'	80'	< 2 m

In current practice, it is not possible to determine the coordinates of points accurately and quickly at the same time. In order to precisely determine the coordinates of three firing positions and three observation posts of one division on a topographically unprepared terrain, (6 points in two different areas) 6 to 8 people should continuously work for 6 to 8 hours (Maksimović, 1996, p.79). Nevertheless, the required time of NATO artillery units to determine coordinates is up to twenty minutes.

### *Artillery survey on the total basis*

Artillery survey on the total basis is the basic method of artillery preparation, thus ensuring a unique reference system for artillery units and more accurate determination of the initial elements for firing. Artillery survey on the total basis includes:

- Developing artillery trigonometry network;
- Defining the coordinates of launching sites, observation posts and observation stations of artillery units;
- Defining the coordinates of targets and landmarks;
- Defining the data to guide the weapons and orienting instruments.

The methods for determining the coordinates of points are as follows: 1) polar method; 2) travers; 3) forward intersection and combined intersection; 4) backward intersection with three points; 5) triangulation.

An artillery battery (according to organizational and formational solutions in the training system) is not qualified to perform artillery survey on the total basis, but is capable of map-based artillery survey in 10 to 30 minutes but cannot reach the required data accuracy. The required accuracy can be reached by topographic units composed of 6-9 people, who, after a long specialist training in an artillery battery on topographically processed terrains, take 2 to 3 hours for field measurement and data processing, where very complex data processing consumes about 50% of the available time. The main problem is how to make artillery survey last shorter and enable artillery batteries to execute fast artillery survey on the total basis (Maksimović, 1995, p.45).

### *Map-based artillery survey*

Map-based artillery survey includes determining the coordinates of launching sites and observation posts of artillery units, based on the contour points and ground objects for which data are taken from the map and, if possible, checking the orientation of artillery weapons in the direction and orientation of instruments. Due to various unavoidable errors that occur in operation, this method results in considerably lower accuracy than the preparation on the total basis. It is used when there are no conditions for the application of artillery survey on the total basis.

The accuracy of map-based artillery survey depends primarily on the image scale (accuracy of 1 to 2 mm of the scale), and tools used; therefore, maps with greater scales (1: 25,000 and only exceptionally 1:

50,000) should be used. Contour points on the map and on the ground are taken as the known points for determining the coordinates of launching sites and observation posts of artillery units. For greater accuracy, whenever possible, trigonometric network points should be used. Map-based artillery survey can be performed using instruments or special tools (Uputstvo za topografsko-geodetsko obezbeđenje artiljerije, 1981, pp.209-211).

It is obvious that the modernization of artillery survey is necessary and that the way to solve this problem is the application of methods based on global navigation satellite systems (GNSS).

### *Methods and features of GPS positioning*

Depending on the number of points the positions of which are determined and the relation of the obtained coordinates of the points (dependence of determining the coordinates of one point on the position of the other, referent one), GPS positioning methods can be generally divided into the following main categories: absolute method, relative positioning method and positioning of network points.

With regard to the operation when determining the coordinates of points (absolute or relative ones), both of these methods can be in the static or kinematic mode. The advantage of the static methods is that redundant measurements are obtained while the advantage of the kinematic methods is that measurement results are obtained in real time. Table 2 summarizes the characteristics of GPS positioning techniques.

*Table 2 – Features of the GPS methods*  
*Таблица 2 – Характеристики методов GPS*  
*Табела 2 – Карактеристике метода GPS*

The method of positioning		Features	Accuracy
Absolute	Static	Using of C / A-code; at least 4 satellites	20 – 50 m
		Using the P-code; at least 4 satellites	5 – 20 m
		Using precise ephemeris; a minimum of 4 satellites	2 – 5 m
	Kinematic	very brief observations (1 msec); at least 4 satellites	20 – 50 m

The method of positioning		Features	Accuracy
Relative	Static	Non-current static observations; database of more than 100 kilometers; at least 4 satellites	1 mm + 1 ppm
		Current observations (8-30 min); short base (less than 10 km); dual-frequency receivers; at least 4 satellites	5 mm + 1 ppm
	Kinematic	Current observations (5 min); necessary to return to the station; up to 10 km; minimum of 4 satellites	1 cm + 2 ppm
		Current observations; necessary connections between cells; up to 10 km; at least 4 satellites	1 cm + 2 ppm
		Without stopping; special software is required; up to 10 km; OTF initialization; a minimum of 4 (5) satellites	1.5 cm + 2 ppm
Differential GPS		Applying code measurements; at least 4 satellites	0.6...10 m

The highest accuracy is achieved with relative positioning methods, phase measurements, especially in the static mode, i.e. with the static relative positioning method.

#### *Methods of absolute positioning*

The results of this positioning method are determined, independent (absolute) coordinates of individual points in real time. The main characteristic of the absolute positioning methods is work with a single GPS receiver. Spatial rectangular coordinates are obtained, based on the measured pseudorange from the satellite to the receiver antenna and the antenna height above the point whose position is determined, Figure 1.

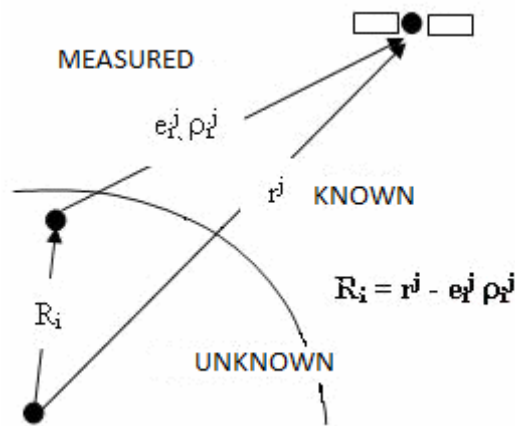


Figure 1 – The principle of absolute positioning  
 Рис. 1 – Принцип абсолютного позиционирования  
 Слика 1 – Принцип апсолутног позиционирања

The accuracy that can be achieved with this method within a few seconds is in the range of 5-50 m (With an SA on, accuracy decreases three to four times), or up to about 2-5 m with precise ephemerides. When the R-code is used, accuracy in the determination of the pseudorange is better than when the S / A-code. Absolute positioning methods are used for navigational purposes, on land, at sea and in the air, and partially meet the needs of artillery units.

The accuracy in assessing a position with absolute positioning methods depends on several factors, but generally speaking, positioning accuracy depends on the accuracy of determining the pseudorange. The pseudorange is a value consisting of a geometric distance from the satellite to the receiver and an error in its measuring. There are multiple sources of errors which, together with pseudoranges, represent an effective measure of pseudorange accuracy uncertainty. This total measure is called User Equivalent Range Error (UERE).

The sources of errors that affect absolute positioning are as follows:

- errors of the clock in the satellite,
- errors of ephemerides,
- errors caused by relativistic influences,
- errors caused by the influence of the layers of the atmosphere (ionosphere and troposphere),
- errors caused by the imperfection of the receiver construction, and
- errors caused by multiple reflection of signals.

## Methods of relative positioning

The relative positioning methods include simultaneous measurements of pseudoranges from two receivers to at least four satellites. One of the receivers must be stationary (GPS base) with known spatial geocentric coordinates  $(X, Y, Z)$  - a point of reference, and the coordinates of the second receiver position are relative  $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$  with respect to the first receiver. The relative coordinates form a position vector of the required point in relation to the known one, i.e. the base line. The geocentric coordinates of the required point  $P_2$  in relation to a given  $P_1$ , Figure 2, are determined using the following expression:

$$R_2 = R_1 + \Delta R_{12},$$

where  $R_2$  is the geocentric position vector  $P_2$ ,

- $R_1$  is the geocentric position vector  $P_1$ , and
- $\Delta R_{12}$  is the spatial position vector  $P_2$  with respect to  $P_1$  (the relative position vector).

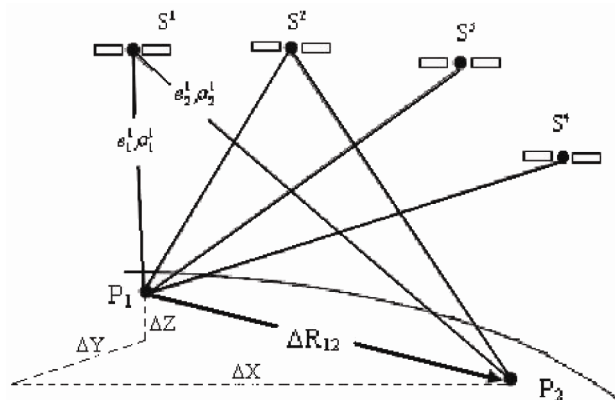


Figure 2 – The principle of relative GPS  
 Рис. 2 – Принцип относительного GPS  
 Слика 2 – Принцип релативног GPS

The receiver at the station whose coordinates are determined can be stationary (for a static method) and mobile - rover (for a kinematic method).

Relative kinematic positioning is a GPS procedure that allows, in a short period of time, determining the trajectory of the rover antenna, Figure 3. Therefore, this method determines the relative coordinates of the rover in relation to the base receiver. The method of relative kinematic positioning (RKP) has a characteristic of fast acquiring a large number of

positional data with an accuracy that meets the needs of topographic surveys. RKP accuracy depends primarily on the retention time of the rover at an unknown point, which is from one second to a few minutes, depending on the type of point and the required accuracy. For example, when the rover is at the station for a period of five minutes and 20 registrations with a measurement epoch of 20 seconds, an accuracy of  $1 \text{ cm} + 2 \text{ RRM}$  can be achieved. Namely, it is an accuracy in centimeters, and when RKP is applied in real time, accuracy decreases up to a decimeter. In the course of measuring, connection with at least four satellites is necessary.

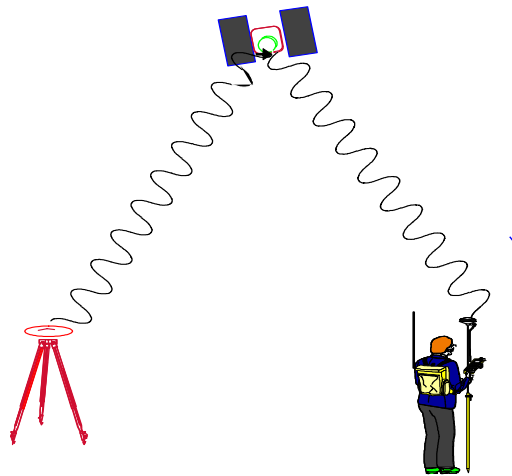


Figure 3 – Relative kinematic positioning

Рис. 3 – Кинематическое относительное позиционирование

Слика 3 – Релативно кинематичко позиционирање

There are two different methods of relative kinematic positioning:

- relative kinematic positioning in real time (Kinematic Survey over a Real Time or Real Time Kinematic - RTK)
- relative kinematic positioning with post-processing (Post-processed Kinematic Survey), (Božić, 2005, pp.14-19).

### *Processing of the Global Positioning System*

Processing means a set of actions and procedures in the planning of processing and preparation of documents in the realization and implementation of the planned processing, processing of the measurement



results and obtaining the required data on the positions of the required points and data analysis.

### *Planning of measurements*

Based on the available equipment and technical and material resources, an analysis for GPS measurements was carried out as well as the planning of measurement realization and necessary actions for determining the coordinates of the primary and other elements of the combat disposition of artillery units.

There were two Pathfinder ProXR GPS receivers. Measurement planning and the subsequent data processing were done on personal computers with the support of software packages. Based on the task, GPS measurements were conducted in the area of the attack zone.

For planning and selecting measurement positions and cells, TK50 (583-1, 583-2, 583-3, 583-4) was used as well as air photos of the area.

For developing an artillery network and determining the coordinates of combat dispositions of artillery units, the following eight points were taken:

VP1 (Launching site 1)

VP2 (Launching site 2)

VP3 (Launching site 3)

O1 (Observation post 1)

O2 (Observation post 2)

O3 (Observation post 3)

B1 (base station, also the aiming point, trig. point of the third order)

B2 (base station, also the aiming point, trig. point of the third order)

Based on the length of the base lines, i.e. the distances between the points, and on the elevation mask for some points, sessions were determined to last 5 minutes and signals from the satellites above the elevation angle of  $13^\circ$  were registered.

In the planning phase and the phase of measurement preparation, spatial data (coordinates in the Gauss-Kruger projection - X, Y, and height - Z) were collected, regarding the points agreed to be the basic network points, Table 3.

Table 3 – Spatial data (X, Y, Z) on the points in the G-K projection  
Таблица 3 – Пространственные данные (X, Y, Z) на точках в G-K проекции  
Табела 3 – Просторни подаци (X, Y, Z) о тачкама у G-K пројекцији

Point Mark	X [m]	Y [m]	Z [m]
B1	4792738.492	7598590.854	467.745

Point Mark	X [m]	Y [m]	Z [m]
B2	4793751.080	7598727.161	400.482
VP1	4793248.929	7598802.074	364.481
VP2	4792501.004	7599499.598	359.116
VP3	4793127.382	7599748.856	306.843
O1	4788875.275	7602116.462	451.331
O2	4790451.471	7603651.004	299.872
O3	4791125.629	7604801.141	357.286

### *Realization of measurements*

After centering and measuring the height of the antenna and connecting the receiver with the antenna and the controller, the receiver and the controller were put into operation. By making the controller operational, the main menu appears on the display, with appropriate options for entering point data, the antenna heights and types, measurement methods, etc., followed by a signal registration onset.

During the measurement, there were usually five to eight satellites visible, rarely four or nine. The constellation of satellites during the measurement was satisfactory, which is supported by the fact that the value of PDOP factors ranged from 1.8 to 4.4.

### *Measurement processing and measurement quality control*

There are a number of software solutions for measurement processing, depending on the receiver model and equipment. Equipment manufacturers produce software packages for data processing. Despite the fact that there are different developers and companies, all programs are based on the same conceptual principles.

Trimble, as already mentioned, offers the Pathfinder software package for data transfer and post-processing. Pathfinder consists of basic multifunctional modules intended to perform certain phases in measurement processing. Within each module, there are options for processing individual operations in more detail.

The results after processing GPS coordinates are shown in Table 4.

Table 4 – Coordinates of the G-K projection  
 Таблица 4 – Прямоугольные координаты в проекции G-K  
 Табела 4 – Правуугле координате у G-K пројекцији

Point mark	X [m]	$\sigma_x$ [m]	Y [m]	$\sigma_y$ [m]	$\sigma_{2D}$ or DRMS [m]	CEP [m]
VP1	4793248.929	0.345	7598802.074	0.333	0.47987	0.39998
VP2	4792501.004	0.315	7599499.598	0.304	0.43818	0.36523
VP3	4793127.382	0.389	7599748.856	0.376	0.54139	0.45126
O1	4788875.275	0.407	7602116.462	0.393	0.57419	0.47222
O2	4790451.471	0.286	7603651.004	0.276	0.39833	0.33201
O3	4791125.629	0.327	7604801.141	0.316	0.45591	0.38001
Average						0.40012

The accuracy in determining the point coordinates is defined by the values of standard deviations -  $\sigma$ , histograms of standardized deviations (standardized residuals) base lines / vectors and the ellipses of the errors in determining the point positions based on the measurement results.

The values of the standard deviation  $\sigma$  of the coordinates of the spatial position can be assessed separately - the standard according to the X-axis (in the Gauss Kruger projection)  $\sigma_x$  separately from the one according to the Y-axis -  $\sigma_y$  - but also as an overall standard of the 2D position estimate -  $\sigma_{2D}$ . Error ellipses in position estimation represent the measure of the accuracy of estimates of point coordinates, and, consequently, the assessment of measurement quality.

In artillery, average probable error or probable error of a mean is most commonly used as the measure of accuracy. In this context, the 2D standard deviation is converted into a circular error probable, according to the formula (GPS Position Accuracy Measures, 2003, p.4):

$$\text{CEP} = 0.62\sigma_y + 0.56\sigma_x$$

### *Analysis of the results*

Based on the data after processing, the results of the research are as follows:

- 0.344 m
- 0.333 m
- CEP = 0.40012m.

When comparing the results of researching the CEP = 0.40012m with the permissible errors of a complete preparation up to 2 meters (Table 1),

we can conclude that the GPS method of relative positioning provides much smaller probable error than the required one.

## Conclusion

If we start from the fact that accurate and rapid determination of coordinates of points (launching sites and observation posts) is one of the main problems of modern artillery, the conducted research has found the possibilities to solve this problem by using GPS receivers with relative positioning in artillery survey on a full basis. Necessary operational time with conventional methods is 2-3 hours on the prepared terrain and 6-8 hours on the unprepared terrain; when this is compared with the necessary operational time with a GPS relative method of 20 minutes, the necessary time period is 6 to 24 times shorter.

On the other hand, in combat operations of the armed forces of developed countries, impacts on artillery fire support objectives are far higher because the global positioning system is applied not only to determine the combat disposition of forces and as an artillery weapon orientation tool, but also to home projectiles to targets. It can be concluded that GPS technology has certainly not yet reached its peak in terms of applications in the Serbian Army. Of course, with the development of competition in GPS navigation, increase in accuracy and reduction in price, its application will increase consequently.

## References

GPS position accuracy measures, 2003, Study Novatel [Internet], Available from: <http://www.novatel.com/assets/Documents/Bulletins/apn029.pdf>, Accessed: 28 October 2014.

Božić, B., 2005, Premer nepokretnosti primenom tehnologije globalnog sistema pozicioniranja, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Glišić, G., Tugomir, K., 2007, Primena uređaja za globalno pozicioniranje u artiljerijskim jedinicama vatrene podrške, pp.55-59, Konferencija odbrambene tehnologije OTEH, Beograd, Oktobar 5-7.

Maksimović, S., 1995, Informacioni sistem topografsko-geodetske pripreme, Novi glasnik, 3(3), pp.45-49.

Maksimović, S., 1996, GPS prijemnici u KOV, Novi glasnik, 4(2), pp.77-88.

Priručnik za vojnika topografa zemaljske artiljerije, 1979, Beograd, Vojnoizdavački zavod.

Sekulović, D., Đurković, V., 2010, Pozicioniranje, orijentisanje i određivanje daljine do cilja na samohodnom višecevnom raketnom lansirnom sistemu korišćenjem GPS i elektronskih karata, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, 58(3), pp.32-46, doi:10.5937/vojtehg1003032S.

Uputstvo za topografsko-geodetsko obezbeđenje artiljerije, 1981, Beograd, Vojnoizdavački zavod.

---

#### ПРИМЕНЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ Артиллерийских подразделений в топографо-геодезических учениях

Дамир М. Пројович

Университет обороны в Белграде, Военная академия, Кафедра менеджмента, г. Белград, Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: спутниковая навигация, военные науки

ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

#### Резюме:

*В данной статье описаны методы относительного позиционирования, применяемые в топографо-геодезических артиллерийских учениях. В тестовых топографо-геодезических задачах на полной основе использованы два приемника Trimble Pro XRS в качестве базовой станции и ровера, а также модем в качестве связи между устройствами. С целью получения результатов исследования при вторичной обработке данных применялись статистические методы. Результаты показали значительное снижение вероятности ошибок в анализе требуемых значений. Применение метода относительного позиционирования при топографо-геодезических изысканиях на полной основе способствует значительному ускорению работы и обеспечивает высокую точность изысканий.*

Ключевые слова: глобальная система позиционирования, относительное позиционирование, топографо-геодезические учения, круговое вероятное отклонение.

---

ПРИМЕНА РЕЛАТИВНОГ ПОЗИЦИОНИРАЊА  
У ТОПОГРАФСКО- ГЕОДЕТСКОЈ ПРИПРЕМИ  
НА ПОТПУНОЈ ОСНОВИ У АРТИЉЕРИЈИ

Дамир М. Пројовић

Универзитет одбране у Београду, Војна академија, Катедра менаџмента,  
Београд, Република Србија

ОБЛАСТ: сателитска нацигација, војне науке

ВРСТА ЧЛАНКА: стручни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

**Сажетак:**

*У раду је приказана примена GPS метода релативног позиционирања при извођењу топографско-геодетске припреме у артиљерији. При извођењу топографско-геодетских радова на потпуној основи коришћена су два Trimble Pro XR пријемника као базна станица и ровер, као и модем као комуникација између уређаја. Како би се добили резултати истраживања примењене су статистичке методе у накнадној обради података. Резултати показују знатно смањење вероватних грешака у раду од захтеваних вредности. Примена релативног позиционирања при извођењу топографско-геодетских радова на потпуној основи обезбеђује вишеструко бржи рад и већу тачност од прописане.*

*Кључне речи: глобални позициони систем, релативно позиционирање, топографско-геодетска припрема, кружна вероватна грешка.*

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 14.04.2015.

Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /

Датум достављања исправки рукописа: 03.06.2016.

Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум  
коначног прихватања чланка за објављивање: 05.06.2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the  
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military  
Technical Courier» (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и  
распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons»  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у  
складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



## TOWARDS MAKING OPTIMAL DECISIONS IN THE SERBIAN ARMY FOR REDUCING THE EFFECTS OF ORDNANCE EXPLOSIONS

Dejan S. Stojanović<sup>a</sup>, Petar Lj. Stojilković<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Serbian Armed Forces, 4th brigade of Land Forces, Vranje, Republic of Serbia,

e-mail: dejans44@yahoo.com,

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0001-6220-5990>

<sup>b</sup> Institute for Safety and Health at Work and Fire Protection, VIP Center Ltd., Leskovac, Republic of Serbia,

e-mail: vip.agencija@yahoo.com,

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0001-8290-924X>

DOI: 10.5937/vojtehg65-10514

FIELD: Environmental Protection and Crisis Management

ARTICLE TYPE: Professional Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

### Abstract:

*The paper proposes organising a professional team of the Serbian Army members who would, in addition to their regular duties, assess the hazards, risk and threats of possible explosions of explosive materials and suggest accordingly optimal decisions to decision makers. Operational meetings are defined, followed by the explanation of the importance of training a team of experts for making optimal decisions, in order to reduce the security threat to people and property from the effects of the explosion of explosive materials. The research results and the discussion point to the lack of involvement of other members of the Serbian Army in the basic command functions when proposing solutions for making optimal decisions. It has been emphasized that the findings of the research process would increase the security and safety of all members of the Serbian Army from the effects of explosions of explosive materials.*

Key words: *optimal decision, ordnance, explosion.*

## Introduction

By making optimal decisions, Serbian Army members tend to prevent any occurrence of adverse events during explosions of explosive materials with disastrous results. If it is known that the basic characteristic of all ordnance is the release of large amounts of energy due to chemical decomposition resulting in mechanical work on the environment and destroying all living beings, then a timely decision represents the basis for a timely neutralisation of all possible sources of security threats to people and property from the occurrence of ordnance explosions<sup>1</sup>.

The chemical process of decomposition of explosives and explosive materials at the expense of oxidation of carbon and hydrogen with oxygen from the structure of specific molecule groups causes a break of energy-rich bonds at variable speed<sup>2</sup>, when heat energy is released with a creation of large amounts of gases. The expansion of these gaseous products due to very high pressure causes lethal and destructive effects of explosions. It is this property of explosive compounds which has the explosive effect on the surroundings, thus endangering the safety of people and their property.

The chemical process of explosive decomposition of explosive compounds is a characteristic feature of explosive materials; it occurs at speeds ranging from a few cm/s to several km/s. A slow reaction of an explosive compound<sup>3</sup> does not pose a major threat or risk to the safety of people and property, while relatively fast decomposition reactions of explosive compounds (9.5 km/s for a detonation) with the release of large amounts of thermal energy and the creation of high-pressure gases pose a great threat to people and their property. The faster the decomposition of explosive devices, the stronger the explosive, which therefore puts people and property at higher risk and greater danger (Stojanović, 2013, p.11).

---

<sup>1</sup> Explosive materials consist of the smallest particles (molecules and atoms) which build a composite explosive substance and carry basic properties of these materials (substances). How much energy will be released by the chemical decomposition of explosive compounds, primarily depends on their chemical composition which consists of C, H, O and N atoms, with the addition of certain additives, bound by single, double, triple and larger chemical bonds, such as: C-NO<sub>2</sub>; CO-NO<sub>2</sub> and N-NO<sub>2</sub>; -N=N-. Thus interconnected atoms within structural molecule groups build complex explosive compounds of high energy potential.

<sup>2</sup> Chemical reaction rate is the combustion distance per unit of time.

<sup>3</sup> Relatively slow decomposition reactions of explosive compounds are typical mainly for gunpowder and rocket fuel, the explosive decomposition energy of which is used to launch missiles and rockets in gun barrels.



In these circumstances, negative effects either occur suddenly and unexpectedly or they start slowly but gradually assume stronger forms. Bearing in mind the above given forms of dangers, risks and threats, members of the Serbian Army need to prevent any form of uncontrolled explosions by making optimal decisions for reducing the effects of explosions of explosive materials.

## Creating a team of experts

Explosions of explosive materials can happen at any time and in places where explosive materials are produced, stored and maintained (military industry for ordnance production, field and stationary warehouses, etc.) as well as in places where large amounts of explosive materials are used for efficient and effective exercises with live ammunition (shooting ranges and training grounds for training and checking the level of military personnel's acquired knowledge and skills and their competence to carry out combat operations). This is why those in charge have to make decisions about which dangers, risks and threats from the occurrence of explosions of explosive materials need to be considered at workplaces<sup>4</sup> and the working environment<sup>5</sup> and to which extent. In order to make optimal decisions, it is necessary to form teams of experts at the army unit level, who will, along with their regular duties, assess the danger, risk and threat of the occurrence of explosive material explosions. They will also suggest types of development of possible unexpected events.

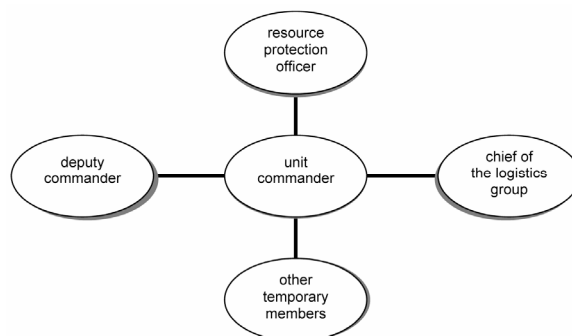
The organizational structure of expert teams at the level of a battalion-division would consist of: unit commander<sup>6</sup>, deputy commander, resource protection officer, chief of the logistics group and subordinate commanders who are from these units (Figure 1).

---

<sup>4</sup> Workplace is a space for performing job duties (inside or outdoors, as well as on combat equipment) where one performs one's duties or is allowed to access during work (Službeni vojni list, 2014).

<sup>5</sup> Working environment is the area where work and training are carried out, including also workplaces, working conditions, working procedures and relations during work and training processes (Službeni vojni list, 2014).

<sup>6</sup> The unit commander is responsible for the production, storage and maintenance of explosives, as well as for the unit carrying out exercises with live ammunition.



*Figure 1 – Organizational structure of the expert team of a battalion-division*  
*Рис. 1 – Организационная структура экспертной группы батальона-дивизиона*  
*Слика 1 – Организацијска структура стручног тима батальона – дивизиона*

Since all the members of expert teams already have their assigned duties depending on their positions in the army, it is necessary to allocate their responsibilities when assessing dangers, risks and threats of the occurrence of explosions of explosive materials. Their responsibilities will be more precise and clearer if regulated by law and if duties (responsibilities) are defined for each member in particular.

The organizational structure in the Serbian Army is centralized. The commander with the already existing command represents the highest decision-making level. The commander commands subordinate units and is responsible for all the aspects of further managing dangers, risks and threats (Karović, Komazec, 2010, p.230). When performing an activity, the commander is in charge of making a decision which represents one of the versions of his mental work to ensure safe execution of tasks. This decision is a concept (knowledge and skill) or the final result of the mental work concerning the execution of a given task in an optimal manner. After consulting the other members of a temporary unit for making optimal decisions, the commander makes the final decision to perform the given tasks as a result of the assessment of all the elements of the situation and variants of the action. Thus begins the safe execution of the task because the commander is held responsible for the safety of all the members of the unit and their protection from all possible sudden events in which effects of the explosion of explosive materials can occur. When unexpected events do occur, problems usually pile up and many wrong decisions are made. This is why heavy responsibility lies on the commander who needs to quickly analyze the causes, assess the consequences and take concrete and constructive measures to overcome the current situation. It is necessary to include the deputy commander in helping the unit commander to avoid certain problems. The main role of the deputy

commander would be to coordinate and organize meetings, provide proper working conditions, inform the members of the expert team about the requirements of the superior command and about the events from the previous period, to monitor the results, to inform the commander about the achieved goals and to substitute the commander when the commander is unable to attend meetings.

In the process prior to the final decision making, it is necessary to consult the resource protection officer and the chief of the logistics group before each activity.

The role of the resource protection officer would be to assess a possible threat to the Serbian Army members from the effects of an explosion of explosive materials, inform the other expert team members about the dangers, risks and threats of the explosion(s) of explosive materials which threaten to endanger the safety of people and property in a particular area as well as about the dangers, risks and threats that occurred in the previous period. The chief of the logistics group should inform the other team members about the storage of the explosives which would be used in practice or stored in the warehouse, about their amounts, sensitivity, instability as well as about a possibility of explosions of explosive materials during their transport, storage or maintenance.

It must be noted that the command led by the commander is in charge of decision making and introducing certain measures of protection and the course of actions to mitigate and eliminate safety threats to the security of people and their property from the effects of explosions. All these measures are to be undertaken before a sudden event occurs. In order to have everything executed in an organised and planned manner, the commanding staff in the Serbian Army are trained to successfully make decisions concerning assessment of current danger conditions, risks and threats that could occur in case of ordnance explosions. The essence of making optimal decisions stems from the relation of subordination, i.e. all orders come from the command (the managing part of the institution). For the safe, successful and efficient functioning of the command in critical situations, when there is not much time for dispute and discussion, it is necessary to include other members of the commanding staff and commanders of basic units into the organizational structure of expert teams, depending on the commander's opinion and assessment. They would attend operational meetings where all potential causes of explosions of explosive materials would be discussed within a certain timeframe.

## Operational meetings of expert teams

It is necessary to organize operational meetings with the members of expert teams for making optimal decisions in order to discuss the current safety conditions of army members concerning the effects of ordnance explosions and in order to avoid critical events. These meetings should be transparent and open for suggestions and discussions and all the additional explanations. All team members should be able to give their opinions in order to establish a positive atmosphere within the team. It is of special importance that the experience from the previous period be communicated among them so that decisions could be made based on judgement (experience based)<sup>7</sup> in order to avoid similar events which could escalate in the future. This shows that, at a certain point, people and property were threatened by possible ordnance explosions, so, in order to avoid such events in the future, it is necessary to discuss the matter and try to find solutions for the same or similar situations.

Example: During a live firing exercise of an artillery unit, the cases containing HE shells<sup>8</sup> with the overhauled UTIU M-72<sup>9</sup> impact initially delayed action fuze were used for the exercise (Rule on the 122mm self-propelled howitzer). *For this type of projectiles, there are special firing tables which happened to be left behind and not taken for this particular firing exercise. In this situation, the commander must decide whether to continue practice and perform firing with overhauled projectiles, or to stop the exercise thus reducing the danger, risk and threat of a possible occurrence of the effects of an ordnance explosion. This experience may help in the future in dealing with concerns about many problems that may arise before performing exercises with live ammunition and it can also help subordinate units to determine which equipment they must have to successfully perform the shooting.*

During operational meetings, while temporary members of expert teams talk about their experience in the situations in which they were exposed to certain dangers, risks and threats of possible ordnance

<sup>7</sup> Making decisions based on judgment involves repeating a situation or unconsciously linking different situations and connecting them with the current one.

<sup>8</sup> An HE shell is designed to destroy and neutralize living force and weapons sheltered or not, to destroy and neutralize mortars, artillery and missile weapons, as well as to provide fire support to infantry, motorized and armored units in anti-tank warfare. An HE shell consists of the casing, the explosive charge, the driving band, the primer, propelling charge and the cartridge (Rule on the 122 mm self-propelled howitzer).

<sup>9</sup> The UTIU M - 72 fuze type is upper, impact, with quick, inertial or delay action with the broken initial chain, and can be adjusted to quick (o) or delayed (z) action (Rule on the 122 mm self-propelled howitzer).

explosions and about the solutions for overcoming such situations, the deputy commander gathers all the suggestions and facts in a form suitable for a rational and constructive decision-making process<sup>10</sup>. Commanders can propose solutions in these meetings; they are interested in the opinion of each member, so they need to be present there and stimulate mutual understanding and finding the solution by participating and asking questions, since all the aspects of possible events are taken into consideration. Commanders' actions are instantaneous, visible and distinctive and they set an example to those expecting his decision. This is where it can be seen how competent a commander is, how he handles dangerous situations when threatened by the risk of ordnance explosions. The commander is responsible for decision making in line with his responsibilities. Making these decisions by analyzing the danger, risks and threats prevents possible events from occurring, since autonomous decision making in a short period of time carries in itself certain danger, risk and threat. Any unauthorized action is exceeding one's authority, and the use of authority outside security objectives is an abuse of power; in such cases, the security of the object of protection is endangered (Mijalkovski, Đorđević, 2010, p.290).

An analysis of hazards, risks and threats is always associated with adverse outcomes and consequences that occur in the near future. Commanders analyze all the circumstances that may affect the likelihood<sup>11</sup> of re-occurrence of adverse events from the past (Karović, Komazec, 2010, p.232). The assessment of the probability of occurrence of adverse events predicts new events that can be caused by the effects of ordnance explosions in the future, based on available information. Decision alternatives can be then evaluated and a logical framework prepared for the commander, thus creating choices in decision making and reducing uncertainty in critical situations. Events from the previous period have shown that good commanders are open, positive and flexible in critical situations as well as decisive and quick decision-makers when necessary. In any case, it is better to make any decision on a tactical level, than to indefinitely postpone the decision making process. Every decision has to be made in the general interest of the Serbian Army, since decision making is inseparable from the responsibility of decision-makers. Tactical decisions are made by commanders of divisions and battalions at the

<sup>10</sup> Rational decision making means having all important facts and information needed for decision making.

<sup>11</sup> The classic definition of probability was based on an intuitive and experiential notion of probability of events as a relative frequency of a number of favorable outcomes and on the generalization of this notion (<http://starisajt.elfak.ni.ac.rs/phptest/new/html/Studije/predavanja-literatura/matematika-odabrana-poglavlja/verovatnoca.pdf>).

lowest decision-making levels, which provides the basis for the implementation of duties and changes initiated at higher (operational or strategic) levels of decision making.

Deciding on dealing with (solving) security challenges represents the highest level of exposure of the decision-maker to hazards, risks and threats (Mijalkovski, Đorđević, 2010, p.302). In this segment, the commander, in line with his delegated right of decision making, opts for the best variant of intuitive decision making<sup>12</sup>, taking into account fully or partially (or not at all) the proposals of expert team members on resolving defined hazards, risks and threats. The chosen variant may contain danger, risk and threat. It can be very successful in dealing with the threat to the security of people and property in case of ordnance explosions, but it can also result in serious, adverse consequences. It can be chosen based on an unconscious or wrong assessment of the situation that can end in a fiasco.

It is, therefore, recommended that the Regulations on Safety and Health at Work at the Ministry of Defence and the Serbian Army engage some of independent licensed organizations that can help in assessing situations and provide services in the field of safety and health at work<sup>13</sup> in the following situations:

- when there are no experts on safety and health at work within a given system,
- when there is a need for an independent assessment of situations in which tactical exercises with live firing are conducted,
- when there is a training of units and services within one or both branches of the Serbian Army<sup>14</sup> (Službeni glasnik Republike Srbije, 88/2009).

The participation of outside organizations is necessary in special cases of assessment of dangers, risks and threats, and for special, modern support systems (hardware and software support). A complex decision-making process is not possible without appropriate information support. Such a support system was developed in the mid-eighties when

<sup>12</sup> Intuitive decision making is when there are not enough facts and information and when it is not possible to explain the decision that was made as a result of considering several proposals-variants, but the decision-maker makes the decision based on his/her feeling (<https://prezi.com/llc4qg94zrzj/intuitivno-odlucivanje/>).

<sup>13</sup> By risk assessing, the Institute of Safety and Health at Work and Fire Protection can determine the first level of preventive measures which is essentially related to the review of all aspects of work, and is conducted in order to identify elements that can cause injury or damage, remove the dangers and introduce preventive or protective measures to control the risk and create conditions for risk management.

<sup>14</sup> The Serbian Army consists of: Armed Forces, Air Force and Air Defence (Zakon o Vojsci Srbije, 2007).

computer technology was developed, contributing to decision making automation, thanks to Information-Communication support. Involvement of independent licensed organizations in industries for production of explosive materials is also recommended for easier evaluation of the security risk to people and property from the effects of explosions of explosives. The participation of outside organizations would have its limitations and would be regulated by the contract of the command, proposed by the expert team.

The command organisation depends on adverse events and suggestions of expert teams on reducing the security risk to people and property from the effects of ordnance explosions.

## Expert team training

Training members of expert teams to make optimal decisions is of importance for decision making in critical situations. In order to facilitate for team members to understand their roles and responsibilities, it is necessary for them to occasionally meet and discuss issues related to increasing safety of people and property in case of explosions of explosive materials. This would facilitate their work in situations when there is a need for maintaining a high level of awareness and responsibility when proposing solutions to the commander concerning the assessment of situations and making optimal decisions. This would be a unique opportunity to ask questions to the person in charge of decision making and to start a discussion about all issues referring to possible explosions of explosive materials.

Based on the comprehensive retrospective of the sudden events of ordnance explosions which occurred in the past, the resource protection officer informs expert team members about such events. In this process, discussions about possible similar occurrences in the future and procedures in making decisions in critical situations are of great significance. After getting acquainted with the facts, expert team members discuss and predict possible directions of adverse events caused by ordnance explosions, applying a logical-formal analysis based on problem solving with a formalized sequence. The mitigation of hazards, risks and threats of the occurrence of the effects of ordnance explosions is conducted in the following situations:

- if the activity which was estimated as the one that could lead to the appearance of the effects of the explosion of explosive materials had not been started.

- if the activity is subconsciously or consciously postponed,
- when the activity is disrupted because of excessive physical or psychological stress,
- when the activities are divided into several partial ones which can be controlled better,
- when the activities are transferred from one person to another or from a person to an organization,
- when preventive actions are taken in order to reduce the frequency or severity of consequences in order to affect every possibility of ordnance explosion in a workplace or in a working environment. (Stojanović, Stojilković, 2016, p.1068).

When applying a method for reducing the level of threat to the safety of people and property in case of explosions of explosive materials, many different solutions are proposed, so that there are no wrong solutions in the end. Having participated in the analysis during the decision-making process, team members suggest the decision-maker how to overcome certain critical phases. The decision-maker should accept their proposals without much criticism and dispute in order to successfully overcome possible critical phases. The cohesion of the expert team is thus created and a two-way communication flow is established between the members who do the analysis and the decision-maker. These members propose the solutions while the decision-maker makes constructive decisions. This contributes to the development of creative thinking of individual team members, which will enable them to cope more easily with different situations. This way, the decision making process is focused on predicting alternative worst case scenarios so that an optimal decision could be made in order to avoid problems before they occur.

The decision-making process<sup>15</sup> takes place in high-risk situations with a high level of uncertainty, which represents a challenge for the highest level of command (the commander with the already existing command who commands, manages and is responsible for everything that happens in the commanding unit) to understand the surroundings on the macro and micro level and to provide protection to all Serbian Army members, thus achieving the set goals of working safely (Mijalkovski, Đorđević, 2010, p.303). Unfortunately, events from the past show that nothing is easily predictable. In some sudden events, it is not possible to completely predict dangers, risks and threats of explosions of explosive materials ("There are

---

<sup>15</sup> The process of decision making is a dynamic process the aim of which is to have the best course of action of the resource management system for a particular situation or to achieve the desired conditions of the system.



1,000 reasons AGAINST, and only a few FOR, so if something can go wrong, it will go wrong!' - Murphy), which can lead to human casualties, loss of material resources and financial losses. However, if operational meetings are held regularly and Serbian Army members are regularly educated, there is a strong possibility of avoiding the occurrence of adverse events with disastrous outcomes. In order to bring possible dangers, risks and threats to a minimum, it is necessary to enable the commanders to successfully assess the existing conditions in order to make timely decisions in critical situations and avoid the wrong assessment, which often happens during wartime. A wrong decision would mean that the commander did not apply his military expertise and professionalism in the best way. Wrong assessments could appear on different levels of command, and the only way to avoid them is by consulting expert team members. Consultations with team members enable the commander to solve problems more easily. They also help the commander to monitor the development of risky situations, to understand them correctly and react properly. The most important is that the commander has a timely reaction in the decision-making process, which makes him/her active when such a reaction is expected. Consultations represent the relationship between the commander, who needs advice or some help in making decisions, and the expert team who make optimal decisions for reducing the effects of the explosions of explosive materials. Regular consultations improve professional, logical and critical thinking, which contributes to finding constructive and safety solutions during the process of realization of given tasks.

## Results of the research and the discussion

A large number of research works are dedicated to increasing the quality of work and life of the Serbian Army members, while the safety of people and property from explosions of explosive materials in this sphere is insufficiently explored. This is why the issue of increasing the safety of people and property in case of explosions was excluded from the fundamental commanding functions during the process of reorganization of the Serbian Army and its adaptation to the international framework and to the needs for preservation of independence, territorial integrity and sovereignty of the country from armed threats as well as to the needs for protecting national security. The need for improving this field comes from the idea that predicting events from possible explosions of explosive materials with uncertain outcomes should become a part of regular activities. It is each commander's obligation to keep the operational and functional capability of units on a high level even in situations

with potential danger, risk and threats from adverse events with disastrous outcomes. Managing such uncertainties which bring a certain level of danger, risk and threat from explosions of explosive materials makes the commanding system more responsible. This is why commander's responsibility represents an obligation or the ability to make optimal decisions, regardless of the control hierarchy in the chain of command. It also represents the commander's ability to distinguish what is safe and useful from what causes the effects of ordnance explosions. The commander has a responsibility to inform the superior officer but also to fulfil the expectations of the subordinate officer concerning the decision made. The purpose of this is to create the atmosphere of trust in the commanding system and show that people are taken care of.

To gain an insight into the process of decision making of the command, members of the Serbian Army were given an anonymous survey online (<https://docs.google.com/forms/d/14vXWfr7LOtfcjerRpzftwB4y84M52eb814vAWs1Ap70/viewform>). The aim of the survey was to establish to what extent subordinate units trust the command and believe that there will be no safety threats to people and property from explosions of explosive materials. The survey was based on the collected data on the views and opinions of the respondents to the survey (Table 1).

*Table 1 – Trust of the subordinates in the command system*  
*Таблица 1 – Доверие подчиненных в системе командования*  
*Табела 1 – Поверење потчињених у систем командовања*

No.	To what extent are the survey questions present in the respondent's workplace?	Yes	No	No opinion
1.	Have the decisions of superiors met your expectations that explosions of explosive materials will not occur?	36	23	5
2.	Do you believe that the command system will increase the safety concerning the occurrence of ordnance explosions?	40	14	10
3.	Are the decisions of superiors quick and efficient in situations where there is danger, risk and threat of explosions of explosive materials?	38	17	9
4.	Is the superior responsible for the decisions in situations where there is danger, risk and threat of explosions of explosive materials?	49	10	5
5.	Does the superior maintain operational and functional capability of the unit when there is potential danger, risk and threat from explosions of explosive materials?	39	10	15
6.	Are all the responsible members of the Serbian Army included in the decision-making process in situations involving explosive materials?	24	22	17
Mean values		38	16	10

The survey results (Figures 2 to 6) clearly show that among 64 respondents there were more members of the Serbian Army who gave positive assessment than those whose assessments were negative:

- that superiors do meet the expectations of their subordinates concerning the decisions made,
- that the subordinates do trust the command system in making quick and efficient decisions,
- that there is responsibility for decisions having been made,
- that operational and functional capabilities of units are maintained when there is potential danger, risk and threat from explosions of explosive materials.

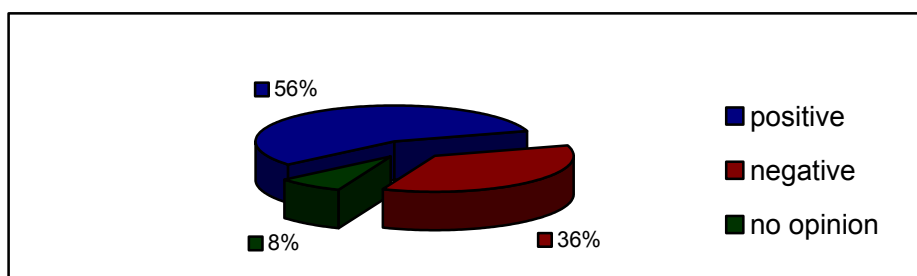


Figure 2 – Assessment of fulfilled expectations from subordinates concerning the decisions made

Рис. 2 – Оценка оправдавшихся ожиданий начальства по поводу принятых решений  
Слика 2 – Оцена подчињених за донете одлуке надредјених

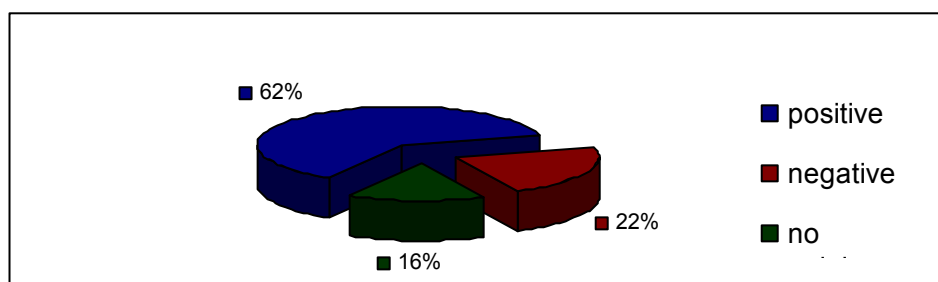


Figure 3 – Assessment of trust in the command system

Рис. 3 – Оценка доверия в системе командования  
Слика 3 – Оцена поверења у систем командовања

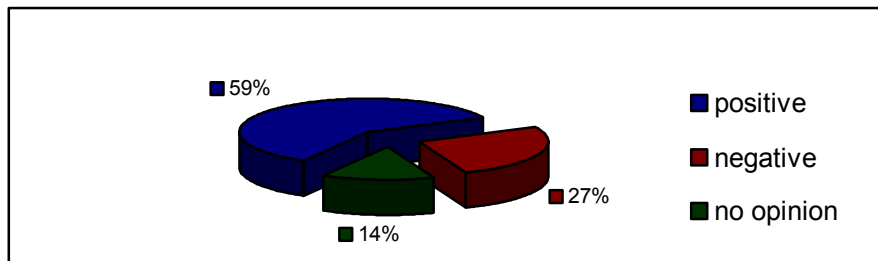


Figure 4 – Assessment of rate and efficiency of the already made decisions  
Рис. 4 – Оценка скорости и эффективности принятия решений  
Слика 4 – Оцена брзине и ефикасности у донетим одлукама

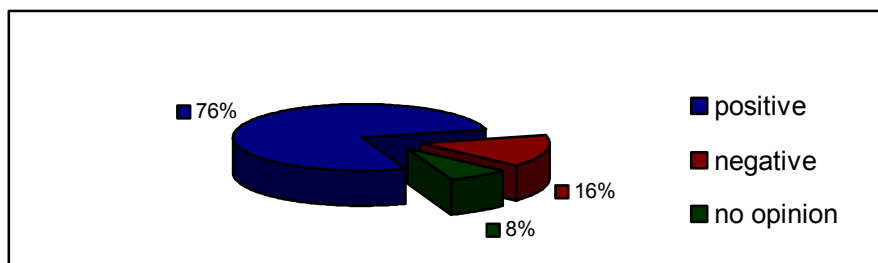


Figure 5 – Assessment of responsibility for the already made decisions  
Рис. 5 – Оценка ответственности за принятое решение  
Слика 5 – Оцена одговорности за донете одлуке

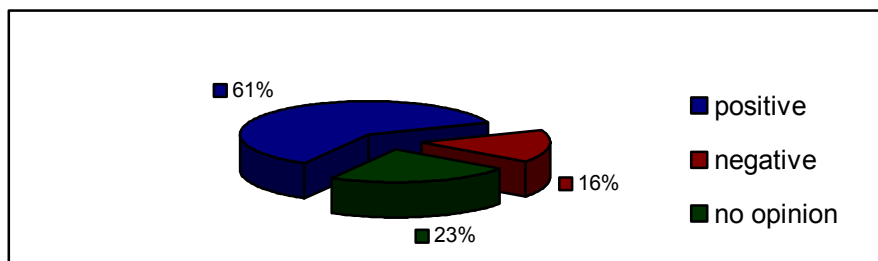


Figure 6 – Assessment of maintaining operational capabilities of units  
Рис. 6 – Оценка поддержки операционных способностей подразделения  
Слика 6 – Оцена одржавања оперативних способности јединице

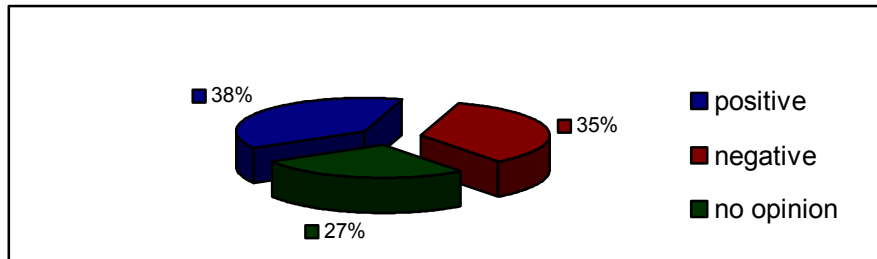


Figure 7 – Assessment of the involvement of all the responsible members of the Serbian Army in decision making

Рис. 7 – Оценка участия всех ответственных лиц – служащих Вооруженных Сил Республики Сербия

Слика 7 – Оцена ангажовања свих одговорних припадника Војске Србије у доношењу одлука

Based on the results of the research, it can be seen that not all responsible members of the Serbian Army are sufficiently involved in important decision making. Finding solutions to safety issues is mainly seen as a responsibility of the highest level of command, which has proven to be insufficient in case of making safe and efficient decisions (Figure 7). This is why, when making important decisions, it is necessary to involve expert teams or independent licensed organizations to the extent determined by the need for safety of people and property and protection from the effects of explosions of explosive materials. When expert team members give different opinions in a particular situation, this can promote a healthy way of advancement and result in finding creative solutions. Expert teams would analyze all the circumstances which could affect the likelihood of the occurrence of effects of ordnance explosions. Evaluation of possible adverse events based on the previous knowledge of team members would help analyze events that might cause the effects of ordnance explosion in the future. In order to facilitate their transparency, all the proposed variants should be saved in some form, for instance in the form of a table. Then, decision alternatives could be evaluated which would give the commander a logical framework enabling a greater range of options in the decision-making process, thus reducing the uncertainty in critical situations. This points to the importance of engaging all responsible members of the Serbian Army in analyzing uncertain decisions that are always associated with potential adverse results and consequences. It also points to the selection of one of the proposed alternative variants of events which influences the decision-making process. When more than one person is involved in the assessment of the security situation of the Serbian Army, it is more likely to prevent the occurrence of unforeseen events.

Sudden effects caused by the effects of explosions of explosive materials, with their size, intensity and abruptness endanger the health and lives of a large number of people, material goods and the environment (Stojanović, 2015, p.136). In situations in which unexpected events unfold in a negative direction, there are frequent occurrences of human anxiety, exhaustion of energy, body paralysis, panic, avoidance and delay of task completion, leading to the lack of concentration and limited possibilities of rational decision making. It is not only situations themselves that cause anxiety, it is also the way of reacting to them, because every decision in every situation of the decision-making process must be in line with the increase of security of people and property, which is constantly confirmed in practice. It can be noticed that in such situations, people who make decisions have big problems possibly leading to hopeless situations because each hazard, risk and threat of possible explosions of explosive materials carries certain amount of fear that prevents people from thinking calmly. Sudden events, therefore, do not occur out of nowhere; there is a process and a cycle of their initiation, generation, development and completion. Listening to the proposals of others and taking into account opinions of expert team members affect the circumstances of unexpected events, and create confidence and calmness among decision-makers before the appearance of adverse events and their culmination.

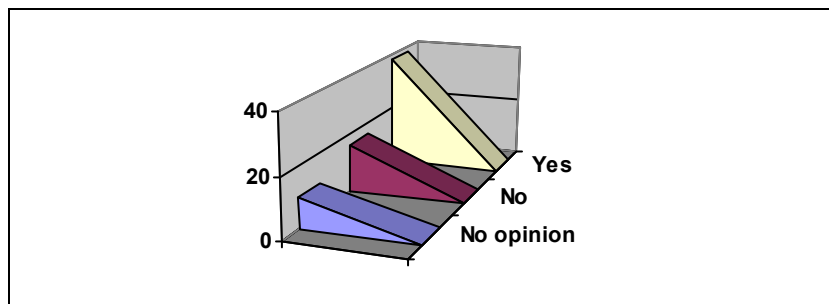


Figure – 8 Result of the mean value  
 Рус. 8 – Результаты среднего значения  
 Слика 8 – Резултат средње вредности

Based on the calculated mean value of all the questions in the survey, it can be seen to what extent each question is really present in the workplaces of the Serbian Army members, which leads to the following conclusions (Figure 8): the fact that more respondents responded positively to the survey questions proves that many Serbian Army members agree that optimal decisions have been made concerning their protection from the effects of explosions of explosive materials. A certain number of respondents stated that the issues covered by the given

questions were not really present in their workplace. This tells us that some of the Serbian Army members do not have a defined opinion concerning this matter. Two conclusions can be drawn from this. One is that the Serbian Army members are not completely satisfied with the current conditions of safety and protection from the effects of explosions in their workplace and their surroundings. The second conclusion is that they do not want to contribute to the development and improvement of the safety situation by not taking a stand and declaring their views concerning this matter.

Consequences are the result of the lack of motivation of the Serbian Army members to improve the current safety situation and do their work in a safe environment. This kind of reaction in practice is known as cognitive dissonance<sup>16</sup>. When it comes to the discrepancy between attitudes and behavior, it often happens that members of the Serbian army themselves say that explosive materials are harmful to people and property, and at the same time they do not sufficiently apply the regulations and rules which determine the methods and procedures of behavior of all persons in places where explosive materials are found. These methods and procedures would, however, help in avoiding unwanted events, or events with negative outcomes.

## Conclusion

Military industry is a very important, responsible, complex and arduous area of activity. It requires superior skills and self-sacrifice from both individuals and the command, exclusively due to the nature of the work they are engaged in. The functioning of this important social organization is entrusted to competent persons who decide the fate of the Serbian Armed Forces under their jurisdiction. In order to avoid surrendering to disorganization in the process of decision making in situations with hazards, risks and threats to people and property from explosions of explosive materials, it is necessary to involve other members of the expert team in making optimal decisions. This confirms that an optimal decision of the Serbian Army members on reducing the effects of the explosion of explosive materials is an integral part of the overall command system, which reduces accidents. Possible accidents, besides causing material damage and consequences to the life and health of

---

<sup>16</sup> Cognitive dissonance is a mental state, often a conflict, in which a person holds an experience of two or more contradictory beliefs or cognitively processes more information. In a healthy individual, it leads to a feeling of mental instability when there is a discrepancy between two or more attitudes or between their behavior and their attitudes (<https://www.google.rs/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&ie=UTF8#q=Temelji+ponasanja+pojedince>).

people and the environment, would have a negative impact on the public reputation of the Ministry of Defense and the Army of Serbia.

In certain situations, it is very difficult to make optimal decisions since the occurrence of the effects of ordnance explosions takes place suddenly, without any warning. This is why this paper is an attempt to, comprehensively and systematically, through the organizational structure of expert teams, propose easier ways of making optimal decisions in order to increase the safety and protection of the Serbian Army members from the effects of ordnance explosions. This process, in which the facts are subjected to scientific analyses, along with an active critical attitude towards the research subject, contributes to the field that has not been sufficiently studied, considering the number of such accidents in the previous period.

### *References*

Keković, Z., Glišić, G., Komazec, N., 2010. Pristup metodologiji integralnog upravljanja rizikom u organizaciji. *Vojno delo*, Beograd, 62(3), pp.243-257.

Mijalkovski, M., Đorđević, I., 2010, Rizik – specifičan oblik ugrožavanja bezbednosti, *Vojno delo*, 62(1), pp.282-306.

Pravilo samohodna haubica 122 mm 2S1 Gvozdika , 1981. Generalštab Vojske SFRJ, Beograd.

Službeni glasnik Republike Srbije, 88/2009, Zakon o Vojsci Srbije, Beograd, JP „Službeni glasnik”.

Službeni vojni list, 20/2014, Pravilnik o bezbednosti i zdravlju na radu u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije, Beograd, Ministarstvo odbrane Republike Srbije.

Stojanović, D., 2013. Zaštita lica i imovine od efekata eksplozije i eksplozivnih materija, Beograd, Kriminalističko-policijska akademija, specijalistički rad, pp.1-109.

Stojanović, D., 2015. Procena bezbednosne ugroženosti ljudi i imovine od efekata eksplozije eksplozivnih sredstava u Vojsci Srbije. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Beograd, 63(4), pp.135-165, doi:10.5937/vojtehg63-7245.

Stojanović, D., Stojilković, P., 2016. Ublažavanje bezbednosne ugroženosti ljudi i imovine od efekata eksplozije eksplozivnih sredstava u Vojsci Srbije. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Beograd, 64(4), pp.1065-1082, doi:10.5937/vojtehg64-8399.

Intuitivno odlučivanje, [Internet], Available from: <https://prezi.com/lIc4qg94zrzj/intuitivno-odlucivanje/>, Accessed: 2016 Feb 3.

Temelji ponašanja pojedinca, [Internet], Available from: <https://www.google.rs/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=Temelji+ponasanja+pojedince>, Accessed: 2016 Mar 29.



Verovatnoća, [Internet], Available from: <http://starisajt.elfak.ni.ac.rs/phptest/new/html/Studije/predavanja-literatura/matematika-odabranapoglavlja/verovatnoca.pdf>, Accessed: 2016 Jan 20.

---

МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПО СМЯГЧЕНИЮ  
ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВА ВЗРЫВЧАТЫХ СРЕДСТВ,  
ПРИНИМАЕМЫХ СЛУЖАЩИМИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ  
РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ

Деян С. Стоянович<sup>а</sup>, Петар Л. Стоилькович<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Вооруженные силы РС, 4-ая пехотная бригада, г. Вранье, Республика  
Сербия

<sup>б</sup> Институт охраны труда и противопожарной безопасности, ООО «ВИП  
Центр» г. Лесковац, Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: охрана окружающей среды и критический менеджмент

ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

**Резюме:**

*Служащие Вооруженных Сил Республики Сербия, принимая оптимальные решения непосредственно влияют на возможность предотвращения различных форм опасных происшествий, таких как взрыв взрывчатых средств, который может повлечь за собой катастрофические последствия. Если иметь в виду, что основной характеристикой взрывчатых веществ является быстрое самораспространяющееся химическое превращение (взрыв) с выделением большого количества тепла и газообразных продуктов, под воздействием которых может быть уничтожен весь живой мир, своевременное и правильно принятое решение представляет основание для благовременного устранения всех возможных источников угрозы безопасности для людей и их имущества от взрыва взрывчатых средств. Так как подобные происшествия наступают неожиданно и непредвиденно, или же наступают постепенно, но незаметно, в дальнейшем принимая угрожающую форму. В связи с вышеперечисленными видами опасности, рисков и угроз служащие Вооруженных Сил Республики Сербия при принятии оптимальных решений по снижению последствий взрывов взрывчатых средств должны прилагать все усилия для предотвращения любой формы неконтролируемого явления, которое может привести к взрыву.*

Ключевые слова: *оптимальное решение, взрывчатые средства, взрыв.*

---

МЕТОДЕ ОПТИМАЛНИХ РЕШЕЊА ПРИПАДНИКА  
ВОЈСКЕ СРБИЈЕ ЗА СМАЊЕЊЕ ЕФЕКТА ЕКСПЛОЗИЈЕ  
ЕКСПЛОЗИВНИХ СРЕДСТАВА

Дејан С. Стојановић<sup>а</sup>, Петар Љ. Стојилковић<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Војска Србије, 4. бригада КоВ, Врање, Република Србија

<sup>б</sup> Институт за безбедност и здравље на раду и заштиту од пожара ВИП  
Центар д.о.о. Лесковац, Република Србија

ОБЛАСТ: заштита животне средине и кризни менаџмент

ВРСТА ЧЛАНКА: стручни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

**Сажетак:**

*Припадници Војске Србије, доношењем оптималних решења, превентивно делују на сваки облик појављивања нежељених догађаја приликом експлозија експлозивних средстава са катастрофалним исходом. Ако се зна да је основна карактеристика свих експлозивних средстава ослобађање велике количине енергије хемијским разлагањем, која је способна да изврши механички рад на околину, уништавајући сав живи свет, онда правовремена решења представљају основу за благовремено отклањање свих могућих извора угрожавања људи и имовине од експлозије експлозивних средстава. У оваквим околностима негативни догађаји наступају одједном и изненада или почињу лагано и даљим током попримају све израженије облике. Имајући у виду наведене облике опасности, ризика и претњи, припадници Војске Србије приликом доношења оптималних решења за смањење ефеката експлозије експлозивних средстава, морају настојати да спрече сваки облик неконтролисаног појављивања овог ефекта.*

*Кључне речи: оптимална одлука, експлозивна средства, експлозија.*

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 16. 03. 2016.

Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /

Датум достављања исправки рукописа: 26. 05. 2016.

Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум  
коначног прихватања чланка за објављивање: 28. 05. 2016.

© 2017 The Authors. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the  
terms and conditions of the Creative Commons Attribution license  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Авторы. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military  
Technical Courier» (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и  
распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons»  
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутори. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier  
(www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у  
складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



# PRIMENA SysML NA POJEDNOSTAVLJEN MODEL OSMATRAČKOG RADARA

Miloš D. Jevtić<sup>a</sup>, Siniša R. Marinković<sup>b</sup>, Ivica B. Marjanović<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Republika Srbija,  
e-mail: milos.jevtic@pupin.rs,

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-2358-0074>,

<sup>b</sup> Univerzitet u Beogradu, Institut „Mihajlo Pupin”, Beograd, Republika Srbija,  
e-mail: sinisa.marinkovic@pupin.rs,

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-3952-5432>,

<sup>c</sup> Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Vojna kontrola kvaliteta,  
Beograd, Republika Srbija,

e-mail: ivicabeograd@gmail.com,

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0001-6945-7533>

DOI: 10.5937/vojtehg65-8697

OBLAST: informatika

VRSTA ČLANKA: stručni članak

JEZIK ČLANKA: srpski

## Sažetak:

*Systems Modeling Language (SysML) jeste profil Unified Modeling Language (UML) namenjen za upotrebu u sistemskom inženjerstvu. Ovaj tekst inspirisan je manjkom literature o SysML-u na srpskom jeziku, a ima za cilj upoznavanje inženjerske i akademske zajednice sa ovim interesantnim jezikom za modelovanje, pri čemu su posebno naglašene razlike u odnosu na UML. Opis je dat kroz konkretan originalan primer – pojednostavljen model osmatračkog radara. Ukratko su analizirani praktični aspekti SysML-a – koliko je prihvaćen, kakva je perspektiva njegove dalje primene, itd. Može se zaključiti da je SysML koristan, prihvaćen i perspektivan jezik za modelovanje.*

*Ključne reči: sistemsko inženjerstvo zasnovano na modelima, osmatrački radar, SysML, UML.*

## Uvod

Sistemsko inženjerstvo zasnovano na modelima (eng. Model Based Systems Engineering) savremen je pristup u sistemskom inženjerstvu koji

---

ACKNOWLEDGEMENT: Rad je finansijski potpomoglo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ugovor TR32051).

bi trebalo da zameni tradicionalan pristup zasnovan na dokumentima (Friedenthal, et al., 2008). Jedan od ključnih elemenata koji omogućuju primenu sistemskog inženjerstva zasnovanog na modelima je standardizovan i robustan jezik za modelovanje (Friedenthal, et al., 2008). Systems Modeling Language (SysML) jeste jezik za modelovanje opšte namene koji podržava specificiranje, analizu, projektovanje i verifikaciju sistema, a stvoren je kao odgovor na prethodno pomenute potrebe. SysML je proširenje jezika za modelovanje Unified Modeling Language (UML) (Friedenthal, et al., 2008), (Weilkiens, 2007).

Cilj ovog članka, za čije razumevanje je potrebno dobro poznavanje UML-a, jeste da se ukratko predstavi SysML i da se ispita njegova upotrebljivost u sadašnjoj i budućoj praksi. U sledećem odeljku navedene su osnovne informacije o sistemskom inženjerstvu (zasnovanom na modelima) i nastanku SysML-a. U trećem odeljku nalazi se kratak prikaz SysML-a sa težištem na razlikama u odnosu na UML, na primeru pojednostavljenog modela osmatračkog radara. Pomenuti primer nije preuzet iz postojeće literature već je namenski smišljen za potrebe ovog članka. U trećem odeljku predstavljen je kratak osvrt na praktične aspekte korišćenja SysML-a, na osnovu tuđih, ali i ličnih iskustava autora, dok je zaključak naveden u četvrtom odeljku.

## Sistemska inženjerstvo

Sistemska inženjerstvo (eng. systems engineering) jeste „interdisciplinarni pristup i sredstvo koje omogućuje realizaciju uspešnih sistema” (INCOSE, 2004). Ovu definiciju preporučuje Međunarodni savet za sistemska inženjerstva (eng. International Council on Systems Engineering (INCOSE)). Slično tome, Friedenthal i ostali definišu sistemska inženjerstva kao „multidisciplinarni pristup kojim se skup potreba zainteresovanih strana transformiše u balansirano sistemska rešenje koje zadovoljava date potrebe” (Friedenthal, et al., 2008).

Sistemska inženjerstva je skoncentrisano na definisanje i dokumentovanje zahteva, projektovanje sistema i verifikaciju sistema u smislu saobraznosti sa zahtevima (Weilkiens, 2007). Ono uzima u obzir celokupni životni ciklus sistema (uključujući faze koje nastupaju nakon isporuke sistema, kao što su obuka, podrška i eventualno povlačenje sistema iz upotrebe) (Weilkiens, 2007). Projektovanje i implementacija pojedinačnih komponenti nije predmet sistemskog inženjerstva već drugih inženjerskih disciplina (softverska inženjerstva, elektrotehnika, mašinstvo itd.). Sistemska inženjerstva, međutim, mora definisati zahteve koje date komponente moraju zadovoljavati (bilo da se razvijaju ili kupuju kao gotovi proizvodi), način na koji se komponente integrišu u sistem, te procedure za

verifikaciju ispunjenosti sistemskih zahteva. Drugim rečima, sistemsko inženjerstvo je metadisciplina (Weilkiens, 2007), koja funkcioniše na višem nivou apstrakcije u odnosu na druge inženjerske discipline.

## Sistemsko inženjerstvo zasnovano na modelima

Tradicionalan pristup u sistemskom inženjerstvu zasnovan je na dokumentima. Ovaj pristup može se okarakterisati stvaranjem specifikacija i projektnih dokumenata, koji se zatim razmenjuju među zainteresovanim stranama (eng. stakeholders). Sistemski zahtevi i projektne informacije su u ovim dokumentima izraženi u obliku teksta i crteža. Kod sistemskog inženjerstva zasnovanog na dokumentima, težište je na upravljanju dokumentacijom i osiguravanju da su dokumenti validni, kompletni i konzistentni, te da je razvijeni sistem saobrazan dokumentaciji (Friedenthal, et al., 2008). Iako rigorozan, pristup zasnovan na dokumentima ima fundamentalna ograničenja. Artefakti razvojnog procesa (zahtevi, projekat, rezultati analize, informacije vezane za testiranje, itd.) rasejani su na nekoliko dokumenata, što otežava procenu kompletnosti i konzistentnosti dokumentacije, kao i shvatanje odnosa među pomenutim artefaktima, što nadalje stvara poteškoće u razumevanju pojedinih aspekata sistema i postizanju sledljivosti (eng. traceability). Takođe, otežani su održavanje i ponovna upotreba sistemskih zahteva i projektnih informacija (Friedenthal, et al., 2008).

Termin inženjerstvo zasnovano na modelima (eng. model-based engineering) odnosi se na pristup u kojem centralnu ulogu u definisanju specifikacija, projektovanju, integraciji, validaciji i operativnoj upotrebi sistema imaju modeli (Estefan, 2008). Pristup zasnovan na modelima odavno je postao standardna praksa u mašinstvu i elektrotehnici, a postaje sve šire prihvaćen i u softverskom inženjerstvu, naročito nakon pojave UML-a (Friedenthal, et al., 2008). Očekuje se da će pristup zasnovan na modelima postati standardna praksa i u sistemskom inženjerstvu, na sličan način kao u pomenutim disciplinama (Friedenthal, et al., 2008).

Prema (Friedenthal, et al., 2008) i njihovim referencama, sistemsko inženjerstvo zasnovano na modelima (SIZM) jeste „formalizovana primena modelovanja kao podrške aktivnostima definisanja sistemskih zahteva, projektovanja, analize, verifikacije i validacije, počevši od faze idejnog projekta i nastavljajući se tokom razvoja i kasnijih faza životnog ciklusa”. Potencijalne koristi od primene SIZM su poboljšanja u: komunikaciji među zainteresovanim stranama, preciznosti izražavanja specifikacija i projekta, integraciji projekta i ponovnoj upotrebi artefakata razvojnog procesa.

Pomenuta poboljšanja trebalo bi da poprave kvalitet i produktivnost, te da smanje rizike (Friedenthal, et al., 2008). Kod SIZM težište je na upravljanju koherentnim modelom sistema i na korišćenju tog modela za specificiranje i projektovanje sistema (Friedenthal, et al., 2008). Model sistema evoluirao i inkrementalno raste tokom vremena (Friedenthal, et al., 2008), (Estefan, 2008).

## O nastanku SysML-a

Inženjerstvo zasnovano na modelima podrazumeva postojanje jezika za modelovanje. Uprkos brojnim inicijativama za standardizaciju procesa u sistemskom inženjerstvu, do 2001. godine nije došlo do pojave jedinstvenog jezika za modelovanje (Weilkiens, 2007). Ovakva situacija dovela je do znatnih problema u interdisciplinarnim projektima (Weilkiens, 2007). U međuvremenu, UML je postao dominantan jezik za modelovanje u softverskom inženjerstvu (Weilkiens, 2007), a 1997. godine prihvaćen je kao standard od međunarodnog konzorcijuma za standardizaciju Object Management Group (OMG) (Tartalja, 2011).

Početakom 2001. godine INCOSE je doneo stratešku odluku da se UML prilagodi za primenu u sistemskom inženjerstvu. Zajedničkim naporima INCOSE i OMG postavljeni su zahtevi za novi jezik za modelovanje, koji su objavljeni u dokumentu „UML for Systems Engineering Request for Proposal (UML for SE RFP)”, 2003. godine (OMG, 2012). SysML je jezik za modelovanje koji je nastao kao odgovor na pomenute zahteve. Verzija 1.0 SysML-a (zasnovana na verziji 2.1.1. UML-a) usvojena je kao zvanični OMG standard 2007. godine (Weilkiens, 2007). Nakon toga SysML je doživeo nekoliko revizija, a verzija 1.3 (zasnovana na verziji 2.4.1. UML-a), koja je opisana u ovom članku, usvojena je kao standard 2012. godine (OMG, 2012).

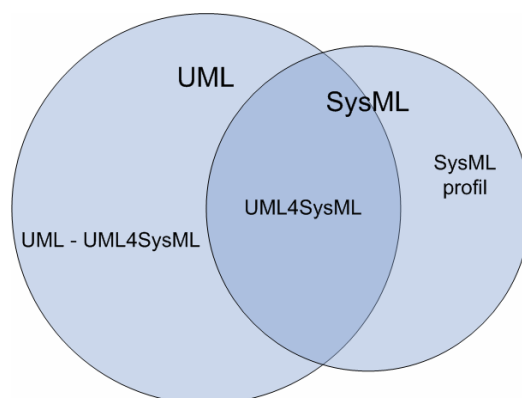
Postoji više razloga zbog kojih je SysML zasnovan na UML-u. Naime, UML je popularan jezik koji je u širokoj upotrebi, može se prilagoditi specifičnim potrebama (zahvaljujući svojim mehanizmima za proširivanje), a postoji i veliki broj raspoloživih alata za modelovanje, kao i organizacija koje pružaju obuku ili savetovanje (Weilkiens, 2007). Takođe, sistemski inženjeri koji koriste SysML i softverski inženjeri koji koriste UML moći će da sarađuju na modelima softverski intenzivnih sistema. Zahvaljujući tome, poboljšaće se komunikacija među zainteresovanim stranama koje učestvuju u razvojnom procesu i promovisaće se interoperabilnost među alatima za modelovanje (OMG, 2012).

Može se postaviti pitanje da li je stvaranje novog jezika za modelovanje bilo zaista neophodno i opravdano, ili zašto UML u postojećoj

formi nije mogao biti upotrebljen u sistemskom inženjerstvu? Iako je UML veoma ekspresivan jezik, nedostaju mu neki elementi koji su bitni za sistemsko inženjerstvo, kao što je modelovanje zahteva (Weilkiens, 2007). Pored toga, UML je usmeren na modelovanje softverskih sistema i jako je povezan sa objektnim modelom razvoja (Weilkiens, 2007). Sa druge strane, od jezika za modelovanje u sistemskom inženjerstvu očekuje se da podrži interdisciplinarno modelovanje (Weilkiens, 2007) i da bude agnostičan u odnosu na primenjenu metodologiju (OMG, 2012).

## Kratak prikaz SysML-a

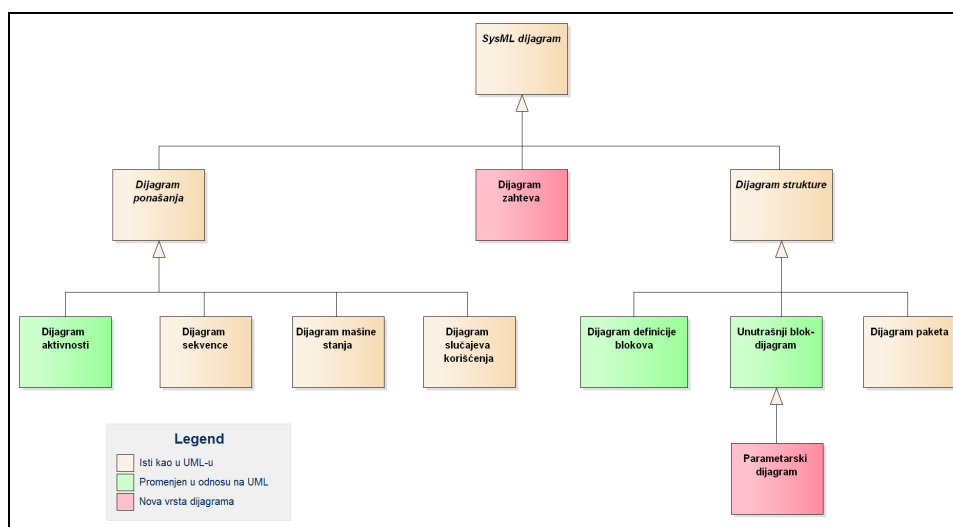
SysML ponovo upotrebljava (eng. reuse) podskup UML-a i dodaje proširenja koja su neophodna da bi se ispunili zahtevi iz „UML for SE RFP” (OMG, 2012). Veza između UML-a i SysML-a prikazana je Venovim dijagramom na slici 1, po uzoru na (OMG, 2012). Krugovi označeni sa „UML” i „SysML” označavaju skupove jezičkih konstrukcija koje čine UML i SysML, respektivno. Presek ova dva skupa, označen sa „UML4SysML” predstavlja deo UML-a koji je ponovo upotrebljen u SysML-u. Region označen sa „SysML profil” predstavlja nove jezičke konstrukcije definisane u SysML-u, a koje ili ne postoje u UML-u ili menjaju odgovarajuće UML konstrukcije. Region označen sa „UML – UML4SysML” odnosi se na deo UML-a koji nije potreban za implementaciju SysML-a.



Slika 1 – Veza između UML-a i SysML-a  
 Рус. 1 – Связь между UML и SysML  
 Figure 1 – Relation between UML and SysML

Klasifikacija SysML dijagrama prikazana je na slici 2, po uzoru na (OMG, 2012). Dijagram sekvence (eng. sequence diagram), dijagram mašine stanja (eng. state machine diagram), dijagram slučajeva korišćenja

(eng. use case diagram) i dijagram paketa (eng. package diagram) jesu ponovo upotrebljeni iz UML-a, bez izmena (OMG, 2012). Dijagrami koji su nastali modifikacijom odgovarajućih UML dijagrama su: dijagram aktivnosti (eng. activity diagram), dijagram definicije blokova (eng. block definition diagram) koji je zapravo modifikacija UML dijagrama klasa (eng. class diagram) i unutrašnji blok-dijagram (eng. internal block diagram) koji je, u stvari, modifikacija UML dijagrama složene strukture (eng. composite structure diagram) (OMG, 2012).



Slika 2 – Klasifikacija SysML dijagrama  
 Рис. 2 – Диаграмма классификации SysML  
 Figure 2 – SysML diagram classification

SysML uvodi dve nove vrste dijagrama. Dijagram zahteva (eng. requirement diagram) namenjen je modelovanju zahteva predstavljenih u tekstualnom obliku, uključujući veze sa drugim elementima modela koji date zahteve zadovoljavaju ili definišu način njihove verifikacije (OMG, 2012). Parametarski dijagram (eng. parametric diagram) opisuje ograničenja (eng. constraint) koja postoje među svojstvima (eng. property) blokova (OMG, 2012) (blok je modifikovana UML klasa, o čemu će više reči biti kasnije). Parametarski dijagram uveden je radi integracije modela strukture i ponašanja sa analitičkim modelima, kao što su model performansi ili model pouzdanosti (OMG, 2012).

Pojedini UML dijagrami se ne koriste u SysML-u. Dijagram raspoređivanja (eng. deployment diagram) isključen je iz SysML-a, jer se raspoređivanje softvera na hardverske resurse može predstaviti pomoću unutrašnjeg blok-dijagrama (OMG, 2012). Pored toga, smatralo se da su



SysML dijagrami ponašanja, prikazani na slici 2, sasvim adekvatni i dovoljni za predstavljanje ponašanja, te su dijagram komunikacije (eng. communication diagram) i dijagram pregleda interakcije (eng. interaction overview diagram) isključeni iz SysML specifikacije (OMG, 2012). Vremenski dijagram (eng. timing diagram) nije našao mesto u SysML-u, jer je u pitanju relativno nova vrsta UML dijagrama koja još nije do kraja razvijena, a postoji i pitanje da li je ova vrsta dijagrama prikladna za potrebe sistemskog inženjerstva (OMG, 2012). Ipak, rečenica iz (OMG, 2012) koja glasi: „Iako UML 2 vremenski dijagram nije uključen u ovu verziju SysML-a, on može da dopuni SysML dijagrame ponašanja ...” ukazuje na potencijalno uključivanje vremenskog dijagrama u buduće specifikacije SysML-a. Dijagram profila (eng. profile diagram) nije uključen u SysML, jer se definicije profila mogu predstaviti i na dijagramu paketa (OMG, 2012). Konačno, dijagram objekata (eng. object diagram) i dijagram komponenta (eng. component diagram) ne postoje u SysML-u.

Svaki SysML dijagram mora imati okvir (eng. frame), za razliku od UML-a gde su okviri dijagrama opcioni (OMG, 2012). Okvir je pravougaonik čiji je veći deo površine predviđen za prikaz sadržaja dijagrama, dok je manji deo površine u gornjem levom uglu rezervisan za zaglavlje (eng. heading). Zaglavlje je niska sa sintaksom *vrstaDijagrama [tipElementaModela] imeElementaModela [imeDijagrama]*.

Vrsta dijagrama i ime elementa modela su obavezni u zaglavlju. Ime elementa modela ukazuje na element modela koji je podrazumevani prostor imena (eng. namespace) za elemente modela prikazane unutar okvira. Elementi modela koji ne pripadaju podrazumevanom prostoru imena moraju biti prikazani sa kvalifikovanim imenima. Vrsta dijagrama je jedna od skraćenica iz sledeće liste: *act* (dijagram aktivnosti), *bdd* (dijagram definicije blokova), *ibd* (unutrašnji blok-dijagram), *pkg* (dijagram paketa), *par* (parametarski dijagram), *req* (dijagram zahteva), *sd* (dijagram sekvence), *stm* (dijagram mašine stanja), *uc* (dijagram slučajeva korišćenja).

Primer okvira dijagrama može se videti na slici 2 (koja je zapravo SysML dijagram definicije blokova). U nastavku ovog odeljka biće detaljnije opisani elementi SysML profila. Dijagrami i jezičke konstrukcije koji čine SysML biće ilustrovani na konkretnom primeru veoma pojednostavljenog modela osmatračkog radara.

## Dijagram definicije blokova i unutrašnji blok-dijagram

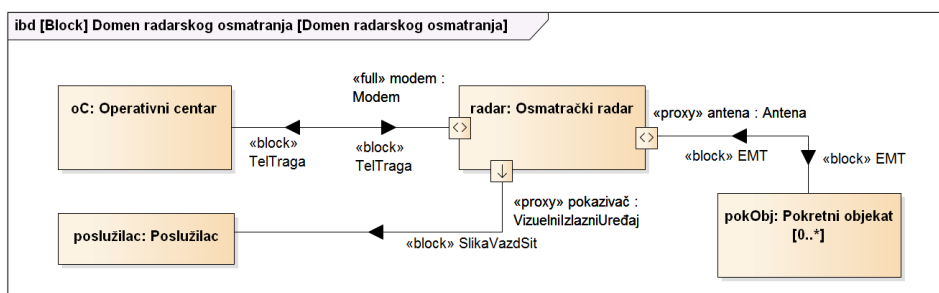
U SysML-u blok (eng. block) podrazumeva modularnu jedinicu opisa sistema. On definiše skup karakteristika (eng. features) koje opisuju sistem ili neki drugi značajan element. Formalno, blok je UML klasa sa stereotipom «*block*» (OMG, 2012).

Dijagram definicije blokova zasnovan je na UML dijagramu klasa uz određena proširenja i ograničenja. Namenjen je za definisanje karakteristika blokova i relacija među blokovima (OMG, 2012). Karakteristike blokova uključuju svojstva i operacije. Svojstva su strukturne karakteristike, npr. delovi i portovi poznati iz UML-a, ali i nove vrste svojstava o kojima će biti reči kasnije. Operacije su karakteristike bloka koje se odnose na ponašanje. Među blokovima mogu postojati svi tipovi relacija koji mogu postojati između UML klasa: zavisnost, asocijacija, agregacija, kompozicija, generalizacija i ugnježđivanje. Dijagrami definicije blokova uglavnom se koriste za prikaz hijerarhijske dekompozicije nekog elementa na podelemente („je deo” hijerarhija) ili za prikaz stabla klasifikacije elemenata („je vrsta” hijerarhija). Zbog toga su na ovim dijagramima najzastupljenije relacije kompozicije i generalizacije.

Unutrašnji blok-dijagram zasnovan je na UML dijagramu složene strukture uz određena proširenja i ograničenja. Na ovom dijagramu prikazuje se unutrašnja struktura bloka pomoću svojstava koja su povezana konektorima (OMG, 2012). Dok se dijagram složene strukture povezuje sa naprednim korišćenjem UML-a, unutrašnji blok-dijagram je esencijalni element strukturnog modelovanja u SysML-u.

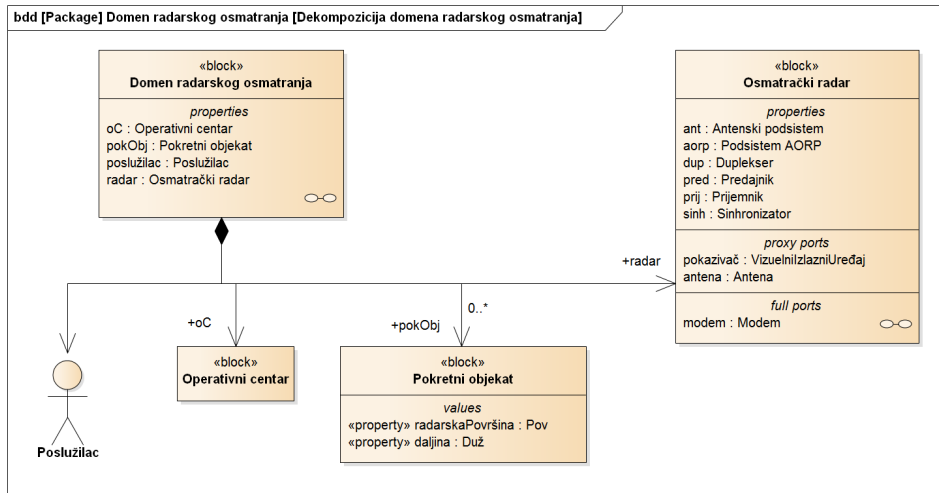
Sledi ilustracija specifičnosti dijagrama definicije blokova i unutrašnjeg blok-dijagrama na ranije pomenutom primeru osmatračkog radara. Na slikama 3, 4 i 5, dati su SysML dijagrami koji opisuju domen problema, tj. domen radarskog osmatranja. Unutrašnji blok-dijagram na slici 3 prikazuje delove domena radarskog osmatranja (radar, pokretne objekte, poslužioca i operativni centar) i način na koji su oni povezani. Radar emituje elektromagnetne talase (EMT) putem antene. EMT se odbijaju od pokretnih objekata nazad prema radaru koji ih prima putem antene. Obradom primljenih signala formira se slika vazdušne situacije koja se prezentira poslužiocu putem pokazivača. Primenom tehnika automatske detekcije i praćenja (ADP) generišu se tragovi koji se putem modema šalju operativnom centru (OC). Od OC se putem modema dobijaju tragovi generisani na drugim radarima ili dobijeni tehnikama fuzije podataka u samom OC.

Na osnovu zaglavlja dijagrama na slici 3 vidi se da se dati unutrašnji blok-dijagram odnosi na blok *Domen radarskog osmatranja*. Ovaj blok i njegova dekompozicija na delove definisani su pomoću dijagrama definicije blokova na slici 4. Ovde su iskorišćeni označeni odeljci (eng. labeled compartments) za grupisanje karakteristika iste vrste, što je dozvoljeno (ali ne i obavezno) u SysML-u. SysML definiše određene standardne odeljke, a dozvoljeno je da korisnici definišu dodatne.



Slika 3 – Domen radarskog osmatranja  
 Рис. 3 – Диапазон радиолокационного наблюдения  
 Figure 3 – Radar surveillance domain

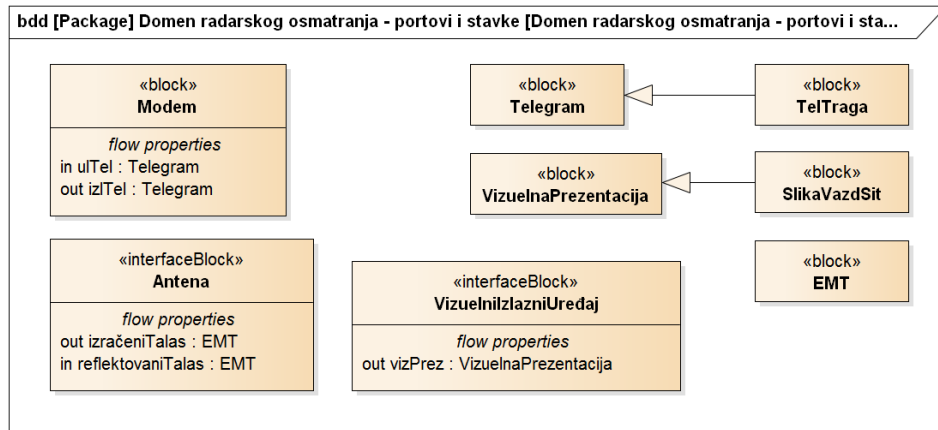
Dijagram definicije blokova na slici 5 definiše tipove portova i stavki (eng. items) u domenu radarskog osmatranja. Jedno od novih vrsta svojstava koja uvodi SysML je svojstvo toka (eng. flow property). Svojstva toka specificiraju vrste stavki koje mogu „teći” (tj. razmenjivati se) između bloka i njegove okoline (OMG, 2012). Stavke mogu biti podaci, ali i materijalni objekti ili energija. Jedno svojstvo toka specificira jednu vrstu stavki koja može teći u blok ili iz bloka. Smer toka se specificira prefiksom koji može imati vrednost *in*, *out* ili *inout*. Blok *Antena* na slici 5 ima dva svojstva toka. Svojstvo toka *izračeniTalas* je tipa *EMT* i ima prefiks *out*, što znači da iz bloka *Antena* mogu izlaziti stavke tipa *EMT*. Svojstvo toka *reflektovaniTalas* definiše da u blok *Antena* mogu ulaziti stavke tipa *EMT*.



Slika 4 – Dekompozicija domena radarskog osmatranja  
 Puc. 4 – Декомпозиция поля радиолокационного наблюдения  
 Figure 4 – Radar surveillance domain decomposition

Port čiji je tip blok koji ima svojstva toka može unutar svog grafičkog simbola imati strelicu koja ukazuje na smer svojstava toka u odnosu na blok koji je vlasnik porta (OMG, 2012). Tip porta *pokazivač* bloka *Osmatrački radar* je blok *VizuelniIzlazniUređaj* koji ima jedno svojstvo toka sa smerom *out*. Zato na slici 3 port *pokazivač* ima strelicu čiji je smer od bloka *Osmatrački radar* ka spoljašnjosti. Ukoliko je tip porta blok koji ima svojstva toka sa različitim smerovima ili svojstva toka sa smerom *inout*, strelica unutar grafičkog simbola porta ima oblik kao kod portova *modem* i *antena* na slici 3.

Tok stavki (eng. item flow) specificira stavke koje se prenose preko konektora ili asocijacije (OMG, 2012). Formalno, tok stavki je stereotip *«ItemFlow»* toka informacija (eng. information flow) iz UML-a. Notacija za tok stavki je slična kao za tok informacija: na konektor se dodaje popunjeni vrh strelice u smeru toka pored kojeg stoji ime tipa stavke koja se prenosi (slika 3). Dok svojstva toka definišu šta može da teče u blok ili iz bloka, tokovi stavki definišu šta zaista teče između blokova u konkretnom kontekstu (OMG, 2012). Iz definicije bloka *Modem* (slika 5) sledi da u port *modem* (koji je tipa *Modem*) mogu ulaziti i iz njega izlaziti stavke tipa *Telegram*. Međutim, tok stavki na konektoru koji spaja port *modem* i deo *oC* (slika 3) specificira da u port *modem* ulaze i iz njega izlaze stavke tipa *TelTraga*, koji predstavljaju jednu specijalizovanu vrstu telegrama.



Slika 5 – Portovi i stavke u domenu radarskog osmatranja  
 Рус. 5 – Порт и запись в зоне радиолокационного наблюдения  
 Figure 5 – Ports and items within the radar surveillance domain

Pored standardnih portova koji su preuzeti iz UML-a, u SysML-u postoje još dve vrste portova: potpun port (eng. full port) i port zastupnik (eng. proxy port). Port zastupnik identifikuje karakteristike bloka koji je vlasnik porta (ili karakteristike unutrašnjih delova tog bloka), a koje su raspoložive spoljašnjim blokovima. Akcija nad portom zastupnikom ekvivalentna je akciji nad blokom ili delom koji taj port zastupa. Tip porta zastupnika mora biti interfejs-blok (eng. interface block). Interfejs-blok je posebna vrsta bloka koja ne može imati ponašanje i unutrašnje delove. Sa druge strane, potpun port predstavlja zaseban deo sistema koji može imati svoje ponašanje i unutrašnje delove. Korišćenje pomenutih specijalizovanih vrsta portova nije obavezujuće. Korisnik može izabrati da li će na nekom mestu koristiti potpun port, port zastupnik ili „običan” port, u zavisnosti od primenjene metodologije (OMG, 2012). Notacija za potpune portove i portove zastupnike može se videti na slikama 3 i 4, dok se na slici 5 može videti notacija za interfejs-blokovne.

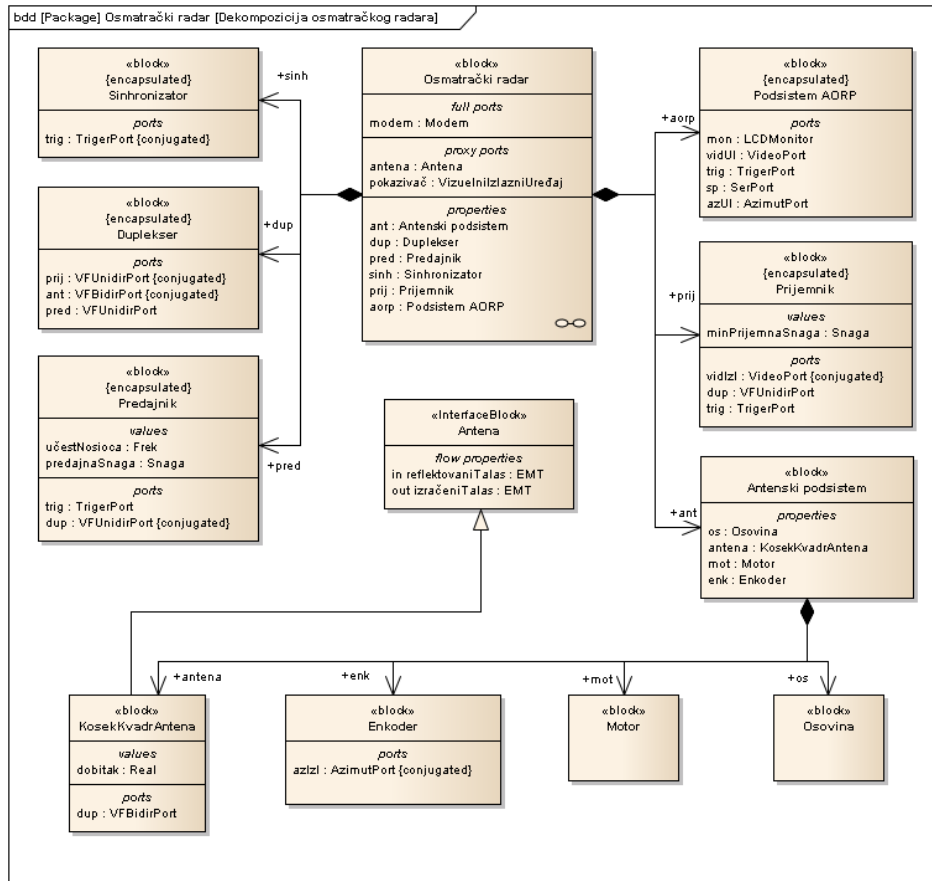
Na slikama 6 i 7 predstavljeni su dijagrami koji prikazuju dekompoziciju, i unutrašnju strukturu bloka *Osmatrački radar*, respektivno. Treba napomenuti da ovde nije bio cilj da se radar modelira potpuno tačno i sa svim detaljima već da se ilustruje SysML notacija.

Stereotip «block» uvodi atribut *isEncapsulated* tipa *Boolean*. Ako za neki blok ovaj atribut ima vrednost *true*, dati blok je kapsuliran (eng. encapsulated) i posmatra se kao crna kutija – veza sa ovim blokom može se ostvariti isključivo putem njegovih portova ili direktno sa njegovom spoljnom ivicom. Ako pomenuti atribut ima vrednost *false* ili vrednost uopšte nije definisana, blok nije kapsuliran i mogu se ostvarivati veze i sa njegovim unutrašnjim delovima (OMG, 2012). Na slici 6 blokovi

*Sinhronizator, Duplekser, Predajnik, Prijemnik i Podsystem za akviziciju obradu razmenu i prikaz (AORP)* kapsulirani su (uočiti notaciju), dok ostali blokovi nisu kapsulirani. Na slici 7 može se videti kako su delovi *dup* i *aorp* povezani konektorima sa unutrašnjim delovima dela *ant* čiji je tip blok *Antenski podsystem* koji nije kapsuliran.

Vezivni konektor (eng. binding connector) jeste konektor koji specificira da svojstva na njegovim krajevima imaju istu vrednost. Ukoliko su tipovi tih svojstava blokovi, vezivni konektor označava da se instance ovih svojstava odnose na istu instancu bloka (OMG, 2012). Vezivni konektor prikazuje se kao konektor sa ključnom reči «*equal*». Tako se, na primer, na slici 7 instance porta zastupnika *antena* i instance dela *ant.antena* odnose na istu instancu, čime je zapravo definisano da port *antena* zastupa deo *ant.antena* (sve njegove karakteristike stavlja na raspolaganje spoljašnjim blokovima). Isto važi za port zastupnik *pokazivač* i port *aorp.mon*.

Tip vrednosti (eng. value type) jeste tip koji se može koristiti za izražavanje informacija o sistemu, ali čije vrednosti nemaju identitet (osim same vrednosti) i ne može im se pristupiti putem reference (OMG, 2012). Formalno, tip vrednosti je stereotip «*ValueType*» tipa podatka (eng. data type) iz UML-a. Specifikacija SysML definiše osnovne tipove vrednosti u paketu *PrimitiveValueTypes*. Tip vrednosti omogućava da se vrednosti pridruže vrsta veličine (eng. quantity kind) i jedinica (eng. unit). U paketu *Tipovi*, čiji je sadržaj prikazan na slici 8, definisani su tipovi vrednosti korišćeni u modelu osmatračkog radara. U ugnježdenom paketu *Fizičke veličine* definisane su vrste veličina, a u ugnježdenom paketu *Jedinice* definisane su jedinice mere vezane za ove veličine. Za svaki od definisanih tipova vrednosti specificirana je jedinica (pomoću atributa *unit*), dok vrste veličina nisu eksplicitno navedene, jer se implicitno mogu izvesti iz jedinica. Primera radi, vrednosti čiji je tip *Brz* odnose se na brzinu izraženu u metrima u sekundi. Vrednosno svojstvo (eng. value property) jeste jedna od novih vrsta svojstava koje uvodi SysML. Tip vrednosnog svojstva mora biti tip vrednosti. Vrednosna svojstva blokova svrstavaju se u standardni odeljak *values* (slike 4 i 6).

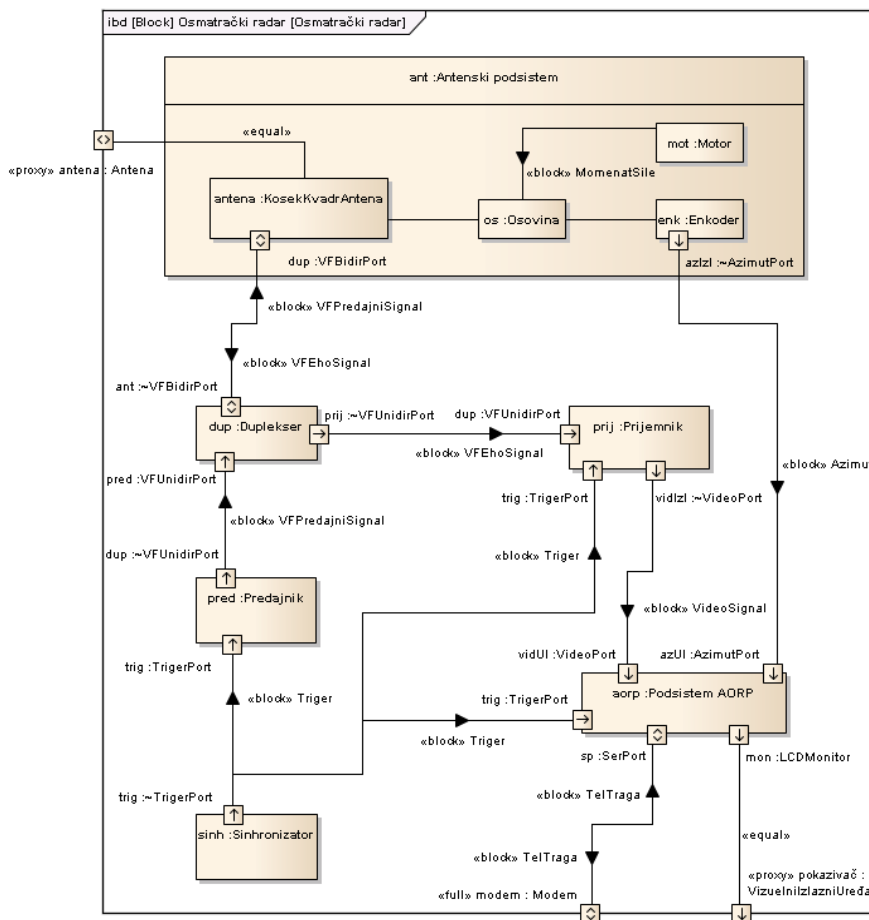


Slika 6 – Dekompozicija bloka Osmatrački radar

Рис. 6 – Декомпозиция блока радиолокационной станции кругового обзора  
 Figure 6 – Decomposition of the Osmatrački radar (surveillance radar) block

## Parametarski dijagram

U SysML-u, ograničavajući blok (eng. constraint block) jeste vrsta bloka koja predstavlja osnovu za integraciju analitičkih modela (npr. model performansi ili pouzdanosti) sa drugim vrstama modela. Ograničavajući blok uključuje ograničenje (matematički ili logički izraz proizvoljne složenosti) i parametre ograničenja (tj. parametre koji se koriste u pomenutom izrazu), a koristi se radi ograničavanja svojstava drugih blokova (OMG, 2012). Pod uslovom da je dovoljno uopšten, dati ograničavajući blok može se ponovo upotrebiti u mnogim različitim kontekstima.



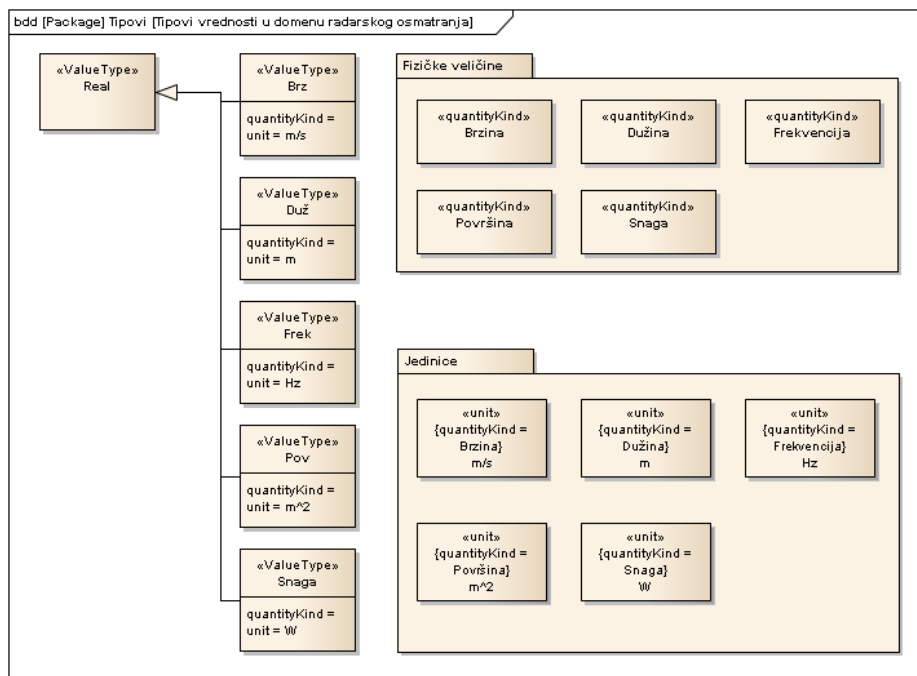
Slika 7 – Unutrašnja struktura bloka Osmatrački radar  
 Puc. 7 – Внутренняя структура радиолокационной станции кругового обзора  
 Figure 7 – Osmatrački radar (surveillance radar) block internal structure

Parametarski dijagram specificira kako se ograničavajući blokovi koriste da ograniče svojstva nekog bloka. Pod tim se podrazumeva povezivanje parametara ograničavajućih blokova sa specifičnim svojstvima datog bloka, pomoću vezivnih konektora. Sudeći po nekoliko primera parametarskih dijagrama iz (OMG, 2012), ključna reč «equal» može se izostaviti sa ovih konektora.

Na slici 9 definisani su osnovni elementi jednostavnog analitičkog modela. U pitanju je jedan deo modela performansi osmatračkog radara koji se odnosi na analizu maksimalnog dometa otkrivanja pokretnih objekata. Kod ograničavajućih blokova ograničenja se svrstavaju u standardni odeljak *constraints*, a ostala



svojstva u standardni odeljak *parameters*. Ograničavajuće svojstvo (eng. constraint property) jeste svojstvo čiji je tip ograničavajući blok. Ograničavajuća svojstva bloka svrstavaju se u standardni odeljak *constraints*. Blok *KontekstMaksimalnogDometa* predstavlja kontekst za pomenutu analizu maksimalnog dometa. Ovaj blok sadrži dva ograničavajuća bloka: blok *RadarskaJednačina* koji definiše zavisnost snage primljenog signala od snage predajnog signala i različitih parametara radarskog sistema i osmatranog objekta i blok *JednačinaTalasneDužine* koji definiše međusobnu zavisnost talasne dužine, učestanosti i brzine prostiranja talasa. Blok *KontekstMaksimalnogDometa* ima i referencu na blok *Domen radarskog osmatranja*.

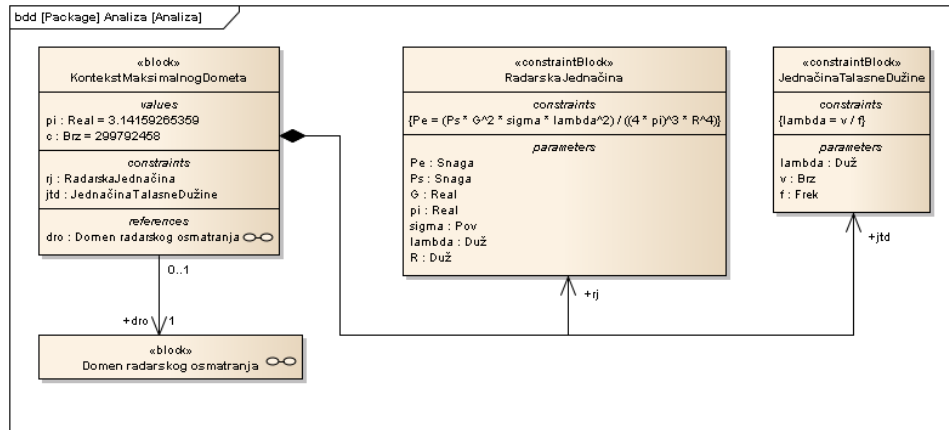


Slika 8 – Tipovi vrednosti u domenu radarskog osmatranja

Рис. 8 – Типы значений в зоне радиолокационного наблюдения

Figure 8 – Value types in the radar surveillance domain

Na slici 10 prikazan je parametarski dijagram koji se odnosi na blok *KontekstMaksimalnogDometa*. Ovde se vidi kako su parametri ograničavajućih blokova povezani sa svojstvima bloka *KontekstMaksimalnogDometa* i ugnježenim svojstvima blokova u „je deo” hijerarhiji bloka *Domen radarskog osmatranja*, radi modelovanja matematičkih relacija koje postoje između maksimalne daljine otkrivanja pokretnog objekta (*dro.pokObj.daljina*) i drugih relevantnih parametara.



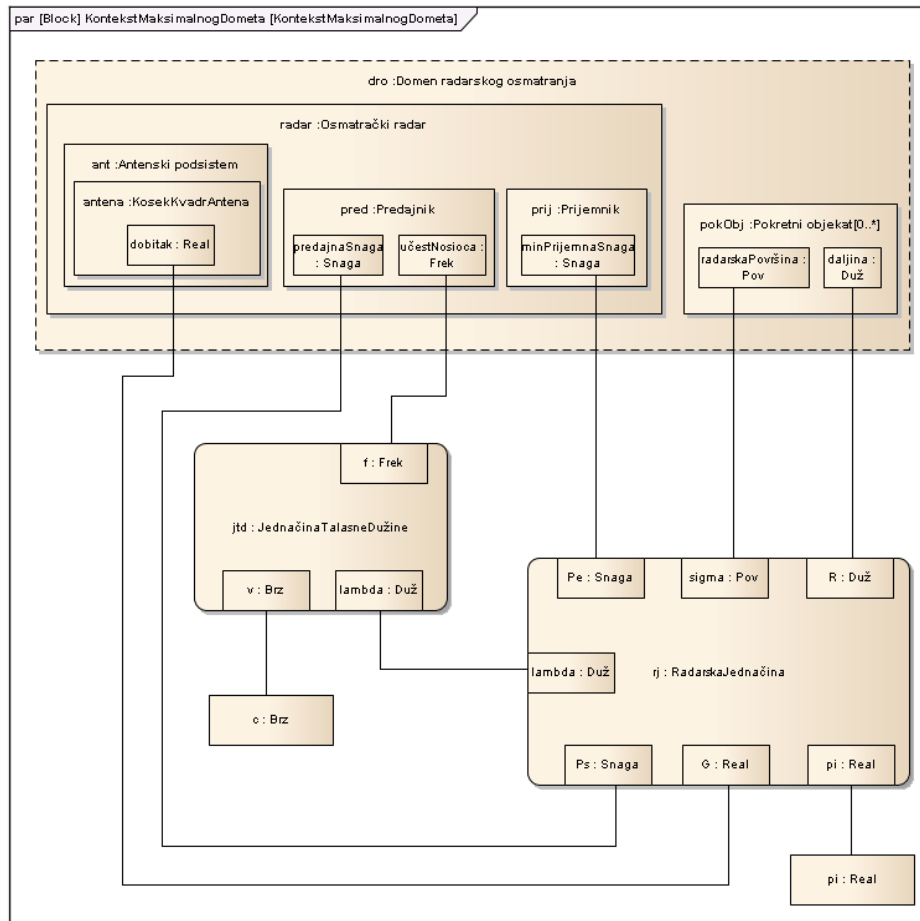
Slika 9 – Definicija konteksta za analizu maksimalnog dometa radara  
 Рис. 9 – Определение контекста для анализа максимального диапазона радиолокационного наблюдения  
 Figure 9 – Maximal range analysis context

## Dijagram aktivnosti

U UML-u aktivnosti su klase čije su instance izvršenja aktivnosti (OMG, 2012). Samim tim, aktivnosti se mogu pojaviti na dijagramima definicije blokova i mogu učestvovati u relacijama generalizacije i asocijacije. SysML uvodi pojašnjenje semantike kompozicije između dve aktivnosti i između aktivnosti i tipa objektnog čvora. Kreiranjem instance aktivnosti započinje se izvršavanje aktivnosti, a uništavanjem instance aktivnosti izvršavanje se zaustavlja. Ako jedna aktivnost poziva drugu aktivnost onda ove dve aktivnosti mogu biti povezane relacijom kompozicije, pri čemu je pozivajuća aktivnost na strani celine, a pozivana aktivnost na strani dela. Gornja granica multiplikativnosti na strani dela ograničava broj konkurentnih izvršavanja pozivane aktivnosti. Donja granica multiplikativnosti na strani dela uvek je nula, jer tokom izvršavanja pozivajuće aktivnosti postoji vremenski interval u kojem se pozivana aktivnost ne izvršava. Na slici 11 prikazan je dijagram definicije blokova koji prikazuje relacije između aktivnosti *Osmatranje* i njenih podaktivnosti. Ovakav prikaz podseća na klasičnu funkcionalnu dekompoziciju.

Na slici 11 prikazane su i relacije između aktivnosti *Osmatranje* i klasifikatora koji su tipovi objektnih čvorova u ovoj aktivnosti (prikazani ružičastom bojom). Relacija kompozicije ukazuje na to da objektni čvorovi ne mogu postojati nakon završetka izvršavanja aktivnosti. Gornja granica multiplikativnosti na strani dela (tj. objektnog čvora) ograničava broj instanci koje istovremeno mogu postojati u objektnom čvoru. Donja

granica multiplikativnosti na strani dela uvek je nula, pošto tokom izvršavanja aktivnosti postoje intervali u kojima je objektni čvor prazan.

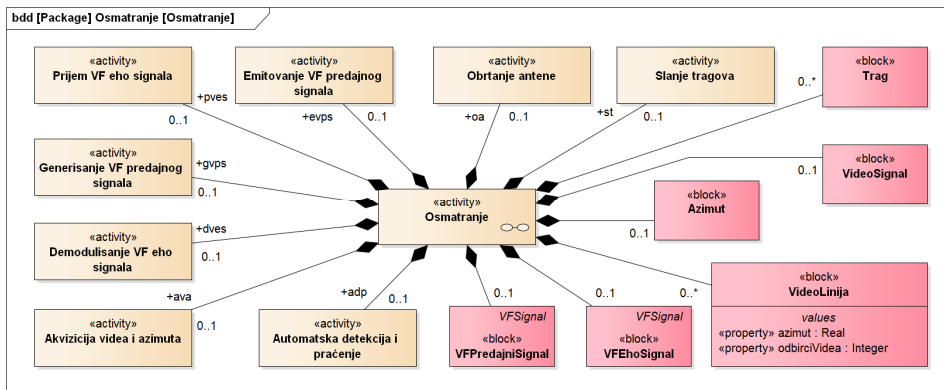


Slika 10 – Matematičke relacije vazane za analizu maksimalnog dometa radara  
 Рис. 10 – Математические отношения, связанные с анализом максимального диапазона радиолокационного наблюдения  
 Figure 10 – Mathematical relations for the maximal range analysis

Na slici 12 prikazan je dijagram aktivnosti za aktivnost *Osmatranje*. Ovde najpre treba uočiti da su imena akcija pozivanja ponašanja (eng. call behavior action) ista kao imena uloga pozivanih aktivnosti na slici 11. To je primer primene jednog od pravila konzistentnosti koja uvodi SysML.

Takođe, treba uočiti (iako nije u pitanju specifičnost SysML-a) da u aktivnosti *Osmatranje* postoji nekoliko paralelnih tokova kontrole čije se

izvršavanje može prekinuti jedino izlaskom iz prekidljivog regiona aktivnosti (eng. interruptible activity region) pojavom signala *Isključenje*.



Slika 11 – Dekompozicija aktivnosti Osmatranje  
 Puc. 11 – Декомпозиция деятельности Наблюдения  
 Figure 11 – Decomposition of the Osmatranje (surveillance) activity

Stereotip «rate» može se primeniti na granu ili na parametar i omogućava da se pomoću njegovog atributa *rate* specifikira brzina toka (eng. rate of flow), tj. broj objekata ili vrednosti koje prelaze preko grane, odnosno teku u/iz parametra u jedinici vremena (OMG, 2012). Tok može biti diskretan ili kontinualan. Stereotip «discrete» je specijalizacija stereotipa «rate» i služi za označavanje diskretnih tokova (vremenski interval između prolazaka stavki koje teku je različit od nule). Stereotip «continuous» takođe je specijalizacija stereotipa «rate», a namenjen je za predstavljanje kontinualnih tokova kao što su signali kontinualni u vremenu ili kontinualni tok energije. Na slici 12 prikazano je kako se pomoću kontinualnih tokova može modelovati tok kontinualnih signala (*VFPredajniSignal*, *VFEhoSignal* i *VideoSignal*) između aktivnosti. Tok vrednosti azimuta antene modelovan je diskretnim tokom, pošto se azimut najčešće određuje pomoću optičkog enkodera (u ovom slučaju navedena je brzina toka 819.2 Hz, što odgovara slučaju kada se koristi 13-bitni enkoder, a perioda obrtanja antene je 10 sekundi). Paketski prenos video linija i tragova takođe je modelovan diskretnim tokom.

U UML-u, ako je token koji pristiže u objektni čvor odbijen od izlazne grane (ili akcije kojoj je objektni čvor ulazni pin), token se zadržava u čvoru sve dok se ne steknu uslovi za njegov odlazak. SysML uvodi stereotip «noBuffer» koji, ako se primeni na objektni čvor, menja prethodno opisano ponašanje, tako da se token koji ne može da napusti

čvor odbacuje. Jedna od tipičnih primena ovog stereotipa javlja se kod modelovanja električnih signala (OMG, 2012), što je primenjeno i na slici 12.

SysML uvodi i stereotip «*overwrite*». Kada token pristigne na pun objektni čvor na koji je primenjen ovaj stereotip (pun objektni čvor sadrži maksimalan dozvoljen broj tokena), dati token zameniće jedan od tokena koji su već u čvoru. Na slici 12 objektni čvor tipa *Azimut* ima stereotip «*overwrite*», što uzevši u obzir da je gornja granica multiplikativnosti za ovaj čvor 1 (slika 11), osigurava da će se u ovom čvoru čuvati samo vrednost azimuta koja je poslednja pristigla.

Na slici 12 prikazano je kako se na dijagramu aktivnosti može označiti alokacija ponašanja (eng. behavior allocation) pomoću stereotipa «*allocateActivityPartition*» primenjenog na pregradu aktivnosti (eng. activity partition). Alokacija je termin koji se u sistemskom inženjerstvu koristi za označavanje organizovane asocijacije ili mapiranja među elementima koji pripadaju različitim strukturama ili hijerarhijama u modelu (OMG, 2012). Alokacija ponašanja je jedna od tipičnih vrsta alokacije u sistemskom inženjerstvu, a odnosi se na mapiranje između elemenata funkcionalnog i strukturnog modela. Tako je, na primer, na slici 12 ponašanje opisano aktivnošću *Demodulisanje VF eho signala* asocirano sa strukturnim elementom (svojstvom) *prij* tipa *Prijemnik*, itd.

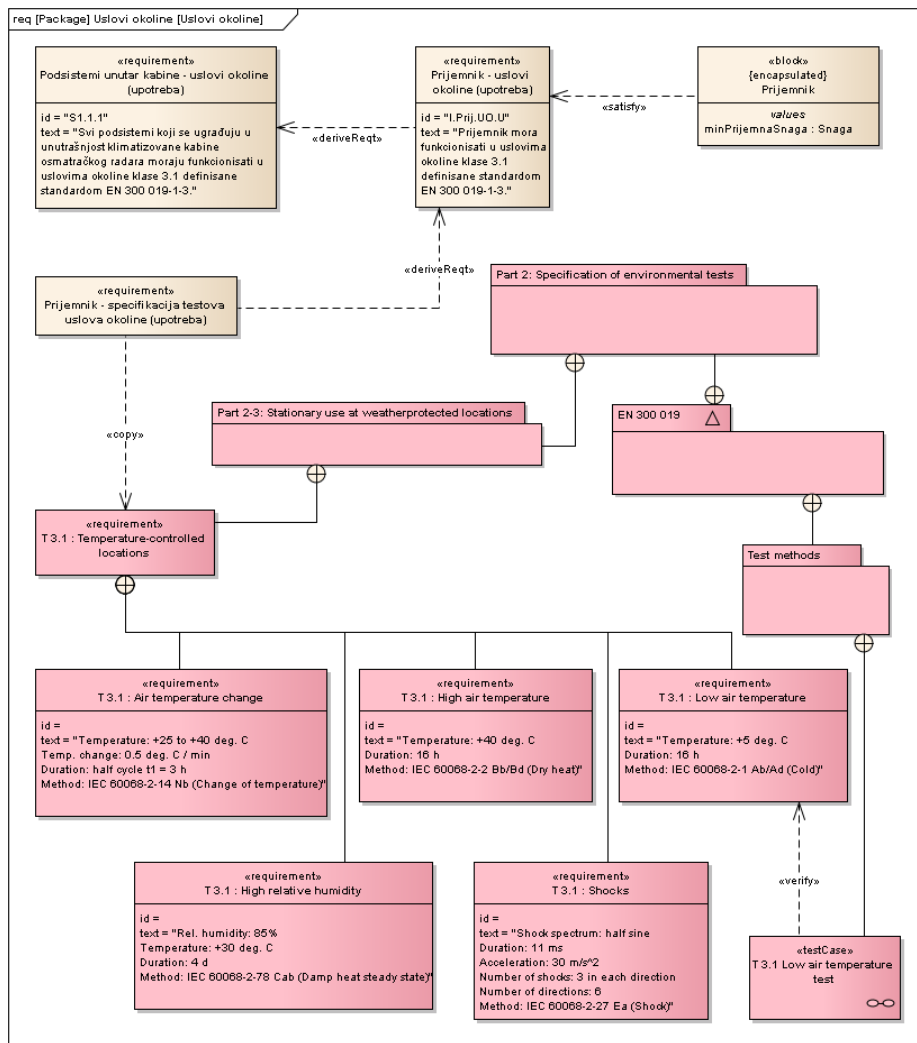
## Dijagram zahteva

U SysML-u zahtev (eng. requirement) jeste stereotip klase namenjen za modelovanje zahteva predstavljenih u tekstualnom obliku. Osnovni atributi koje uvodi ovaj stereotip su *id* (jedinstveni identifikator zahteva) i *text* (tekst zahteva). Dijagram zahteva namenjen je za prikaz zahteva i njihovih relacija sa drugim elementima modela. Zahtevi se mogu pojavljivati i na drugim dijagramima radi prikazivanja njihovih relacija sa drugim elementima. Na slici 13 prikazan je dijagram zahteva koji prikazuje deo specifikacije radara koji se odnosi na uslove okoline prilikom upotrebe.

Stereotip «*deriveReq*», primenjen na relaciju zavisnosti između dva zahteva, označava da je zahtev na klijentskoj strani relacije izveden iz drugog zahteva, npr. zahtev na nižem nivou apstrakcije koji je izveden iz sistemskog zahteva (OMG, 2012). Na slici 13, iz zahteva *Podsistemi unutar kabine – uslovi okoline (upotreba)*, koji predstavlja sistemski zahtev vezan za uslove okoline, izveden je zahtev *Prijemnik – uslovi okoline (upotreba)* koji definiše uslove okoline za jedan konkretan podsistem. Pored same klase uslova okoline, standard EN 300 019 definiše i specifikaciju testova kojima se proverava da li neki uređaj zadovoljava zahtev za funkcionisanjem u uslovima okoline opisanim datom klasom. Ovde je to modelirano izvođenjem zahteva



Stereotip «copy» može se primeniti na relaciju zavisnosti između dva zahteva kako bi označio da je tekst zahteva na klijentskoj strani relacije nepromenljiva (eng. read-only) kopija teksta drugog zahteva. Svrha ove relacije jeste da omogući ponovnu upotrebu zahteva u različitim kontekstima. Sa slike 13 se vidi da je zahtev *Prijemnik – specifikacija testova uslova okoline (upotreba)* zapravo kopija zahteva T3.1 – *Temperature-controlled locations*, koji pripada modelu EN 300 019.



Slika 13 – Relacije vezane za zahteve  
 Рис. 13 – Связь между установленными требованиями  
 Figure 13 – Relations which pertain to requirements

Zahtev *T3.1 – Temperature-controlled locations* može se ponovno upotrebiti u drugim projektima, jer predstavlja univerzalnu specifikaciju primenljivu na bilo koji uređaj. Sa slike 13 takođe se vidi kako se složen zahtev može razložiti na jednostavnije, korišćenjem relacije ugnježđivanja.

Slučaj testiranja (eng. test case) označava metod kojim se proverava da li je zahtev zadovoljen (OMG, 2012). Relacija zavisnosti sa stereotipom «*verify*» može postojati između zahteva i slučaja testiranja ili drugog elementa modela koji može da odredi da li sistem zadovoljava zahtev (OMG, 2012). Na slici 13 je pomoću ove relacije označeno da se zahtev *T3.1 Low air temperature* može proveriti pomoću slučaja testiranja *T3.1 Low air temperature test*. Formalno, slučaj testiranja je stereotip «*testCase*» operacije ili ponašanja, pa se može modelovati pomoću dijagrama ponašanja.

Relacijom zavisnosti na koju je primenjen stereotip «*satisfy*» može se označiti element modela koji ispunjava neki zahtev. Ovom relacijom je na slici 13 označeno da blok *Prijemnik* ispunjava zahtev *Prijemnik – uslovi okoline (upotreba)* (prijemnik je projektovan tako da zadovolji zahtev za funkcionisanjem u određenim uslovima okoline).

## SysML u praksi

Sistemska inženjer, suočen sa dilemom da li da uvede SysML u svoju praksu, najverovatnije bi postavio i sledeća dva pitanja: 1) da li je SysML „zaživeo”, tj. kako ga je prihvatila stručna i naučna zajednica i kakva je perspektiva njegove primene i 2) kakvi alati za SysML modelovanje su raspoloživi? U ovom odeljku pokušaćemo odgovoriti na ta pitanja.

## Prihvaćenost i perspektiva SysML-a

Godine 2009. OMG je sproveo onlajn anketu sa ciljem da se korisnicima SysML-a i proizvođačima alata omogući da daju povratne informacije koje će pomoći da se unaprede buduće verzije SysML-a. Detaljni rezultati ankete navedeni su u (Cloutier, Bone, 2010.), dok su ključne informacije sumirane u (Bone, Cloutier, 2010.). Anketa je bila otvorenog tipa, a u njoj je učestvovalo 128 ispitanika iz 45 organizacija iz 16 zemalja (Bone, Cloutier, 2010.). Među anketiranim najviše je bilo sistemskih inženjera (Bone, Cloutier, 2010.). Anketa je pružila puno informacija o tekućem statusu SysML-a i SIZM (Bone, Cloutier, 2010.). Jedno od pitanja odnosilo se na to u kojoj meri se u organizacijama anketiranih lica planira upotreba SysML-a u budućnosti. Više od dve



trećine anketiranih (71,3%) odgovorilo je da njihova organizacija već koristi SysML ili planira da ga uvede u svoju praksu (Bone, Cloutier, 2010.). To pokazuje da je stručna zajednica dobro prihvatila SysML i da on predstavlja perspektivan jezik za modelovanje.

Sa druge strane, relativno kratkom pretragom nama dostupnih indeksnih baza uspehi smo da pronađemo preko 40 radova koji se u nekoj meri dotiču SysML-a. U mnogim od ovih radova „SysML” se pojavljuje u naslovu ili u listi ključnih reči. Pregled pomenutih radova prevazilazi obim ovog teksta, ali samo njihovo postojanje ukazuje na to da SysML ima značajan uticaj i u akademskim okvirima.

## SysML alati

Alati za SysML modelovanje sa komercijalnom licencom uključuju: *IBM Rational Rhapsody*, *NoMagic MagicDraw*, *Sparx Systems Enterprise Architect*, *Artisan Studio* i *IBM Rational Tau*. Treba napomenuti da se kod pojedinih komercijalnih alata podrška za SysML modelovanje dobija ili kupovinom posebnog dodatka ili kupovinom specijalne verzije alata („systems engineering edition” i sl.). Besplatni SysML alati uključuju: *TOPCASED* i *Papyrus for SysML*. Postoji i alat *Modelio*, koji ima i komercijalnu i besplatnu verziju. Verzija *Modelio*-a otvorenog koda ne podržava modelovanje zahteva.

Tokom upoznavanja sa SysML-om testirali smo jedan besplatan (*TOPCASED*) i jedan komercijalan (*Sparx Systems Enterprise Architect*) alat. Besplatan alat je u verziji koju smo koristili imao grešku koju nije bilo moguće prevazići (nije bilo moguće prikazati relaciju ugnježđivanja na dijagramu zahteva). Kod komercijalnog alata, pomoću kojeg su izrađeni modeli i dijagrami korišćeni u ovom tekstu, takođe su postojali propusti, koji su ili bili superficijalni ili ih je bilo moguće prevazići. Ako uzmemo u obzir i prethodno pomenutu nemogućnost modelovanja zahteva u drugom besplatnom alatu (*Modelio*), stiče se utisak da besplatni SysML alati još uvek nisu dostigli nivo zrelosti komercijalnih konkurenata. Nadamo se da će se to u budućnosti promeniti.

## Zaključak

Jezik za modelovanje SysML je, pre svega, namenjen za primenu u SIZM, ali je generalno primenljiv svuda gde je potrebno modelovati složene sisteme. Glavne razlike u odnosu na UML odnose se na dve nove vrste dijagrama koji omogućuju modelovanje tekstualnih zahteva i

integraciju analitičkih modela sa drugim vrstama modela, kao i na brojne izmene u strukturnim dijagramima i u dijagramu aktivnosti. Te izmene omogućavaju modelovanje najrazličitijih sistema ili elemenata sistema, kao što su elektronski ili mehanički sistemi/elementi, postrojenja, organizacije, itd. U ovom članku SysML je ilustrovan na tipičnom primeru složenog sistema čiji razvoj bi zahtevao interdisciplinarni pristup – primeru osmatračkog radara. Ovaj primer nije preuzet iz postojeće literature već je smišljen za potrebe ovog članka.

U praksi je SysML dobro prihvaćen, kako od stručnjaka – sistemskih inženjera, tako i od naučne zajednice. Mnoge organizacije već primenjuju SysML ili planiraju njegovu primenu u budućnosti. Na raspolaganju su i brojni alati za SysML modelovanje, kako komercijalni, tako i besplatni.

Na osnovu svega što je rečeno, kao i na osnovu ličnog iskustva, može se zaključiti da je SysML ekspresivan, koristan i perspektivan jezik za modelovanje, čija bi primena mogla pospešiti komunikaciju među zainteresovanim stranama u interdisciplinarnim projektima i unaprediti proces razvoja složenih sistema.

### *Literatura*

Bone, M., & Cloutier, R. 2010. The Current State of Model Based Systems Engineering: Results from the OMG SysML Request for Information 2009. . In: 8th Conference on Systems Engineering Research CSER, Hoboken, NJ., pp.225-232

Cloutier, R., & Bone, M. 2010. *Compilation of SysML RFI - Final Report*. Stevens Institute of Technology, School of Systems & Enterprises.

Estefan, J.A. 2008. *Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies, Rev. B*. INCOSE MBSE Initiative.

Friedenthal, S., Moore, A., & Steiner, R. 2008. *A Practical Guide to SysML: The Systems Modeling Language*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann Publishers.

INCOSE. 2004. *Systems Engineering Handbook, Version 2a*.

OMG. 2012. *Systems Modeling Language (OMG SysML) Version 1.3*.

Tartalja, I. 2011. *Skripta za predmet Projektovanje softvera*. Beograd: Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za računarsku tehniku i informatiku.

Weilkiens, T. 2007. *Systems Engineering with SysML/UML: Modeling, Analysis, Design*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann Publishers.

---

## ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКА SYSML НА УПРОЩЕННОЙ МОДЕЛИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Милош Д. Евтич<sup>а</sup>, Синиша Р. Маринкович<sup>б</sup>, Ивица Б. Марьянович<sup>в</sup>

<sup>а</sup> Университет в Белграде, Электротехнический факультет, г. Белград, Республика Сербия

<sup>б</sup> Университет в Белграде, Институт «Михайло Пупин», г. Белград, Республика Сербия

<sup>в</sup> Министерство обороны Республики Сербия, Военный контроль качества, г. Белград, Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: информатика

ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

### Резюме:

*Systems Modeling Language (SysML) представляет собой профиль Unified Modeling Language (UML), предназначенный для применения в системной инженерии. Недостаток литературы о SysML на сербском языке подтолкнул автора данной статьи к ее написанию, с целью представления этого интересного языка моделирования инженерному и академическому сообществу, при этом подчеркиваются различия между языками SysML и UML. Описание профиля приведено на основании конкретного примера – упрощенной модели радиолокационного наблюдения. Проведен краткий анализ практических аспектов SysML о его внедрении, перспективах дальнейшего применения и пр. В заключении приведены выводы о полезности применения языка SysML, его употребляемости и благоприятных перспективах в связи с его внедрением.*

Ключевые слова: системная инженерия основанная на моделях, радиолокационное наблюдение, SysML, UML.

---

## APPLICATION OF SYSML ON A SIMPLIFIED MODEL OF AN AIR SURVEILLANCE RADAR

Miloš D. Jevtić<sup>а</sup>, Siniša R. Marinković<sup>б</sup>, Ivica B. Marjanović<sup>в</sup>

<sup>а</sup> University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Belgrade, Republic of Serbia,

<sup>б</sup> University of Belgrade, Institute „Mihajlo Pupin“, Belgrade, Republic of Serbia,

<sup>в</sup> Ministry of Defence of the Republic of Serbia, Military Quality Control, Belgrade, Republic of Serbia

FIELD: IT  
ARTICLE TYPE: Professional Paper  
ARTICLE LANGUAGE: Serbian

*Summary:*

*Systems Modeling Language (SysML) is a Unified Modeling Language (UML) profile intended for application in systems engineering. This text is inspired by lack of literature on SysML in Serbian language. Its goal is to introduce this interesting modeling language to the engineering and academic community, with a special emphasis on the differences from UML. An overview is given, using an original example – a simplified model of an air surveillance radar. A short analysis of practical aspects of SysML is made – its scope of acceptance, the prospects of its further application, etc. We concluded that SysML is a useful, accepted and promising modeling language.*

*Key words: Model-based systems engineering, Air surveillance radar, SysML, UML.*

---

Datum prijema članka / Дата получения работы / Paper received on: 13. 07. 2015.  
Datum dostavljanja ispravki rukopisa / Дата получения исправленной версии работы / Manuscript corrections submitted on: 06. 11. 2015.  
Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje / Дата окончательного согласования работы / Paper accepted for publishing on: 08. 11. 2015.

© 2017 Autori. Objavio Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier ([www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), [vtg.mo.upr.srb](http://vtg.mo.upr.srb)). Ovo je članak otvorenog pristupa i distribuira se u skladu sa Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Авторы. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier» ([www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), [vtg.mo.upr.srb](http://vtg.mo.upr.srb)). Данная статья в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons» (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 The Authors. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier ([www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), [vtg.mo.upr.srb](http://vtg.mo.upr.srb)). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



ИСКУСТВА ИЗ ПРАКСЕ  
 ПРАКТИЧЕСКИЕ ОПЫТЫ  
 PROFESSIONAL PRACTICE

## MINES IN USE IN MULTINATIONAL OPERATIONS

*Nenad V. Kovačević*

University of Defence in Belgrade, Military Academy, Cadet Brigade,  
 Belgrade, Republic of Serbia,

e-mail: [inz.84kula@gmail.com](mailto:inz.84kula@gmail.com)

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-0840-0063>

DOI: 10.5937/vojtehg65-7689

FIELD: Weapons and Military Equipment

ARTICLE TYPE: Professional Practice

ARTICLE LANGUAGE: English

### *Abstract:*

*Members of the Ministry of Defence (MoD) and the Serbian Armed Forces (SAF) have been engaged in multinational operations (MnOPs) from 26 June 2002. During the engagement in UN MnOPs, one of the key problems is the procedures when encountering some kind of ordnance. During the preparation of MoD and SAF members for joining UN MNOPs, one of the main problems is a small number of qualified and trained instructors as well as the lack of necessary literature. The paper presents a summary review of one ordnance type - mines, i.e. a review of the most typical representatives of mine types that can be found in some of the territories where MnOPs are conducted. In order to prevent mine accidents, particular attention must be paid to the training i.e. preparation of MoD and SAF members for their participation in MnOPs. The work is primarily based on the currently available literature as well as on the experiences of MoD and SAF members who were engaged in UN MnOPs.*

*Key words: mines, use, training, multinational operations.*

## Introduction

Ordnance includes the entire military equipment containing explosives, nuclear fusion and fission materials, as well as biological and chemical agents. The concept of ordnance includes the following resources:

- Bombs and warheads,
- Guided and ballistic missiles,

- Artillery and mortar shells,
- Rockets and small arms,
- All types of mines,
- Torpedoes and underwater missiles,
- Pyrotechnics,
- Cluster bombs,
- Launching mechanisms,
- Charges and rocket propellant igniter charges,
- Electric detonators, and
- Illegal and improvised explosive devices (Radić, 2001).

In order to raise awareness of the dangers of ordnance in the world, international organizations for the implementation and monitoring of demining in the world have produced a report on demining (Landmine monitor, 2010). The report gives indicators of dangers of ordnance and what is undertaken regarding demining worldwide. Here are some facts concerning ordnance removal hazards:

- In 2009, there were 3,956 victims of mine accidents, which is 28% percent less than in 2008, and the least since 1999 or since the start of monitoring (due to incomplete data, it is assumed that the number of victims exceeds all the mentioned above).
- It is confirmed and/or suspected that 66 states and 7 regions in the world have a problem with dangerous territories, which is three countries fewer since 2011.
- In 2009, 198 km<sup>2</sup> of dangerous territories were demined, which is by far the biggest cleared area on an annual basis, when a total of 255,000 anti-personnel mines and 37,000 anti-tank mines were removed.
- At least 359 km<sup>2</sup> of areas having witnessed armed conflicts were cleared and about 2.2 million ordnance types removed.
- The biggest number of demining projects was in Afghanistan, Cambodia, Iraq, Croatia and Sri Lanka, which is more than 80 % of demining projects.
- Mine Risk Education is continued to be implemented in many countries and areas that have problems with mine risks.
- In 2009, about 449 million US dollars were donated for mine clearance, out of which Germany donated about 61%.
- Only one country in the world laid antipersonnel mines (Myanmar).
- 12 manufacturers of anti-personnel mines were identified, most notable ones being from India, Myanmar and Pakistan.

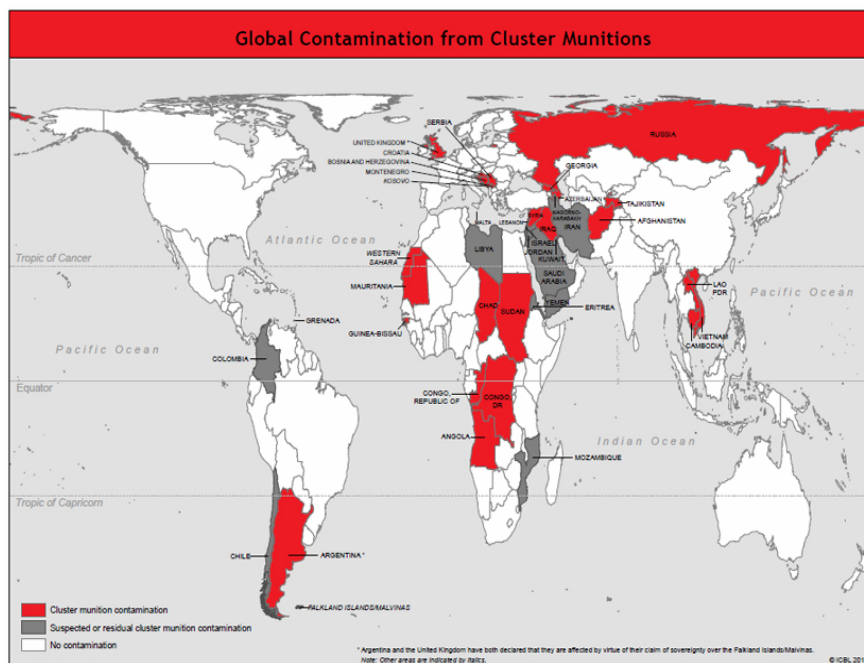
- Antipersonnel mines were used by non-state armed groups in six countries - Afghanistan, Colombia, India, Myanmar, Pakistan and Yemen. This is so far the smallest number of armed forces or armed groups that used antipersonnel mines.

Also, the statistics indicates the following:

- From 3 to 30 US dollars takes to lay a mine, while the cost of its clearance is from 300 to 1000 US dollars.
- In the world, there is a mine accident every 50 min.
- Every month, about 800 people get killed, 1,200 people get injured and until today 500 thousand people are disabled due to mine accidents. (Kovačević, Popović, 2016, p.389)
- The overview of countries having problems with mines and cluster munitions is shown in Figures 1 and 2.



*Figure 1 – World countries with mine risks (marked in red)*  
*Рис. 1 – Страны, в которых существует минная опасность (обозначены красным цветом)*  
*Слика 1 – Земље света у којима постоји опасност од мина (означене су црвеном бојом)*



*Figure 2 – Countries in which there is danger of cluster munitions*  
*Рис. 2 – Страны, в которых существует опасность от кассетных боеприпасов*  
*Слика 2 – Земље у којима постоји опасност од касетне муниције*

In order to take measures to reduce the threat of explosives, an international demining organization in the world, made agreements obliging signatories to the agreement (the state) to adhere to the signed agreement concerning the use, production, storage and transportation of a part of explosives. Of the agreements reached as the most important ones are as follows:

- Mine Ban Treaty or Ottawa Treaty - regulates a total ban on the use, stockpiling, production and transport of anti-personnel mines and their destruction.
- 2008, UN GA Resolution 63/42 - application of the Convention on the Prohibition of the Use, Stockpiling, Production and Transport of Anti-personnel Mines and on their Destruction.
- Convention on Conventional Weapons - Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons which may be considered inhumane.
  - Protocol 2 - the prohibition or restriction of the use of mines, booby traps and other explosive devices.



- Protocol 5 - removal of residual and unexploded ordnance.
- Convention on Cluster Munitions - the prohibition of the use, stockpiling, production and transport of cluster munitions. Specific articles in the Convention relate to assistance to victims, clearance of contaminated areas and destruction of stocks. The Convention was adopted in Dublin on 30.05.2008 by 107 countries and signed on 03.08. of the same year. The Convention entered into force on 01.08.2010 and became legally binding for States Parties. The first meeting of States Parties was held in Laos from 9 to 12.11.2010.
- UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities - The Protocol was adopted at the UN headquarters in New York on 13.12.2006. Until 30.03.2007, 82 countries signed the Convention, 44 countries signed the Protocol, and one country ratified the Convention. The Convention entered into force on 03.05.2008.

### *Mine - basic theoretical provisions*

Mines are a type of ordnance placed on or in the ground or on any other surface that could be activated by the presence or contact of a person or a vehicle. Based on their characteristics, it is said that: „A mine is a perfect soldier. It never sleeps, never asks for payment or food, never misses the target nor asks about tasks or cares about victims. It is operational for more than fifty years. It is very difficult to find and inexpensive to purchase.“ (NATO, 2010)

In principle, each mine consists of a mine body (casing), explosive charge (in further text EC), an igniter, a cap and a booster. The mine main components are given in Figure 3. (Kovačević, 2015, p.197)

Mines are considered to be the most dangerous type of ordnance due to the following characteristics:

- the possibility of different ways of activation,
- durability and reliability,
- high sensitivity,
- severe destructive and wounding effect,
- ease of installation, and
- a good possibility of masking. (Uprava inženjerije, 1970)

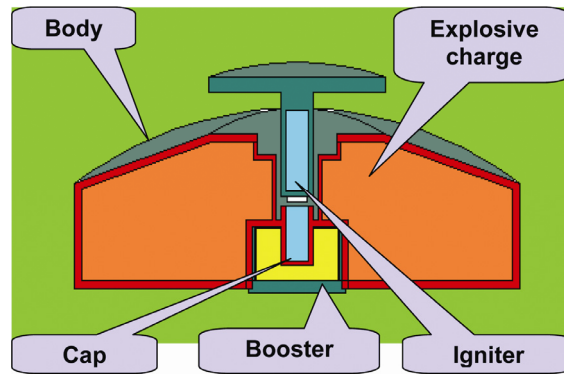


Figure 3 – Mine with the essential components  
 Рус. 3 – Мина с основными частями  
 Слика 3 – Мина са основним деловима

Mines can be activated in the following ways:

- contact (by pressure, movement, release, etc.),
- orchestrated (controlled),
- presence (without physical contact), and
- self-destruction.

Currently in the world there are over 600 types of mines classified according to various criteria. However, the most common is the division according to purpose (division used in MnOps):

- Anti-personnel mines,
- Anti-vehicle mines or Anti tank mines. (<http://www.mineaction.org>)

Anti-personnel mines are designed to kill or cause casualties to enemy personnel. They are generally small in size, of different shapes and can be made of different materials (wood, plastic or metal). They are most commonly triggered by physical contact and by tripwires, but can also be orchestrated or triggered by a time fuze. They are mainly buried in the ground, but can be set on the ground or other surface. They are almost always designed to be hidden and disguised. This type of mines is classified according to the mode of action:

- Blast mines (with a blast effect when a person steps on them) and
- Fragmentation mines (they have a blast effect and project fragments across a wide area). (<http://www.mineaction.org>)

Blast mines have a blast shock wave effect due to small amounts of explosives (about 0.1 kg) not designed to kill but to inflict injuries, usually to lower extremities, which due to their seriousness, often lead to amputation and, consequently, have a major psychological impact on people. Landmines are usually cylindrical in shape with a diameter of 70 to

160 mm and a height of 50 to 100 mm. However, a number of landmines are rectangular with the dimensions of 100x180 mm up to 150x300 mm. Landmines can be of various colors but the most common ones are olive, green, black, brown or gray. The most serious injuries are inflicted by landmines with shaped charge. (<http://www.defence.gov.au/uxo/index.asp>)

Fragmentation mines (blast shock effect and fragments) have higher amounts of explosives (from 0.3 to 0.5 kg) and are intended to inflict injuries to more people simultaneously. Most of these mines have metal casings or contain ball bearings or metal fragments which contribute to severe lethal effect to the target. Fragmentation mines operate within a radius of 360° and generally cause casualties within a radius of 10 to 50 m. Fragmentation mines the fragments of which are unequal in size can achieve a lethal effect at a distance of 100 m. Fatal injuries are not uncommon. There are three basic types of fragmentation mines:

- Stake Anti-Personnel Mines,
  - Directional Fragmentation Anti-Personnel Mines,
  - Bounding Fragmentation Anti-Personnel Mines.
- (<http://www.defence.gov.au/uxo/index.asp>)

Stake Anti-Personnel Mines, mostly activated by pulling tripwires, are designed to cause casualties to a number of people simultaneously. They are placed on wooden or metal stakes at about 200 mm above the ground, and can be fixed on trees and buildings. They are usually painted green, or they may be unpainted wood or metal. Two or more tripwires can be strung from a mine to another object (usually another stake or a tree). It is not rare that several landmines are buried along the direction of tripwires. (<http://www.mineaction.org>)

Directional Fragmentation Anti-Personnel Mines are intended to cause injuries to a larger number of people in a specified direction. Most of the mines of this kind look like a curved rectangular box with legs and are mostly olive, black, brown and green. Mines are usually command detonated from distance or initiated by tripwire. Material fragments (mainly mine casing and ball bearings) are projected within an angle of 60° horizontally and 3° vertically. Generally, ball bearings have an effective range of 50 m from the explosion site. (<http://www.defence.gov.au/uxo/index.asp>)

Bounding Fragmentation Anti-Personnel Mines are designed to cause casualties to a large number of people. They are usually buried so that only the fuze is above the surface, and are activated by pressure or by triggering tripwires. They are commonly up to 150 mm in diameter and up to 300 mm in height. Once triggered, bounding fragmentation antipersonnel mines “jump” out of the ground to a height of 1 m and

operate in a 360° radius. Their effective range is from 10 to 50 m and they are most likely to be lethal within 25 m and capable of inflicting serious injury at ranges up to 100 m. (<http://www.defence.gov.au/uxo/index>)

Anti-vehicle mines or anti tank mines are designed for disabling and destroying vehicles. Like anti-personnel mines, they are mostly detonated by pressure (requiring a greater force of pressure), but may be triggered by other ways, especially when equipped with special fuzes. They are placed mainly on roads for motor vehicles. It is not rare that anti-tank mines are buried together with anti-personnel mines. Anti-tank mines are usually round and square in shape, 230 mm in diameter and 100 mm in height to 400 mm in diameter and 160 mm in height. The casing can be made of wood, plastic or metal and in various colors. Anti-tank mines are generally triggered by a pressure of 120 kg to 150 kg. Given that one of the purposes of anti-tank mines is disabling and destroying tanks, they contain greater amounts of explosives and, in case they are activated by civilian vehicles, the consequences for the people in them are catastrophic. (Department of Defence, Australia, 2003)

## Information on the use of landmines in MnOps

The rest of this paper provides an overview of the types of mines and their representatives most often found in territories where MnOps are deployed, primarily based on the experience of MnOps participants. Anti-personnel mines, especially fragmentation ones, and anti-tank mines are presented. Each mine type representative is described in terms of the country of manufacture, the countries where they are used and the basic tactical and technical specifications. The overview is also based on official reports of various agencies and non-governmental organizations from many countries, who are fighting for a ban on the production and the use of mines.

The VS-50 anti-personnel mine (Figure 4), produced in Italy, was used in Afghanistan, Angola, Ecuador, Iraq, Kuwait, Lebanon, Mozambique, Peru, Rwanda, Sri Lanka, Western Sahara and Zimbabwe (Radić, 2001). Some variants of this mine include metal plates, and can easily be found with metal detectors, but in other variants metal plates were replaced with plastic thus making them difficult to detect. The mine casing is usually green or sand colored. The tactical and technical data:

- height: 45 mm,
- diameter: 90 mm,
- EC weight: 0.045 kg,
- type of explosive: cyclotrimethylenetrinitramine (RDX).



Figure 4 – VS-50 mine  
 Рус. 4 – Мина VS-50  
 Слика 4 – Мина VS-50

The YM-1 anti-personnel mine (Figure 5), produced in Iran, is a newer design of the VS-50 mine. This type of mine was used in Afghanistan and Iran (Radić, 2001). The mine casing is made of plastic and is usually black, green or sand coloured. The tactical and technical data:

- height: 45 mm,
- diameter: 90 mm,
- EC weight: 0.05 kg,
- type of explosive: RDX.



Figure 5 – YM-1 mine  
 Рус. 5 – Мина YM-1  
 Слика 5 – Мина YM-1

The PPM-2 antipersonnel mine (its external and internal appearance is shown in Figure 6) was produced in the former German Democratic Republic. This type of mine was used in Angola, Cambodia, Chad, Eritrea, Ethiopia, Lebanon, Mozambique, Namibia and Somalia. The plastic mine casing is usually black. The tactical and technical data:

- height: 60 mm,
- diameter: 134 mm,
- EC weight: 0.11 kg,
- type of explosive: trinitrotoluol (TNT) (Radić, 2001)



Figure 6 – PPM-2 mine  
 Рус. 6 – Мина РРМ-2  
 Слика 6 – Мина РРМ-2

The anti-personnel mine No. 4 (Figure 7), produced in Israel, was used in Afghanistan, Israel, Iraq, the Falklands, Lebanon and Sudan. Due to its design and quality materials, this mine is very sensitive to pressure and stable in the ground, which has resulted in a large number of accidents during its clearance. The tactical and technical data:

- height: 50 mm,
- diameter: 135 mm,
- width: 65 mm,
- EC weight: 0.188 kg,
- type of explosive: TNT(<http://www.mineaction.org>).



Figure 7 – No.4 mine  
 Рус. 7 – Мина №4  
 Слика 7 – Мина No.4

The Type 72 anti-personnel mine (its external and internal appearance is shown in Figure 8), produced in the People's Republic of China, was used in Afghanistan, Angola, Cambodia, China, Eritrea, Iraq, Kurdistan, Kuwait, Lebanon, Mozambique, Namibia, Peru, Somalia, Sri Lanka, Sudan and Thailand. The plastic casing is usually green with a green ring on the top (Radić, 2001). Since it has a very low metal content, it is very difficult to detect with a metal detector. Modern versions of this type of mines are Type 72a and Type 72b, which are equipped with electronic devices, which further increases the sensitivity of the mine. The tactical and technical data:

- height: 38 mm,

- diameter: 78 mm,
- EC weight: 0.051 kg,
- type of explosive: TNT.



Figure 8 – Type 72 mine  
Рис. 8 – Мина Тип 72  
Слика 8 – Мина Тип 72

The M969 anti-personnel mine (Figure 9), produced in Portugal, is a modern version of the Belgian NR 409 mine. This type of mine was used in: Angola, Mozambique, Namibia and Zimbabwe. The plastic casing is usually dark green or brown, with a large black plastic lid. It is characteristic that it has a very low metal content so that it is very difficult to detect with a metal detector. The tactical and technical data:

- height: 28 mm,
- diameter: 82 mm,
- EC weight: 0.08 kg,
- type of explosive: TNT-Composition B. (<http://www.mineaction.org>)

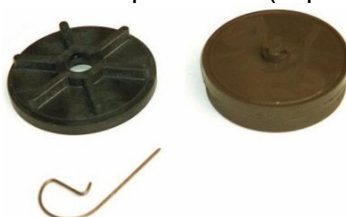


Figure 9 – M969 mine  
Рис. 9 – Мина М969  
Слика 9 – Мина М969

The P4 Mk1 and Mk2 anti-personnel mines (Figure 10), produced in Pakistan, were used in: Afghanistan, Angola, Eritrea, Ethiopia, Pakistan, Somalia, India and Sri Lanka. In countries where these mines were used, they were branded as P4Mk1 and P4Mk2. They, characteristically, have a very low metal content so that it is very difficult to detect them with a metal

detector. The casing is usually brown or green, with a yellow ring between the upper and lower halves. The tactical and technical data:

- height: 40 mm,
- diameter: 70 mm,
- EC weight: 0.03 kg,
- type of explosive: tetryl. (<http://www.mineaction.org>)



Figure 10 – P4 Mk1 mine  
 Рис. 10 – Мина P4 Mk1  
 Слика 10 – Мина P4 Mk1

The PMN antipersonnel mine (Figure 11), known as the Black Widow, was produced in the former Soviet Union. This type of mine was used in: Afghanistan, Angola, Azerbaijan, Cambodia, Chechnya, Egypt, Eritrea, Ethiopia, Georgia, Honduras, Iraq, Laos, Lebanon, Libya, Mozambique, Namibia, Nicaragua, Rwanda, Somalia, Sudan, Tajikistan, Vietnam and Yemen. The Bakelite casing is reddish-brown, with black rubber on the top. The tactical and technical data:

- height: 56 mm,
- diameter: 112 mm,
- EC weight: 0.24 kg,
- type of explosive: TNT. (<http://www.mineaction.org>)



Figure 11 – PMN mine  
 Рис. 11 – Мина PMN  
 Слика 11 – Мина PMN

The PRB-M35 anti-personnel mine (Figure 12), produced in Belgium, was used in: Jordan, Angola, Chad, Ecuador, Eritrea, Lebanon, Peru,



Somalia, Sudan, Uganda and Western Sahara. Since it has a very low metal content, it is very difficult to detect with a metal detector. The casing is usually olive green. The tactical and technical data:

- height: 56 mm,
- diameter: 112 mm,
- EC weight: 0.24 kg,
- type of explosive: TNT. (Radić, 2001)



Figure 12 – PRB-M35 mine  
Рис. 12 - Мина PRB-M35  
Слика 12 – Мина PRB-M35

The M14 anti-personnel mine (Figure 13), produced in the USA, was used in: Angola, Cambodia, Chad, Chile, El Salvador, Eritrea, Ethiopia, Iran, Iraq, Jordan, Laos, Lebanon, Malawi, Mozambique, Somalia, Vietnam and Zambia. The casing is usually olive green, but can be found in black or green. It contains a small amount of metal so it is very difficult to detect with a metal detector. Various copies and variants of this type of mines are made for the needs of the armed forces of Vietnam, Turkey and India. The tactical and technical data:

- height: 40 mm,
- diameter: 56 mm,
- EC weight: 0.029 kg,
- type of explosive: tetryl. (Radić, 2001)



Figure 13 – M14 mine  
Рис. 13 – Мина М14  
Слика 13 – Мина М14

The VALMARA 69-V69 antipersonnel fragmentation mine (Figure 14), made in Italy, has also its copy produced in South Africa. It was used in:

Angola, Egypt, Iraq, Kurdistan, Kuwait, Mozambique, Sudan and Western Sahara. The casing is usually green or sand colored. It can be armed with fuses which react to movement and pressure (by stepping on it). The tactical and technical data:

- height: 205 mm,
- diameter: 130 mm,
- EC weight: 0.42 kg,
- type of explosive: TNT or RDX (Composition B). (Radić, 2001)



Figure 14 – VALMARA 69-V69 mine  
 Рус. 14 – Мина VALMARA 69-V69  
 Слика 14 – Мина VALMARA 69-V69

The OZM-4 antipersonnel fragmentation mine (Figure 15) was produced in the former Soviet Union. This type of mine was used in: Afghanistan, Angola, Cambodia, Cuba, Eritrea, Ethiopia, Mozambique, Namibia, Nicaragua, Sudan, Vietnam, Yemen and Zambia. The mine casing is usually olive green. It can be armed with fuzes which react to movement, pressure (stepping on it), or distance activation. The tactical and technical data:

- height: 140 mm,
- diameter: 91 mm,
- EC weight: 0.17 kg,
- type of explosive: TNT. (Radić, 2001)



Figure 15 – OZM-4 mine  
 Рус. 15 – Мина OZM-4  
 Слика 15 – Мина OZM-4

The OZM-72 antipersonnel fragmentation mine (Figure 16) is a variant of the OZM-4 mine design. The OZM-72 mine was also designed and manufactured in the former Soviet Union. This type of mine was used in: Afghanistan, Angola, Cambodia, Cuba, Eritrea, Ethiopia, Mozambique, Namibia, Nicaragua, Sudan, Vietnam, Yemen and Zambia. The mine casing is usually olive green. It is characterized by a large amount of explosive and high destructive power. The mine can be also armed with fuzes which react to movement, pressure (stepping on it), or they can be activated from distance. The tactical and technical data:

- height: 172 mm,
- diameter: 106 mm,
- EC weight: 0.5 kg,
- type of explosive: TNT. (<http://defence.gov.au/uxo/index.asp>)



Figure 16 – OZM-72 mine  
Рис. 16 – Мина OZM-72  
Слика 16 – Мина OZM-72

The POMZ-2 antipersonnel fragmentation mine (Figure 17) was produced in the former Soviet Union. Since it is very simple to manufacture, this type of mine, or its copy, was used in many countries of the world, mostly in Asia. The mine casing is usually olive green and a wooden stake can be green or brown. It is triggered by tripwire. The tactical and technical data:

- height: 130 mm,
- diameter: 60 mm,
- EC weight: 0.075 kg,
- type of explosive: TNT. (Radić, 2001)



*Figure 17 – Mine POZM-2*  
*Рис. 17 – Мина POZM-2*  
*Слика 17 – Мина POZM-2*

The PROM-1 anti-personnel fragmentation mine (Figure 18) was produced in the former SFR of Yugoslavia. This type of mine was used in: Bosnia and Herzegovina, Croatia, Iraq, Namibia and Angola. The mine casing is usually olive green. The mine can be activated by pressure or tripwire. The tactical and technical data:

- height: 260 mm,
- diameter: 75 mm,
- EC weight: 0.425 kg,
- type of explosive: TNT. (Radić, 2001)



*Figure 18 – PROM-1 mine*  
*Рис. 18 – Мина PROM-1*  
*Слика 18 – Мина PROM-1*

The M16A1 anti-personnel fragmentation mine (Figure 19), produced in the USA, was used in: Angola, Cambodia, Chile, Cuba, Cyprus, Eritrea, Ethiopia, Iran, Iraq, Korea, Mozambique, Thailand, Western Sahara, and Zambia. It is one of the most common mines in the world. The mine casing is usually olive green, with the mine name written in yellow on it. It can be activated by pressure or by tripwire. The tactical and technical data:

- height: 203 mm,
- diameter: 103 mm,
- EC weight: 0.575 kg,
- type of explosive: TNT. (<http://mineaction.org>)



Figure 19 – M16A1 mine  
 Рус. 19 – Мина М16А1  
 Слика 19 – Мина М16А1

The PP Mi-Sr II antipersonnel fragmentation mine (Figure 20) was produced in Czechoslovakia. This type of mine was used in: Afghanistan, Angola, Cambodia, Costa Rica, Djibouti, Egypt, Eritrea, Ethiopia, Honduras, Lebanon, Mozambique, Namibia, Nicaragua, Somalia, Yemen and Zambia. The mine casing is olive green or yellow. The tactical and technical data:

- height: 152 mm,
- diameter: 102 mm,
- EC weight: 0.36 kg,
- type of explosive: TNT. (Radić, 2001)



Figure 20 –PP Mi-Sr II mine  
 Рус. 20 – Мина РР Ми-Ср II  
 Слика 20 – Мина РР Ми-Ср II

The M421 antipersonnel fragmentation mine (Figure 21), produced in Portugal, was used in: Chad, Lebanon, Rwanda, Somalia, Uganda and Western Sahara. The mine casing is usually dark green or sand colored with yellow lettering. It is activated by tripwire. The tactical and technical data:

- height: 114 mm,
- diameter: 46 mm,
- EC weight: 0.1 kg,
- type of explosive: TNT Composition B.  
 (<http://www.defence.gov.au/uxo/index.asp>)



Figure 21 – M421 mine  
Рис. 21 – Мина М421  
Слика 21 – Мина М421

The TM57 anti-tank mine (Figure 22) was produced in the former Soviet Union. This type of mine was used in: Afghanistan, Angola, Azerbaijan, Cambodia, Chad, Chechnya, Djibouti, Eritrea, Ethiopia, Iraq, Korea, Kuwait, Lebanon, Mozambique, Namibia, Nicaragua, Rwanda, Somalia, Sudan, Vietnam, Western Sahara, Zimbabwe, and Zambia. The mine casing is usually olive green with the mine name in black. It has an additional well designed for a secondary fuze. The tactical and technical data:

- height: 102 mm,
- diameter: 316 mm,
- EC weight: 6.34 kg,
- type of explosive: TNT or TGA or MS. (Radić, 2001)



Figure 22 – TM57 mine  
Рис. 22 – Мина ТМ57  
Слика 22 – Мина ТМ57

The TM46 anti-tank mine (Figure 23) was produced in the USSR. A version of this mine, called No 6, is produced and is in operational use by the armed forces of Israel. This type of mine was used in: Afghanistan, Angola, Azerbaijan, Cambodia, Chad, Chechnya, Djibouti, Egypt, Eritrea, Ethiopia, Iraq, Kuwait, Lebanon, Mozambique, Namibia, Rwanda, Somalia, Sudan, Thailand, Western Sahara, Yemen, Zimbabwe and Zambia. The mine casing is usually olive green. It has an additional well designed for a secondary fuze. The tactical and technical data:

- height: 108 mm,

- diameter: 305 mm,
- EC weight: 5.7 kg,
- type of explosive: TNT. (<http://www.mineaction.org>)



Figure 23 – TM46 mine  
Рис. 23 – Мина ТМ46  
Слика 23 – Мина ТМ46

The TMK-2 anti-tank mine (Figure 24) was produced in the USSR. This type of mine was used in: Afghanistan, Angola, Azerbaijan, Eritrea, Ethiopia, Iraq, Mozambique and Namibia. The tactical and technical data:

- height: 265 mm,
- diameter: 307 mm,
- EC weight: 6.5 kg,
- type of explosive: TNT or TG-50. (Radić, 2001)



Figure 24 – TMK-2 mine  
Рис. 24 – Мина ТМК-2  
Слика 24 – Мина ТМК-2

The VS-2.2 anti-tank mine (Figure 25), manufactured in Italy, belongs to the family of the VS type. This type of mine was used in Iraq and Kuwait. The casing is usually brown or green (Radić, 2001). Based on this mine, very similar mine types (VS 3.6 and SH-55) were designed; their tactical and technical characteristics are given in Table 1 (Uprava inženjerije, 1999).

*Table 1 – Tactical - technical characteristics of the VS-2.2, 3.6 and SH-55 type mines*  
*Таблица 1 – Тактико-технические характеристики мин типа VS-2.2, VS-3.6 и SH-55*  
*Табела 1 – Тактичко-техничке карактеристике мина типа VS-2.2, VS-3.6 и SH-55*

Characteristic	Type of mine		
	VS-2.2	VS-3.6	SH-55
height - mm	115	115	122
diameter - mm	230	248	280
EC weight - kg	2.2	4	5.5
type of explosive	Composition B		



*Figure 25 – VS-2.2 mine*  
*Рис. 25 – Мина VS-2.2*  
*Слика 25 – Мина VS-2.2*

The MK5NS anti-tank mine (Figure 26), produced in the UK, was used in: Angola, Egypt, Jordan, Mozambique and Zimbabwe. The casing is usually olive green. The tactical and technical data:

- height: 127 mm,
- diameter: 203 mm,
- EC weight: 2.05 kg,
- Type of explosive: TNT. (Radić, 2001)



*Figure 26 – MK5NS mine*  
*Рис. 26 – Мина PRB MK5NS*  
*Слика 26 – Мина MK5NS*



The PRB M3 and PRB M3A1 anti-tank mines (Figure 27), produced in Belgium, were used in: Angola, Chad, Chechnya, Eritrea, Ethiopia, Iraq, Lebanon, Rwanda, Somalia, Western Sahara and Zambia. The casing is usually olive green with the name in yellow on it. The tactical and technical data:

- height: 130 mm,
- diameter: 230x230 mm,
- EC weight: 6.00 kg,
- type of explosive: TNT. (Radić, 2001)



Figure 27 – PRB M3 mine  
Рис. 27 – Мина PRB M3  
Слика 27 – Мина PRB M3

The YM-III anti-tank mine (Figure 28), produced in Iran, was used in: Afghanistan, Angola, Cambodia, Iraq, Kuwait, Mozambique, Peru, Somalia, Taiwan and Thailand. The casing is usually olive green or sand colored, with the name written in black letters. The tactical and technical data:

- height: 110 mm,
- diameter: 270 mm,
- EC weight: 5.7 kg,
- type of explosive: RDX or TNT. (Radić, 2001)



Figure 28 – YM-III mine  
Рис. 28 – Мина YM-III  
Слика 28 – Мина YM-III

The M19 anti-tank mine (Figure 29), produced in the USA, was used in: Afghanistan, Angola, Azerbaijan, Chad, Chile, Cyprus, Iran, Iraq, Jordan, Korea, Lebanon, Western Sahara and Zambia. The casing is generally olive green, with the mine name in yellow on it. The tactical and technical data:

- height: 94 mm,
- diameter: 332x332 mm,
- EC weight: 9.53 kg,
- type of explosive: Composition B. (<http://www.mineaction.org>)



Figure 29 – M19 mine  
Рис. 29 – Мина М19  
Слика 29 – Мина М19

The M6 anti-tank mine (Figure 30), produced in the USA, exists in several versions: M6A1, M6A2 and M15. This type of mine was used in: Angola, Korea, Cyprus, Lebanon, Rwanda, Thailand and the Western Sahara. The mine casing is usually dark olive green with the mine name in yellow. The tactical and technical data:

- height: 83 mm,
- diameter: 333 mm,
- EC weight: 4.45 kg,
- type of explosive: TNT. (Radić, 2001)



Figure 30 – M6 mine  
Рис. 30 – Мина М6  
Слика 30 – Мина М6

## Conclusion

Due to the lack of literature as well as inadequate and sometimes poor technical quality translations of training materials, SAF and MoD members preparing to join MnOps face an increased risk of getting injured while performing their regular tasks.

Working with mines and other types of ordnance is very hard and complex psycho-physical work which requires, first of all, a very good theoretical knowledge of mines, physical fitness, but also practical mine clearance training. Work with mines in MnOps is made more difficult because the members of the SAF and the MoD are not sufficiently familiar with the tactical and technical characteristics of certain types of mines that can be found in the areas where MnOps are deployed.

Quality training, as a process with all its elements, is the basic measure for preventing accidents at work with mines. The base of any kind of training consists of equipment (disposable goods included), instructors and literature. Untrained personnel are a result of the lack of any of these training elements. This paper hopefully contributes to the expansion of the existing literature in this field.

## References

Department of Defence, Australia. 2003. *Ordnance items description*. Canberra. Appendix E.

Kovačević, N. 2015. Preventivne mere za bezbedan i zdrav rad sa minama u multinacionalnim operacijama/Preventive measures for safe and healthy working with mines in multinational operations. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 63(4), pp.192-214, doi:10.5937/vojtehg63-7330.

Kovačević, N., Popović, Ž. 2016. Consequences of use mine-explosive devices in act of terrorism, pp.387-393, In: Conference *Dani Arčibalda Rajsa*, Beograd, Mart 10-11.

Landmine Monitor. 2010. *The International Campaign to Ban Landmines*. Canada.

NATO. 2010. *Mine and counter mine*. Turkey.

Retrived from <http://www.mineaction.org>.

Retrived from sa <http://www.defence.gov.au/uxo/index.asp>.

Radić, N.V. 2001. *Minsko ratovanje*. Beograd: Vojnoizdavački zavod.

Uprava inženjerije VJ, 1999. *Minsko-eksplozivna sredstva NATO*. Beograd: Vojnoizdavački zavod.

Uprava inženjerije JNA, 1970. *Pravilo o protivpešadijskim i protivtenkovskim minama*. Beograd: Vojna štamparija.

---

## МИНЫ В ПРОЦЕССЕ МНОГОНАЦИОНАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

*Ненад В. Ковачевич*

Университет обороны в г. Белград, Военная академия, Кадетская бригада, Белград, Республика Сербия

ОБЛАСТЬ: вооружение и военное оборудование

ВИД СТАТЬИ: практический опыт

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

### *Резюме:*

*Военнослужащие Министерства обороны Республики Сербия (далее по тексту: МОРС) и Вооруженных сил Республики Сербия (далее по тексту: ВСРС) с 26.06. 2012 года принимают участие в многонациональных операциях (далее по тексту: МНОп). На сегодняшний день в десяти МНОп Организации объединенных наций (далее по тексту: ООН), проводимых в разных странах мира, участвуют 247 представителей МОРС и ВСРС. Ключевой проблемой, возникающей в процессе осуществления МНОп ООН является процедура при обнаруживании минно-взрывных устройств (далее по тексту: МВУ). Главной проблемой при профессиональной подготовке служащих МОРС и ВСРС, направляемых в МНОп ООН является отсутствие достаточного количества квалифицированных инструкторов, так же как и учебных пособий. В статье представлен обзор доступной информации о МВУ минах – самом распространенном виде мин, обнаруженных на территории проводимых операций МНОп ООН. С целью преодоления минной опасности необходимо посвятить особое внимание профилактике, и профессиональной подготовке лиц-участников МНОп ООН. Статья основана на материалах доступной на данный момент литературы и опыта участников МОРС и ВСРС в МНОп ООН.*

*Ключевые слова: профилактика, многонациональные операции, безопасность, взрыв, мины.*

---

## МИНЕ НА ТЕРИТОРИЈИ ИЗВОЂЕЊА МУЛТИНАЦИОНАЛНИХ ОПЕРАЦИЈА

Ненад В. Ковачевић

Универзитет одбране у Београду, Војна академија, Кадетска бригада,  
Београд, Република Србија

ОБЛАСТ: наоружање и војна опрема

ВРСТА ЧЛАНКА: искуства из праксе

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

### Сажетак:

*Припадници Министарства одбране (МО) и Војске Србије (ВС) ангажују се у мултинационаним операцијама (МНОп) од 26. 6. 2002. године. Тренутно је ангажовано 247 припадника МО и ВС у укупно 10 МНОп Уједињених нација (УН) широм света, у различитим улогама. У току свог ангажовања они морају поштовати одређену процедуру приликом наиласка на неку врсту минско-експлозивних средстава (МЕС). Приликом припреме припадника МО и ВС за слање у МНОп УН јавља се, као један од основних проблема, мали број квалификованих и обучених инструктора, као и недостатак неопходне литературе. Чланак представља збирни преглед једне врсте МЕС – мина, односно најзаступљенијих врста мина које се могу наћи на неким од територија на којима се изводе МНОп. Ради превенције настанка незгода које проузрокују мине, посебна пажња мора се посветити обуци, односно припреми припадника МО и ВС за учешће у МНОп УН. Рад се преваходно заснива на тренутно расположивој литератури, али и на искуствима припадника МО и ВС који су били ангажовани у МНОп УН.*

*Кључне речи: мине, употреба, обука, мултинационалне операције.*

---

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 08. 02. 2015.

Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /

Датум достављања исправки рукописа: 19. 08. 2016.

Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум

коначног прихватања чланка за објављивање: 21. 08. 2016.

© 2017 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier

(www.vtg.mod.gov.rs, vtg.mo.yup.srb). This article is an open access article distributed under the

terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Автор. Опубликовано в «Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier» ([www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией «Creative Commons» (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2017 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier ([www.vtg.mod.gov.rs](http://www.vtg.mod.gov.rs), втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



САВРЕМЕНО НАОРУЖАЊЕ И ВОЈНА ОПРЕМА  
 СОВРЕМЕННОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
 MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

*Словачка приказује борбено возило пешадије Corsac<sup>1</sup>*

Словачка компанија MSM Group приказала је ново ваздушно транспортно борбено возило пешадије (БВП) Corsac у конфигурацији 8x8, које је произведено на основу оклопног транспортера пешадије Steyr Pandur II, компаније General Dynamics European Land Systems.

Ово возило произведено је на основу потреба словачких оружаних снага и опремљено даљински управљаном куполом Terra 30.



*Ваздушно транспортно борбено возило пешадије (БВП) Corsac*

Прототип је димензија 7,43 m x 2,6 m x 2,95 m са клиренсом од 0,45 m. Возилом управља посада од три члана – командир, возач и нишанџија, а предвиђена десантна посада састоји се од шест чланова или 9.500 кг терета.


Балистичка заштита за труп је на нивоу STANAG 4569 L2 за труп и STANAG 4569 L3a/b и у функцији је заштите од мина. Балистичку заштиту могуће је повећати на ниво STANAG 4569 L3 или L4 путем додавања додатног армичког оклопа са керамичким уметцима.

Возило је опремљено и опремом за заштиту од НБХ дејстава састављеном од уређаја за прочишћавање и хлађење ваздуха FVZ-98M, детектора отровних гасова RAID X P и комплета за деконтаминацију OS-3M.

<sup>1</sup> Jane's International Defence Review July 2016

Возило покреће турбо храњени дизел мотор Cummins ISL HPCR, снаге 450 КС, који му омогућава максималну брзину од 115 км/сат на отвореном путу са радијусом дејства од 650 км. Опциона амфибијска способност омогућава возилу да плови брзином од 10 км/сат.

Купола Turra 30 може бити наоружана топовима 30 мм, као што су руски 2А42 или амерички Bushmaster Mk 44. Помоћно наоружање састоји се од митраљеца 7.62 мм или 12.7 мм. Куполу је могуће опремити и са две противтенковске ракете 9М113 Konkurs (NATO AT-5 „Spandrel”), али и израелским ракетама Spike компаније Rafael.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),  
e-mail: draganvučkovic@kbcnet.rs,  
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

### Супер кавитациона муниција<sup>2</sup>

Компанија DSG Technology започела је производњу суперкавитационе вишенаменске муниције која омогућава гађање мета у води и боље ефекте погодака по слојевитим циљевима.

Након 10 година развоја компанија је започела производњу и испоруку НАТО чланицама без прецизирања о којим се земљама ради.

Муниција се прерађује употребом такозване Cav-X технологије која се може применити на сваку врсту муниције. Када објекат наиђе на течност при брзинама већим од 100 м/с, притисак течности иза објекта смањује се испод парног притиска течности и на тај начин формира течну опну, кавитет, која обухвата сам објекат.

Муниција са ефектом Cav-X технологије садржи кавитационо језгро које формира кавитет већег обима од самог пројектила, тако да вода врши притисак само на водећи део кавитета. То омогућује, поред осталог, да пројектил уђе и изађе из воде без рикошета и угрожавања пријатељских или цивилних пловила. То значи да Cav-X муниција може бити употребљена у одбрани против торпеда испалених са површинских или подводних платформи. На пример, бродови наоружани системима за блиску одбрану Phalanx могу гађати долазећи торпедо на исти начин као и долазеће ракете, без страха да ће се пројектили одбити и рикошетирати са површине воде.

Компанија може производити муницију у три категорије: максималну, средњу и подзвучну у зависности од намера клијента, што ће омогућити корисницима куповину муниције за употребу по циљевима на води или копну, односно по вишеслојним или оклопним циљевима.


Иако се Cav-X технологија може употребити за сваки калибар, наводи се да је ефективни дomet суперкавитационе муниције 5.56 мм 700–900 м у

<sup>2</sup> Jane's International Defence Review July 2016



ваздуху и 10–11 м у води, док је код подзвучног пуњења пројектила домет 600 м у ваздуху и између 12 и 14 м у води.

Муниција калибра 7.62 мм има типични радијус дејства од 1.100 м у ваздуху и 20–2 м у води, док је радијус дејства муниције 12.7 мм, 2.200 м у ваздуху и око 60 м у води.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),  
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,  
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

### *Развој ракета ваздух-ваздух за борбу ван визуелног домета<sup>3</sup>*

Од распада Совјетског Савеза па све до недавно није било спорно постојање ваздушне супериорности Америке и њених савезника и то захваљујући надмоћним ваздушним платформама, тактикама и напредним ракетама ваздух-ваздух, а нарочито оним за деловање ван визуелног домета.

#### *Нови изазов*

Инвестирање Русије и Кине у напредне ловачке технологије као што су развој летелица пете генерације, Sukhoi T-50 PAK-FA и Chengdu J-20, као и све већи број напредних ловаца Sukhoi Su-35S „Flanker E” и Shenyang J-11D, уз значајни напредак у развоју радара са активним електронским скенирањем (АЕСА) и интеграцију моћних уређаја за електронско ратовање, сада представљају значајан изазов ваздушној доминацији САД и њених савезника. Паралелне инвестиције у развој оружја за борбу ваздух-ваздух преставља нови додатни проблем Западу који је досад био неприкосновен на пољу поменутих технологија.

Русија тренутно развија велики број система који су били предвиђени осамдесетих година, али не и реализовани због краха СССР-а и накнадног економског колапса Русије. Међу овим системима налазе се ракете R-77 (AA-12 „Adder”) са активним радарским навођењем и њена извозна верзија такође радарски активно вођена RVV-AE R-37 (AA-13 „Arrow”) која је продата Кини.

Почетак 2016. године обележило је увођење у оперативну употребу ракете AA-12B/R-77-1 на ловцу Su-35S, што представља прву серију модернизованих ракета R-77. У поређењу са основном верзијом R-77, која је врло слична експортној верзији RVV-AE, R-77-1 има напредне управљачке површине и аеродинамику, унапређене електронске компоненте, измењен предњи део и мало дуже тело са већом количином погонског горива да има већи радијус дејства у односу на RVV-AE/R-77.

<sup>3</sup> Jane's International Defence Review July 2016

Претпоставља се да ће модел AA-12B бити произведен у већем броју за домаће тржиште, али и за извоз под другом ознаком. Поред тога, Русија ради на модернизацији ракете R-77 која ће након тога носити ознаку R-77M. То ће представљати значајну модернизацију основне верзије ракете која ће имати повећан домет и боље перформансе.

У исто време, руска компанија ради на развоју ракете R-37M/RVV-BD AA-X-13 „Ахеhead” или „Агrow” која ће наследити ракету К-37М која је требало да замени ракету R-33 (AA-9 „Амос”), основно оружје дугог домета ловца пресретача MiG-31BM „Foxhound”. Данас у руском арсеналу постоје два система пресретања дугог домета. Вероватно да ће усавршена верзија ракете R-77 бити понуђена за извоз у различитим верзијама. Русија ће, вероватно, понудити и ракету AA-X-13 као део наоружања ловца Sukhoi Su-35S „Flanker E”, а биће интересантно видети да ли ће она бити део пакета споразума за продају ловца Su-35S Кине.

И у Кини се дешавају значајне промене у сектору вођеног наоружања. Године 2002. развијена је ракета PL-12, чија ће извозна верзија носити ознаку SD-10. Ради се о ракети са активним радарским навођењем за дејства на циљеве ван визуелног домета. Ракету је пројектовала Кина с тим да неке компоненте, као што су дизајн трагача, дизајн система управљања и инерцијални навигациони систем потичу из руске индустрије. Појавиле су се и информације о развоју ракете под називом PL-15 која би имала још дужи домет. Године 2014. на сајму ваздухопловне технике у Кини приказана је илустрација вишенаменског невидљивог ловца FC-31 који је у свом интерном складишту носио ракету врло сличну ракети типа рамџет MBDA Meteor. Овде се опет помиње подршка руске авио-индустрије у истраживању и пројектовању ракета са рамџет погоном. Претпоставља се да је Кина већ неких десет до петнаест година у овом истраживачком пољу (развој ракета ваздух-ваздух са рамџет погоном).

Западни ратни планери суочавају се са изазовом како да контрирају развоју платформи за ваздушну доминацију и развоју ракета ваздух-ваздух Кине и Русије, али и других држава које би могле да дођу у посед ове технологије.

#### *Неопходне измене*

Још од осамдесетих година САД покушавају да побољшају перформансе својих ракета ван визуелног домета, нарочито на пољу ракета са ваздушним пуњењем.

Пред крај осамдесетих година, односно пред сам крај хладног рата развијан је програм AIM-152 који је требало да резултира ракетом наследником чувене ракете за борбу ван визуелног домета, AIM-54 Phoenix. Програм ракете AIM-152 није никад завршен с обзиром на распад СССР-а и на тада готово непостојећу претњу бомбардера дугог домета TU-22M „Backfire” и Tu-160 „Blackjack” због којих је та ракета развијана.

Између 1987. и 1997. године Америчко ратно ваздухопловство је спонзорисало развојни програм који је имао за циљ развој новог рамџет погон-

ског програма (VFDR) на основу којег је требало развити део који би био уметнут на постојећу ракету AIM-120 AMRAAM. На основу овог програма израђена су два система која су била подвргнута тестовима на земљи. Следећи програм под називом ASMT започет је пред крај 1996. године и имао је за циљ развој технологија за ракету која би остварила ваздушну надмоћ. У оквиру овог програма вршено је истраживање и развој рамџет мотора. Крајњи циљ програма развоја нове генерације ракета био је развој ракете за напад на циљеве ван визуелног домета која би заменила ракете AIM-120 AMRAAM и AGM-88 HARM. Овај програм је прекинут током 2012. године „због приоритета у развоју и финансирању ратног ваздухопловства”.

Америчко ратно ваздухопловство у овом тренутку нема ниједан програм који је у потпуности посвећен развоју следеће генерације ракета за борбу ван визуелног домета којим би опремила своје летелице пете генерације. Овим летелицама тренутно преостаје употреба ракета AIM-120D из програма AMRAAM. Сједињене Државе су саме себе притерале у ћошак огромним улагањима у развој невидљивих платформи без одговарајућег развоја наоружања ваздух-ваздух.

Оправдање за овакво кашњење у развоју ракета ваздух-ваздух великог домета тражи се у следећој логици: ако управљате авионом четврте генерације онда знате да вас онај други може видети и тада вам треба пројектил већег домета, али ако се налазите у летелици пете генерације, ракета већег домета је обично већа и тежа, а није приоритет по сваку цену, јер вас непријатељ не види и не морате га нападати са већих даљина. Дакле, по тој логици, летелици пете генерације треба више мањих ракета које могу стати у интерно складиште авиона, а које су мање, агилније и јефтиније.

Године 2013. компанија Lockheed Martin Missiles and Fire Control почела је рад на ракетама ваздух-ваздух дугог домета на основу захтева америчке агенције DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency).

Ова компанија разматра ракете са ваздушним пуњењем и другим погонима, укључујући вишеимпулсне моторе са различитим врстама навођења у истој класи и габаритетима ракете AIM-120 AMRAAM. Развија се и ракета Cuda, која би била упола мања од ракете AIM-120 AMRAAM, са радарским активним навођењем. Ова ракета била би намењена ловцима F-35 и F-22. Нису дати подаци о домету ове ракете, али се претпоставља да би њена двостепена верзија имала већи домет и већи радијус ангажовања циљева у односу на ракету AMRAAM.

#### *Нови AMRAAM*

У међувремену једина ракета средњег и дугог домета која је у употреби на америчким летелицама је AIM-120 AMRAAM у варијанти D, која ће се налазити у наоружању новог ловца F-35. Ракета AMRAAM је доминирала као основно оружје за борбу у ваздушном простору, ако се изузме ракета MBDA MICA са инфрацрвеним/активним радарским навођењем на авионима француског ратног ваздухопловства типа Dassault Mirage и Rafale.

Године 2016. ракета MBDA BVRAAM Meteor добила је дозволу за оперативну употребу на ловцу JAS 39 Gripen C, док ракете AIM-120 C-5/C-7 остају основно оружје за остале коалиционе авионе.

Аустралијско краљевско ваздухопловство постаће први корисник нових ракета AIM-120 AMRAAM у варијанти D након потписаног уговора за испоруку 450 комада ових ракета којима ће бити опремљени ловци F/A-18, E/A18G и F-35.

Ракета AMRAAM дефинитивно спада у пету генерацију ракета ваздух-ваздух. Ракета AIM-120 AMRAAM у варијанти D поседује уређај GPS за помоћ навигације, што утиче на побољшану навигацију и двосмерни дата линк ради веће контроле финалног навођења. Ракета поседује нови навигациони софтвер и повећану отпорност на електронско ометање. Знатно је повећан домет путем скраћивања контролног актуационог система и додавања управљачких пераја на задњем делу ракетног мотора, али се не наводе прецизни подаци о радијусу дејства.

Тренутно не постоје планови о додавању рамџет погона ради повећања домета, јер је такав погон погодан за дејство у мањем броју борбених ситуација, а може се десити и да употреба рамџета постане контрапродуктивна с обзиром на то да су такви мотори спорији од класичних ракетних мотора приликом старта, што значи да би рамџет мотор могао чак успорити ракету у одређеним ситуацијама.

Ракета AMRAAM је у потпуности програмабилна и биће софтверски надограђивана у складу са појавом нових претњи. Тренутно се ради надограђивање софтвера који ће омогућити ракети већу отпорност на електронско ометање, а размишља се и о опцији умрежавања ракете.

#### *Развој у Европи*

Један део европских земаља, корисника ракета AMRAAM, прелази на нову ракету MBDA BVRAAM Meteor.

Ракетом Meteor биће опремљени ловци Typhoon, Rafale и Gripen, а Британци размишљају да и своје ловце F-35 опреме овом ракетом. Одобрена је њена продаја Саудијској Арабији, што ће представљати први извозни уговор за овај пројектил.

Ракета Meteor намењена је за напад на велики број ваздушних мета, ловце, бомбардере, транспортне авионе и хеликоптере, као и на циљеве са малим радарским одразом. Фокус развоја ове ракете био је побољшање зоне ангажовања циљева и већа отпорност на електронско ометање.

Од ове ракете очекује се да има радијус дејства ракете AIM-54 Phoenix и маневрабилност ракете AMRAAM. Кључни параметри перформанси укључују домет од преко 100 км, брзину од 2,5 до 4 маха, висину напада на циљеве од нивоа мора до преко 27.000 м, сверакурсни захват циља и рамџет погон са чврстим ракетним горивом који би погонио ракету до пресретања циља.



*Нова ракета MBDA BVRAAM Метеор на ловцу Gripen*



*Ракета MBDA BVRAAM Метеор на ловцу Typhoon*



*Ракета Meteor*

Ракета Meteor употребљава механички активни радарски трагач на Ку таласној дужини који је заснован на трагачу у ракети ваздух-ваздух MICA. Опремљена је двосмерним дата линком, иако ће ракета, намењена употреби ловцу Rafale, бити опремљена једносмерним дата линком (вероватно због смањења трошкова). Ракета је опремљена ударним и близинским упаљачима и распрскавајућом бојевом главом са пуњењем од тешког метала.

#### *Будућност ракете Meteor*

Следећи циклус модернизације ракете очекује се током 2020. године, када ће бити одговарајуће време за увођење нових технологија ради борбе против нових претњи. Очекује се интеграција трагача AESA, вероватно истог типа који је сада у процесу истраживања, а намењен је новој противбродској ракети коју развија компанија MBDA. Интеграција трагача овог типа омогућиће употребу ракете Meteor у улози напада ваздух-земља, а не само ваздух-ваздух.

Такође, очекује се интеграција GPS јединице за могућност напада на копнене циљеве.

Погонски систем ће се такође наћи на листи модификација кроз уградњу адаптивних ваздушних усисника. Они су потребни с обзиром на то да након старта ракете, када се отворе ваздушни усисници, они стварају и велики ваздушни отпор. Са уградњом варијабилне геометрије смањено би се и ваздушни отпор и оптимизовале особине ракете.

#### *Кооперативни развој*

Почетком 2016. године британски и јапански званичници завршили су други круг разговора о могућности пројектовања заједничке нове ракете ваздух-ваздух (JNAAM – Joint New Air-to-Air Missile). Јапан је изразио жељу за опремањем својих ловаца F-35 новим ракетама за борбу ван визуелног домета.

Ова сарадња могла би да доведе до развоја нове верзије ракете Meteor у оквиру које би јапанске компаније развиле нови AESA трагач, али је питање да ли ће остале земље које се налазе у заједничком програму развоја ракете дозволити овакав утицај на којем инсистира Велика Британија, нарочито после недавних одлука те земље на референдуму.

Израелска компанија Rafael Advanced Defense Systems модернизовала је своју радарски вођену ракету Derby I у нову верзију са повећаним дометом за борбу ван визуелног домета под ознаком I-Derby ER. Ова ракета има масу од 127 кг и измењен трагач који је заснован на трагачу употребљеном на ракети пресретачу Tamir са противракетног система Iron Dome.




*Ракета I-Derby ER на ловцу F-16*

I-Derby ER уводи нови двопулсни ракетни мотор којим управља аутоматски пилот у оквиру летног плана ракете, што доводи до додатног убрзања и маневарабилности. Двопулсни мотор повећава домет ракете на 100 км. Ракета располаже двосмерним дата линком, што омогућава авиону који лансира ракету да размењује све информације између ракете и авиона, нарочито оне које се тичу одабране мете и других потенцијалних мета у близини. Ракета поседује велику отпорност на електронско ометање и могућност ангажовања против циљева у свим временским приликама.

Јужноафричка компанија Denel Dynamics објавила је током 2013. године концепт „активног технолошког демонстрационог програма” за развој будуће ракете ваздух-ваздух на даљинама ван визуелног домета са дометом до 100 км.

Компанија је претходно истраживала погоне типа рамцет за употребу на даљинама ван визуелног домета, али нова ракете под ознаком Marlin имаће двокулсни ракетни мотор који у Јужној Африци развија компанија Rheimetall Denel Munition, док ће активни радарски трагач развијати компанија Denel.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),  
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,  
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

### *Ратна искуства француског тенка Leclerc<sup>4</sup>*

Када је уведен у наоружање француске војске, један француски официр је питао своје колеге шта мисле о новом супертенку, а када су питали о ком тенку се ради он је одговорио: „О оном што кошта право богатство, а никад неће бити употребљен у борби”.

Испоставило се да је био у праву. Француска је у својим борбеним мисијама у Авганистану, Конгу, Обали Слоноваче, Централној Афричкој Републици и Малију употребљавала углавном лака оклопна возила, док је главни тенк француске војске мировао.

Међутим, од лета 2015. године Уједињени Арапски Емирати убацили су два батаљона тенкова Leclerc у грађански рат који се одвија у Јемену. На основу још штурих података може се закључити да се тамо тај тенк боље показао од америчког М-1А1.

Француска је некада, заједно са Енглеском, била пионир у развоју оклопних возила, још од Првог светског рата. На почетку Другог светског рата њени тенкови, као што је В-1, спадали су у најбоље наоружане и најбоље заштићене тенкове. Немци су током инвазије на Француску морали да развију тактику која је подразумевала да неколико немачких тенкова типа PZ-1, PZ-2 и PZ-3 нападају по један француски В-1 да би га на крају, тек из велике близине, могли пробити. Тада су само немачки топови од 88 мм могли пробити француски В-1 са даљине од преко 1.000 м. Нажалост, француска доктрина употребе тенкова искључиво као подршке пешадији и ослањање на Мажино линију упропастили су сваку будућност оваквих возила.

За време хладног рата Француска је произвела два тенковска концепта – АМХ-13 и АМХ-30. АМХ-13 је спадао у категорију лаких тенкова. Производио се од 1953. године, маса му је била само 13 тона и био је наоружан топом дуге цеви од 75 мм.

Израел и Индија употребиле су ове тенкове у тешким борбама са арапским и пакистанским непријатељима и сви су се сложили да је

<sup>4</sup> The National Interest 18.07.2016



мобилност тенка AMX-13 била на високом нивоу, али да је био сувише лако оклопљен за борбе против других тенкова.

Француска војска је, ипак, била убеђена да су противтенковска оруђа била толико убојна да није било сврхе додавати тежи оклоп, тако да је дат акценат на брзину и ватрену моћ. Према томе, када се појавио тенк AMX-30, имао је само 80 мм оклопа, што је било изразито мало, на пример у поређењу са америчким тенком M-47 Patton који је имао 243 мм оклопа.

Са друге стране, AMX-30 је располагао топом од 105 мм, што му је, упркос слабог оклопа, омогућило да привуче стране понуде.

Почетком осамдесетих година појавила се нова генерација западних тенкова које је предводио амерички M-1 Abrams. Ови тенкови били су опремљени композитним оклопом који је био врло отпоран на кумулативна пуњења модерних противтенковских ракета. За време рата у Голфу, 1991. године, оклоп тенка M-1 Abrams био је практично непробојан за поткалибарна зрна ирачких тенкова T-72.

Катар и Француска су у том рату употребили своје тенкове AMX-30. Катарски тенкови су учествовали у борби где су уништили три стара ирачка тенка T-55, док су Ирачани уништили два тенка AMX-30.

Плашећи се губитака због неадекватног оклопа француских тенкова AMX-30, коалициони командант је склонио француску шесту оклопну дивизију са главног правца напада поставивши је на бок америчког двадесет осмог ваздушнодесантног корпуса.

Француски тенкови су упркос томе успели да униште 10 ирачких тенкова, али су француски тенкисти жажалили што нису могли да крену у рат са тенком Leclerc, који се тада налазио на само годину дана од увођења у оперативу употребу.

Осамдесетих година и Французима је било јасно да је AMX-30 неадекватан тенк, нарочито када је у питању борба против руских тенкова T-72. Тада је одлучено да се крене у пројектовање новог тенка који би био заштићен исто или боље него амерички Abrams, али са мањом масом.

Нови Leclerc био је тада најскупљи тенк на свету. Године 2011. нови амерички тенк M-1A2 коштао је 7,56 милиона америчких долара, руски тенк T-90, 4 милиона долара, док је цена тенка Leclerc износила чак 9,3 милиона долара.

Француска војска поседује 406 тенкова Leclerc од којих је 240 разврстано у четири тенковска пука.

У односу на западне тенкове, Abrams Leopard 2 и Challenger 2, Leclerc је задржао топ 120 мм и композитни оклоп, али је за разлику од њих увео аутоматско пуњење топа са брзином ватре од 12 граната у минути, на тај начин елиминишући четвртог члана посаде. Митраљез калибра 12.7 мм постављен је коаксијално са главним топом, док је цев топа 120 мм нешто дужа од цеви истог калибра других западних тенкова, што му, бар у теорији, омогућава нешто већу пробојност. Систем за управљање ватром омогућава испаливање програмабилних експлозивних граната, али

основна предност тенка Leclerc је у дефанзивним могућностима и мобилности.

Док је композитни фронтални оклоп француског тенка Leclerc сличан фронталном оклопу америчког тенка M-1, без обзира на нека мишљења војних аналитичара да је његов фронтални оклоп слабији с обзиром на уграђене сензоре, бочни оклоп му је много јачи од америчког. Новији модели располажу уметцима од титанијума и необичном мешавином композитног, традиционалног и реактивног оклопа која би требало да представља мало јачу одбрану од кинетичких пенетратора противничких тенкова.

Leclerc има мању куполу од америчког тенка и тиме представља и мању мету, али са друге стране мања купола значи и мање простора за унутрашње модификације.

Бацач граната Galix који се налази на куполи испуљује разноврсне гранате, флешбенг гранате, гранате са високоексплозивним пуњењем, мултиспектралне димне гранате, па чак и инфрацрвене мамце који служе за ометање вођења противтенковских ракета.

Са 60 тона Leclerc је 10 тона лакши од већине западних тенкова. Његове предности су бољи однос снаге и масе, мањи притисак на тло, одлично убрзање и релативно висока брзина од преко 60 км/сат. Leclerc троши мање горива од већине тенкова, може прећи преко 470 км са једним пуњењем резервоара, што је много више од америчког тенка Abrams којем је радијус дејства са једним пуњењем ограничен на око 330 км.

Иако нису доживели ратно крштење, француски тенкови Leclerc били су употребљени у мировним мисијама на Косову и у Либану где су се добро показали. У једном драматичном инциденту, 2006. године, вод од четири тенка Leclerc био је конфронтиран са пет израелских тенкова Merkava који су покушали да уђу у либанско село Marwahin. Након двадесетак минута напетости обе стране су се повукле на полазне положаје.

Током јуна 2016. године Француска је приказала нови модернизовани Leclerc XLR. Овај пакет модернизације има за циљ да одржи тенк конкурентним до 2040. године. Овај модел имаће модуларни оклоп у оквиру којег ће један модул бити постављен ради одбране од импровизованих експлозивних направа путем ометања сигнала мобилних телефона, док ће следећи модул бити постављен ради одбијања напада од ручних ракетних бацача.

Уједињени Арапски Емирати спадају у једину државу која, поред Француске, користи тенк Leclerc. УАЕ је купила 390 „тропских” верзија са моторима V12, као и 46 инжињеријских возила. Тенкови Leclerc УАЕ били су распоређени на Косову приликом учешћа у мировној мисији где је јасно уочена велика разлика између ове верзије и основне верзије тенка која се налази у употреби у француској војсци.

Војска Емирата купила је 13 оклопних пакета Azure са решеткастим оклопом који служи за детонирање бојевих глава ракетних бацача пре ударца у оклоп тенка. Америчка војска је своје тенкове у Ираку опремила

сличним оклопним пакетом. Пакет Azure подразумева и даљински управљан митраљез на куполи тенка.



*Тенк Leclerc УАЕ у Јемену опремљен оклопним пакетом Azure*

Док француски тенкови још нису доживели ватрено крштење, тенкови Емирата били су у борбеној употреби у Јемену, где је УАЕ распоредила између 70 и 80 комада.

Након што је јеменски председник Ali Abdullah Saleh збачен 2011. године, Хути племена су 2015. године покренула побуну против нове власти. Већ пред крај марта 2015. године Хути су били близу победе и поновно су заузели луку Аден. Како је Саудијска Арабија проценила да се то дешавало уз скривену помоћ Ирана, они су и покренули интервенцију арапске коалиције. Ова коалиција, уз америчку логистичку и техничку подршку, успела је да поврати Аден, али је имала велике губитке од Хути бораца, а и оптужена је за бомбардовање цивила.

Од јула 2015. године саудијске копнене снаге покушавале су да заузму ваздушну базу Ал Анад која се налази близу Адена. Оклопна бригада УАЕ извршила је амфибијску операцију путем бродова за транспорт тенкова. Ова бригада затим је заузела ваздушну базу омогућујући коалиционим снагама да напредују.

Емиратски тенкови Leclerc поделили су се у два оклопна батаљона, од којих је један остао стациониран око Адена, док је други упућен ка планинској, централној области Јемена. Оклопна бригада у свом саставу има и механизовани батаљон руских борбених возила пешадије опремљених топовима 100 мм са спрегнутим топовима 30 мм и батерију самоходних хаубица Г6 155 мм.

Иако су разни снимци приказивали кретање тенкова Leclerc и гађање циљева из тенковског топа и даље није било одговора колико су они

стварно ефикасни. Није јасно да ли су емиратски тенкови дошли у контакт са малим бројем заробљених тенкова који су припадали Хутима. У међувремену су се појавиле неке информације.

До сада није приказан ниједан снимак уништеног тенка Leclerc, што се не може рећи за друга возила коалиције. Хути побуњеници су снимили уништавање саудијских тенкова М-1А2S (најмање девет комада) погоцима противтенковских ракета великог домета. Такође, уништено је најмање пет саудијских тенкова М-60 Patton и два AMX-30. Хути побуњеници су успели да униште и колону емиратских оклопних возила М-ATV у једној заседи.



*Уништени саудијски тенк М-1А2S у Јемену*


Извори из УАЕ наводе да су тенкови Leclerc погођени неколико пута (бар четири пута) противтенковским оружјем. У питању су два напада путем импровизоване експлозивне направе, један путем ракетног бацача, где се ракета одбила од решеткастог оклопа Azure, док је четврти напад извршен противтенковском ракетом. Сви тенкови су преживели, иако је противтенковска ракета убила командира тенка који је био изван куполе.

Један тенк Leclerc је, изгледа, ипак избачен из строја, али се ту радило о нападу балистичке ракете SS-21 Tochka коју је у септембру 2015. испалила војна јединица која се придружила Хути побуњеницима. Ракета је заробљена када су побуњеници заузели војно складиште на аеродрому Мариб. Детонација ракете убила је 45 људи и оштетила паркирани Leclerc.

Не треба одмах извлачити закључак да су тенкови Leclerc у тој мери надмоћни над америчким Абрамсом. Прво, много је више саудијских тенкова у Јемену него што је емиратских. Даље, Саудијци се налазе у подручјима где су Хути побуњеници концентрисали своје главно противтенковско наоружање. Затим, на неким снимцима уништења

саудијских тенкова јасно се види врло лоша саудијска тактика где су тенкови употребљени без подршке пешадије и других родова војске. Могуће је да су Емираћани мало паметније размишљали о употреби својих драгоцених тенкова.

Упркос томе, може се закључити да су Емираћани врло задовољни досадашњим учинком својих тенкова Leclerc, што су директно пренели својим француским колегама, а вероватно да и Саудијска Арабија слично размишља с обзиром на то да су се у јануару 2016. године обратили француској компанији Nexter са намерама да набаве неколико стотина француских тенкова.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),  
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,  
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

### *Кинески Фленкери*<sup>5</sup>

Shenyang J-11 је, у ствари, кинеска копија изврсног руског вишенаменског ловца Sukhoi Su-27 Flanker. Прво је ловац представљао ауторизовану копију руске летелице, али кинеске амбиције за прилагођавање ловца домаћој технологији довеле су до реверзибилног инжињеринга који сада ствара главобољу руској индустрији. Ловци J-11, J-15 и J-16 представљају резултат напора кинеске индустрије за производњом четврте генерације ловаца великог радијуса који би могли бранити кинеске аспирације у морима око Кине. Проблем су само мотори.

#### *Shenyang J-11*

Руски Su-27 Flanker је авион који је произведен последњих година хладног рата и намењен је као противтежа америчком ловцу F-15 Eagle. Ради се о „тешком”, али веома маневарабилном вишенаменском ловцу који је могао летети великом брзином на великим раздаљинама са великим подвесним теретом бојевог наоружања. Први ловци Flanker били су нешто маневарабилнији од америчких F-15 и носили су боље ракете ваздух-ваздух кратког домета (R-73), али су заостајали на пољу сензора. То значи да је Su-27 спадао у ред најбољих ловаца током раних деведесетих година када је Кина постала прва земља, изузев држава чланица бившег СССР-а, која је у свом саставу имала Фленкере. Кина је тада купила 38 Su-27 К и 40 двоседих тренажних Su-27 УВК наоружаних ракетама ваздух-ваздух R-27 и R-73. Ова верзија фленкера била је веома сиромашна по питању употребе савремених средстава ваздух-земља, иако је Кина инсистирала да њени авиони буду ојачани у доњем полетно-слетном построју баш због већег подвесног терета.

<sup>5</sup> The National Interest 24.07.2016

То је период када је постсовјетска Русија улазила у врло тешка економска времена, а како су нека плаћања за испоручене ловце Фленкер извршена у природи – у храни, то није никако позитивно утицало на ликвидност руске економије. Током тих година Кина је изгубила прођу на америчком и европском тржишту због догађања на скверу Тијанмен.



*Руску Su-27 Flanker*

Године 1995. Кинези су рекли да нису заинтересовани за даљу куповину готових авиона из Русије него за куповину лиценце за склапање ловаца Su-27 у Кини. Русија се сложила под условом да мотори и авионски инструменти буду рађени у Русији. Посао је склопљен: две стотине авиона које склапа Кина, сада под ознаком J-11, све за суму од 2,5 милијарде америчких долара. До тада је све било легално.

Кина је већ тада била позната по производњи домаћих копија совјетских тенкова и авиона, што је започето још од педесетих година прошлог века, а сада је Русија нашла начин да наплати копије својих производа. Тада се десила чудна ствар: 2004. године Кинези су, након стотину склопљених авиона, поништили остатак уговора, тврдећи да им Su-27 више не треба – у стварности, њима су били потребни ловци са прецизно водећим убојним средствима.

Само три године касније Кина је објавила да кинеска компанија Shenyang Aircraft Corporation производи J-11В без руске помоћи. Иако је 90 процената компоненти J-11 било домаћег порекла, авион је споља био исти Фленкер. Пекинг је избегао исплату уговора у целости и реверзибилним инжињерингом произвео свој Фленкер. Руска војна индустрија била је бесна и запретила је тужбом за кршење ауторских права, али како је Кина

увозила чак 40 процената руског извоза наоружања у првих осам година новог века, руски војни произвођачи остали су кратких рукава.

С друге стране, многи делови J-11 били су модернизовани и искључиво кинески: „Стаклена кабина” и дисплеји пилота, апарат за кисеоник (који одржава свесним пилота на великим висинама или приликом извођења маневара под великим оптерећењем), као и систем за упозоравање од долазећих ракета. Старији руски радар N001E био је замењен модернијим кинеским пулсно доплерским радаром туре 1493 који наводно открива мете величине ловца на даљинама од преко 140 км, а површинске бродове на преко 300 км. Сама оплата авиона израђена је од лакших композитних материјала.

J-11B је прилагођен кинеским ракетама, нарочито ракети ваздух-ваздух PL-8 ( са инфрацрвеним трагачем копијом израелске ракете Python 3) и ракети ваздух-ваздух дугог домета PL-15 ( такозвани кинески AMRAAM са дометом до 100 км). Авион је прилагођен употреби кинеских ракета ваздух-земља, укључујући и противрадарске ракете, ласерски вођене, као и планирајуће бомбе. Оставили су, ипак, руски топ GSh-30 од 30 мм.



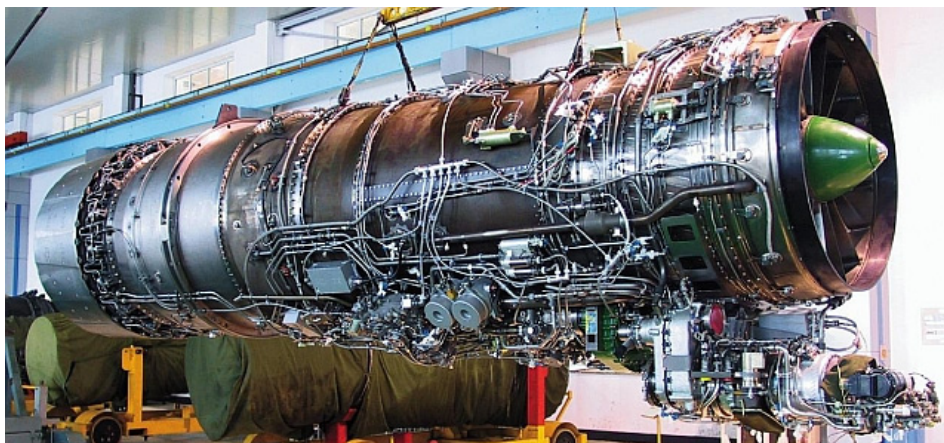
*Кинески ловац J-11B*

Основни проблем ловца J-11B је мотор и то кинески мотор WS-10A Taihang. Неусаглашена су мишљења поводом тог мотора. Неки кажу да је у питању покушај клонирања руског мотора AL-31F, док други кажу да тај мотор има елементе америчког мотора CFM56 до ког су Кинези дошли током осамдесетих година прошлог века. Ремонт овог мотора је обавезан након само 30 сати лета, што је врло мало у поређењу са руским мотором AL-31F на којем се ремонт ради након 400 сати лета. Резултат је био приземљивање целе флоте J-11B и опремање руским моторима AL-31F.

Упркос свим побољшањима, мотор WS-10A и даље има лошу репутацију. Производња је далеко испод тражене и контрола квалитета враћа назад на дораду већи број мотора од оних који су произведени. Извештаји наводе да мотор WS-10A не може генерисати потисак као руски AL-31F, нити га може постићи за исто време. У сваком случају, поузданост

и потисак и даље остају основни проблем овог мотора који је предвиђен за уградњу не само у ловац J-11 већ и у нови кинески „невидљиви” авион.

Упркос свему, Пекинг је одлучан да развије аеронаутичку индустрију која неће зависити од страних држава као што сада зависи од руских мотора.



*Кинески мотор WS-10A*

Оригинални J-11 био је чиста копија руског Su-27 произведеног у Кини, док је J-11B увео кинески хардвер. Подваријанте укључују J-11BS (двоседи тренажно борбени авион) и J-11BH (у употреби кинеске морнаричке авијације). Претпоставља се да је око 120 ловаца J-11B било у употреби током 2015. године.

Постоје и два додатна кинеска Фленкера: J-15 „Flying Shark”, изведена варијанта руског Su-33, морнаричка варијанта руског Su-27 за операције са носача авиона, са склопивим крилима, ојачаним полетно-слетним механизмом и куком за заустављање. Након што је покушај куповине два Su-33 из Русије за 100 милиона долара осујећен током 2006. године, Кина је искористила прототип који је купила од Украјине током 2001. године. Године 2009. произведен је први J-15, а 2012. године прва два авиона J-15 слетела су на носач Liaoning. Тренутно Кина има 24 авиона овог типа који се налазна овом носачу авиона.

J-15 би требао да буде пандан америчком ловцу FA-18E/F Hornet, али недовољни потисак мотора WS-10A изгледа није довољан за лансирање ловца са „скакаонице” кинеског носача авиона уколико носи пун комплет подвесних убојних средстава. Један кинески часопис чак је критиковао немогућност ловца да узлети са носача уколико је наоружан са више од 12 тона наоружања или уколико је до краја натанкован горивом где се подвесни терет смањује на мање од две тоне подвесног наоружања.

Кинески ловац J-16 „Red Eagle” представља копију двоседог ловца Su-30МКК Flanker, али модернизованог и конфигурисаног за употребу кинеског наоружања, што га донекле ставља у ранг америчког F-15E Strike Eagle. Кина је добила 73 ловца бомбардера Su-30МКК у периоду од 2000. до



2003. године, као и 24 додатно модернизованих Su-30МКК2 током 2004. године који су специјализовани за напад на бродове, а у употреби су у морнаричкој авијацији. Тренутно, једна ескадрила J-16 (24 комада) била је у употреби од 2014. године, а очекује се да ће их бити произведено око 100 комада у периоду до 2020. године.



图片上传于超级大本营军事论坛-БЕС. ОДБИ. ИЕТ

*Кинески Фленкер: J-15 „Flying Shark”,*



*Кинески ловац J-16 „Red Eagle”*

У децембру 2015. године приказана је верзија за електронско ратовање J-16D која је опремљена уређајима за електронско ометање на крајевима крила, а претпоставља се да ће имати сличну улогу као и амерички EA-18 Growler. Оба авиона – J-15 и J-16 опремљена су радарима са активним електронским скенирањем (AESA), што не само да повећава њихову способност у борби ваздух-ваздух већ им омогућава гађање више циљева употребљавајући навођена средства. Авиони су, такође, прекривени радарско-абсорбујућим материјалима.

Године 2015. Кина је изненадила јавност откривајући прототип J-11D који је замишљен као такмац руском ловцу Su-35. J-11D поседује AESA радар и радарски абсорбујуће материјале, као на ловцима J-15 и J-16, а опремљен је и сондом за танковање горивом у току лета. Овај авион опремљен је са две додатне подвесне тачке за лансирања нових ракета ваздух-ваздух PL-10, PL-12 и PL-21 као и противбродске ракете YJ-12. Иначе, ракета PL-15 изазвала је поприличну забринутост на Западу с обзиром на велики домет. У погледу развоја кинеске електронике значајно је поменути да ловац J-16D поседује дата линк који му омогућаје да размењује податке са сензора са другим авионима и бродовима.

Упркос томе, J-11D је и даље испод инжињеријског нивоа који су Руси остварили са Su-35. Руски ловац има веће маневарске способности и лети на већим даљинама са већим подвесним теретом.



Прототип J-11D

За разлику од ранијих кинеских копија руских авиона, као што су А-5 и Ј-7, серија ловаца Ј-11 досада није извожена, што је ипак нека сатисфакција за руску ваздухопловну индустрију. Али, тај ловац није никада ни коришћен у борби. Ј-11 је једном учествовао у инциденту који се десио 19. августа 2014. године, када је ловац овог типа пресрео амерички авион Navy P-8 Poseidon у близини острва Hainan, где му се приближио на чак испод 10 метара, што је изазвало жестоке америчке протесте..У априлу 2016. године Кина је пребацила 16 ловаца Ј-11В на острва Вуди у Јужном Кинеском мору, што је такође изазвало дипломатске протесте, али овог пута Вијетнама.

Изгледа да је Ј-11В достојан такмац америчком F-15, а нове верзије овог авиона сигурно имају напреднију електронику у односу на руске оригинале. У ствари, ловци Ј-11Д и Ј-16 доводе до закључка да се Кина више креће у правцу америчке доктрине која заговара умрежење авиона са великим дометом и употребу ракета ваздух-ваздух за борбу ван визуелног домета, мада се ту поставља питање перформанси кинеских мотора.

По питању мотора Кина преговара са Русијом у вези с набавком мањег броја нових руских Su-35, али је питање да ли ће Руси пристати или не. Русија је прво одбила продају малог броја ових летелица, а у јануару 2016. године Кина и Русија су се договориле о продаји веће количине од 24 авиона Su-35 за суму од 2 милијарде долара. Многи војни коментатори сматрају да је то цена по којој ће Русија прећутно пристати на то да Кина реверзибилним инжињерингом дође до технологије нових напредних руских мотора AL-41FS са векторисаним потиском.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),

e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

### *Нови ловац тенкова Centauro II<sup>6</sup>*

Прототип новог ловца тенкова Centauro II у конфигурацији 8x8 приказан је током јуна 2016. године на сајму наоружања Eurosatory 2016, који је одржан у Паризу.

Ново возило ће заменити постојеће ловце тенкова Centauro, а одликује их повећана ватрена моћ, боља заштита и способност умрежавања података.

Centauro II је опремљен топом високог притиска са глатком цеви калибра 120/45 високе прецизности. Топ је произвела компанија Leonardo-Finmeccanica/Oto Melara.

Возило је опремљено полуаутоматским пуњачем са шест граната у магацину, што значи да пунилац има задатак само да отвори задњи део

<sup>6</sup> Jane's International Defence Review July 2016

топа, док механизам сам убацује гранату. Спремиште муниције у трупу возила и у куполи пројектовано је тако да одвлачи деструктивну снагу евентуалне експлозије муниције у правцу који је безопасан по посаду.

Даљински управљана оружна станица наоружана је митраљезом 12.7 или 7.62 мм, а може бити опремљена и аутоматским бацачем граната 40 мм.



*Прототип новог ловца тенкова Centauro II*

Нису објављени подаци о заштити возила, иако је јасно да челични труп возила и купола израђена од алуминијумско-композитног оклопа могу бити ојачани са аплике оклопом у зависности од очекиване претње.

Centauro II има исту конфигурацију по питању посаде као и претходна верзија, возач, командир и нишанџија-пунилац. Возач се налази на предњој левој страни возила, поред мотора и на располагању му је виртуелни осматрачки систем састављен од четири дневно-ноћне камере и три камере ниске видљивости, што му омогућава вожњу са затвореним поклопцем.

Оптроничке и вектроничке системе обезбедила је компанија Leonardo-Finmeccanica/Selex ES. Командир возила има на располагању панорамски перископ опремљен телевизијском камером високе дефиниције са десето-струким оптичким зумом, термалном камером треће генерације и ласерским даљиномером домета до 10 км.


Centauro II је опремљен командно-контролним системом (C2) SICCONA ради подржавања војног мрежног окружења. Возило је опремљено комуникационом опремом са шест радио-уређаја, Harris AN/PRC 152 УХФ радио са сателитском комуникацијом, ХФ радио-уређај Turma CNR2000, VM3 софтверски радио-уређај, широкопојасни УХФ радио великог капацитета и два ВХФ радио-уређаја SRT -635 SINCGARS.

Возило је опремљено електронским системом за ометање GUARDIAN Н3 који блокира радио- сигнале у опсегу од 25 MGz до 2,55 GHz ради заштите од експлозије импровизованих експлозивних направа.

Максимална борбена маса возила је 30 т са очекиваним односом снаге и тежине од 24 КС/тони. Овај однос обезбеђује мотор IVECO Vector 8V, снаге 720 КС са модификованим системом убризгавања горива који му омогућује могућност коришћења више горива. Мотор је опремљен алтернатором од 560 А, као и модификованим системом хлађења и подмазивања. Додатну снагу обезбеђује шест литијум-јонских батерија. Нови погонски мотор је 250 кг лакши од оног који се налази у претходној верзији возила Centauro, а повезан је аутоматским мењачем ZF Ecomat 7HP902.

Centauro II користи прву и другу осовину за окретање возила, док се четврта осовина окреће у контрамеру. Возило је опремљено гумама Michelin 14.00 R20 XZL/XML. До сада су извршена сва предвиђена испитивања по питању балистичке издржљивости возила и отпорности на експлозије. Пред крај године очекује се финализација конфигурације возила.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),  
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

### *Lynx вреба извозно тржиште<sup>7</sup>*

Компанија Rheinmetall Defence произвела је својим средствима борбено возило пешадије Lynx, а након пробних тестова возило је понуђено тржишту.

Lynx је намењен оним клијентима који траже оклопно борбено возило гусеничара са модуларним дизајном. Овај дизајн обезбеђује употребу возила у великом спектру разних војних операција, с тим што употреба истих делова умањује трошкове одржавања. Компанија Rheinmetall нуди две верзије возила Lynx, KF 31 и KF 41 и обе су намењене извозном тржишту.

Многи војни коментатори претпоставили су да је Lynx директна конкуренција оклопном борбеном возилу пешадије (ОБВП) Puma које се производи за потребе немачке војске. Међутим, челници немачке компаније Rheinmetall су одговорили да то возило не представља

<sup>7</sup> Jane's International Defence Review August 2016

конкуренцију ОБВП Рута за који се говори да представља најбоље ОБВП у производњи у свету већ да постоје одређене разлике и различите циљне групе.

Лупх је намењен иностраним корисницима као што су аустралијске оружане снаге са својим програмом Land400 Phase III који предвиђа замену аустралијских оклопних транспортера M113AS4.



*Борбено возило пешадије Лупх*

ОБВП Рута може бити транспортовано ваздушним путем, авионом А400М, док Лупх нема те особине. С друге стране, ОБВП Лупх садржи низ иновативних решења не само по питању трупа и куполе већ и по питању сензора, оружја и муниције.

Интерна конфигурација возила предвиђа да десантно одељење буде смештено у задњем делу возила и то тако што су војници окренути једни према другима и смештени у седишта пројектована да ублаже удар експлозије, а излазе низ рампу која се налази на задњем делу возила.

Труп је састављен од завареног челичног оклопа са модуларним оклопним пакетом који се додаје по захтеву. Дупли под возила намењен је пружању већег нивоа заштите од мина и импровизованих експлозивних направа. Сам облик трупа омогућава лакше додавање пасивног оклопа, експлозивно-реактивног оклопа или комбинације ова два пакета ради постизања боље заштите.

Лупх може бити опремљен активним или пасивним одбрамбеним системом који су везани за ласерске и акустичне сензоре у куполи. Горњи део трупа, изнад десантног одељења, заштићен је од напада одозго, од

касетне муниције која се показала врло опасном током војних дејстава у Украјини.

Возач седи на предњој левој страни возила. Нови погонски систем налази се на десној страни и састоји се од дизел мотора Libheer повезаног са аутоматским мењачем серије Allison X300. Резервоари горива садрже више од 700 л.

Издувни систем (десно) и систем за хлађење (лево) усмерени су ка задњем делу возила ради умањења термалног и акустичног зрачења. Lynx је опремљен амортизацијом торзионог типа, а на обе стране возила налази се по шест двоструких тачкова са гуменим умецима.

Први примерак у конфигурацији KF 31 опремљен је најновијим гусеницама са гуменим умецима, што омогућава возилу постизање веће брзине, мању масу, мању буку и мање вибрација, а што доводи до смањења потрошње и већег радијуса дејства.

Купола Lance Modular Turret System (којом је опремљена ова верзија) испоручена је за шпанска возила MOWAG Piranha 3C 8x8.

KF 31 је опремљен овом куполом, има посаду од три члана и превози одељење од шест војника. За разлику од њега KF 41 има већу куполу са већом унутрашњом запремином, посада се састоји исто од три члана, али зато превози веће одељење, осам војника.

Купола Lance којом је опремљен Lynx опремљена је топом 35 мм са ваздушно-распрскавајућом муницијом, али је на ту куполу могуће уградити и друге топове као што је топ 30 мм Mauser 30-2 ABM.



*Купола Lance Modular Turret System*

Са десне стране топа, коаксијално је монтиран митраљез 7.62 мм са максималном брзином дејства од 800 метака у минути. Оружје има спољно напајање и опремљено је са три цеви које се, по тврдњи компаније, могу заменити за мање од пет секунди. На куполи су постављена два електрична бацача граната од 40 мм који могу бити повезани са системом ласерске детекције.

На левој страни куполе налазе се носачи две противтенковске ракете чији тип одређује крајњи корисник. Уколико је потребно, на овој куполи могуће је монтирати и даљински управљану оружну станицу са митраљезом од 7.62 мм или већим калибром.

Иако је први примерак ОБВП Lynx опремљен овом куполом, крајњи корисник може тражити инсталацију беспосадне куполе или неке потпуно друге. Основу куполе представља компјутеризовани систем за управљање ватром и стабилизовани електрооптички нишански систем компаније Rheinmetall Defence Electronics. Систем поседује дневно-ноћне осматрачке системе са уграђеним ласерским даљиномером. Командиру је на располагању кровни панорамски осматрачки систем.


Lynx је у стандардној верзији опремљен аутоматским системом за препознавање и праћење циљева. Возило је, такође, опремљено и системом за стварање ситуационе слике (Situational Awareness System компаније Rheinmetall) који покрива простор у кругу од 360 степени. Сlike у боји приказују се на дисплејима командира, нишанџије и возача. Такође, постављен је и додатни дисплеј у делу возила у којем се налази десантно одељење.

Lynx је, такође, опремљен и системом за акустичну локацију снајпера која упозорава посаду на предстојећу ватру из пешадијског наоружања и окреће куполу ка откривеној претњи. Даља стандардна опрема подразумева систем за сузбијање НБХ дејстава, систем за управљање ватром, радио-уређаји и интерком.

Lynx је пројектован тако да његова електронска архитектура дозвољава уградњу различитих подсистема који такође могу, временом, бити замењени новијим верзијама. Маса возила зависи од инсталираног оружног система.

Кључна особина дизајна ОБВП Lynx јесте да се возило може прилагодити разним борбеним мисијама употребом борбеног комплета мисије као што су извиђање, командно-контролна мисија, верзија за поправке и извлачења, инжињеријска верзија, верзија оклопног транспортера, као и ватрогасна и амбулантна варијанта са вишим нивоом крова.

Lynx може превозити и различито наоружање, па може бити опремљен минобацачким системима од 81 и 120 мм.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),  
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,  
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>



### *Даљински управљане куполе оклопних возила<sup>8</sup>*

Даљински управљане оружане станице на оклопним борбеним возилима обично су наоружане митраљезима 7.62 или 12.7 мм, односно аутоматским бацачима граната 40 мм.

Ове станице монтирају се на оклопна борбена возила ради повећавања борбене моћи возила, али од недавно један број возила опремљен је даљински управљаним куполама наоружаним топовима средњег калибра, коаксијалним митраљезима, а неке и противтенковским вођеним ракетама.

Основно наоружање обично је стабилисано и с обзиром на то да је повезано са стабилизованим дневно-ноћним нишанским справама омогућује ангажовање циљева по скоро свим временским условима. Неки системи опремљени су и аутоматским трагачима циљева који олакшавају нишанцији лакше ангажовање циљева.

Даљински управљаним куполама обично управља један војник који се налази у возилу и то помоћу дисплеја и контрола које укључују џојстик са контролама за једну или обе руке. Дизајни оваквих купола инсистирају на флексибилности, а једна од опција је постојање два комплета контрола: једног за командира, а другог за нишанцију. У оваквом случају додаје се панорамски нишански уређај са дневном термалном камером и ласерским даљинаром за командира.

Већина даљински управљаних купола има могућност пуњења оружја унутар оклопног возила као што је италијанска купола Leonardo HITFIST 30 mm Over-head Weapon Station која има врата у свом доњем делу којим се приступа куполи опремљеној перископима са осматрачким радијусом од 360 степени. Овакве куполе могу бити без посаде или са посадом, у зависности од тражене конфигурације.

Даљински управљане куполе могу бити доста скупе и достижу и до 50 посто цене оклопног борбеног возила, када су укључене цене лансера противтенковских ракета, додатних камера за осматрање, бацача граната и дефанзивних система.

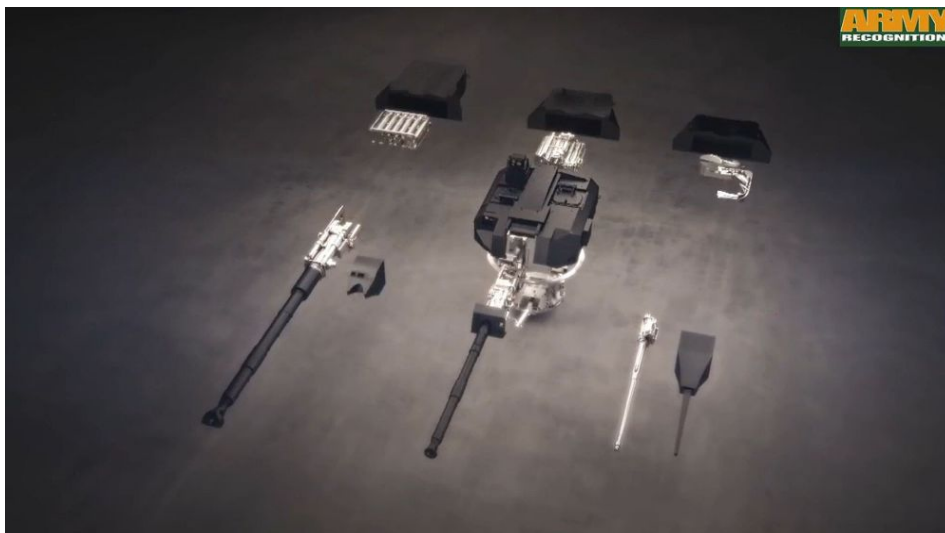
Основна предност даљински управљаних купола је добитак у простору, што значи да се на рачун такве куполе добијају два додатна места за припаднике десантног одељења.

Обичне куполе са посадом имају већу масу с обзиром на то да су веће и да им је потребан виши ниво оклопне заштите за посаду. С друге стране, посада куполе има веће осматрачке могућности и може много брже открити и ангажовати циљеве. Такву предност задржавају два нова оклопна осма-

<sup>8</sup> Jane's Inter Купола Lance којом је опремљен Lynx опремљена је топом 35 мм са ваздушно-распрскавајућом муницијом, али је на ту куполу могуће уградити и друге топове као што је топ 30 мм Mauser 30-2 ABM. national Defence Review August 2016

трачка возила, француски Jaguar 6x6 и британски Ajax на којима су монтиране класичне посадне куполе.

Најновији производ белгијске компаније CMI Defence је купола Cockerill 3000 која се ради у посадној и беспосадној верзији и може бити опремљена топовима од 25 па до 105 мм са олученом цеви.



*Купола Cockerill 3000 која се ради у посадној и беспосадној верзији и може бити опремљена топовима од 25 до 105 мм са олученом цеви.*

Ова компанија тренутно производи велики број посадних купола серије Cockerill 3000 за извозно тржиште. Претпоставља се да ће ове куполе опремити оклопна борбена возила LAV предвиђена за канадску војску и националну гарду Саудијске Арабије. Прве две верзије у производњи су куполе Cockerill 3030 и Cockerill 30105. Прва купола је наоружана топом 20 мм МК 44 са двоструким пуњењем и коаксијалним митраљезом, док је друга купола опремљена топом 105 мм са олученом цеви из којег се могу испаливати ласерски вођени пројектили на максималну даљину до 5.000 м, а топ је опремљен аутоматским пуњачем.

Куполе могу бити опремљене великим бројем разних додатака као што су разне нишанске справе, системи за противпожарну борбу, додатни оклоп, бацачи граната и други. Најкупља верзија има два стабилизована нишанска система

Компанија Rheinmetall пројектовала је куполу Lance Modular Turret System (која се извози у посадној и беспосадној верзији). Први клијент је Шпанија која је добила четири куполе за своја оклопна борбена возила MOWAG Piranha 3C у конфигурацији 8x8 које ће употребљавати шпански маринци.



*Купола Lance Modular Turret System*

Ове куполе опрењене су топом 30 мм Mauser MK 30-2 ABM са двоструким пуњењем, коаксијалним митраљезом 7.62 мм са великим избором компјутеризованих система за управљање ватром и надзорних система. Куполе су, такође, опрењене и стабилованим панорамским осматрачким системима за командира, а производе се у верзијама са једног или два члана посаде.

*Купола за оклопно борбено возило пешадије Рита*

Немачка војска добија 350 оклопних борбених возила пешадије Рита. Ова возила опрењена су беспосадном куполом наоружаном топом 30 мм Mauser MK 30-2 ABM са двоструким пуњењем, и коаксијалним митраљезом 5.56 мм. Овај митраљез ће вероватно бити замењен моделом од 7.62 мм. Тренутно су два возила опрењена двоструким лансерима за противтенковске вођене ракете типа Spike, а који су смештени на левој страни куполе.

Приликом тестирања, једна верзија куполе са возила Рита смештена је на оклопно возило типа MRAV Boxer, које је обично наоружано митраљезом M2 HB калибра .50, што то возило сврстава у ред борбених возила пешадије уместо оклопних транспортера.

Израел је у међувремену радио на својој куполи UT30 наоружаној топом 25 mm M242 или топом 30 мм МК 44 са двоструким пуњењем са коаксијалним митраљезом 7.62 мм и опционим лансером противтенковских вођених ракета. Купола је масе око 1.000 кг, а првобитно је названа даљински управљаном, а сада беспосадном куполом. Сензорска опрема

подразумева дневну ТВ камеру, термалну камеру друге генерације и ласерски даљиномер.

Италијанска компанија Leonardo пројектовала је већи број разних купола које су наоружане топовима до 120 мм. Половином 2008. италијанска компанија „Леонардо” произвела је куполу масе до 1.350 кг, наоружану стабилизованим топом 30 мм МК44 са двоструким пуњењем и коаксијалним митраљезом 7.62 мм. Окретање и елевација врше се електричним путем, а елевација топа креће се у распону од -10 до +75 степени и нарочито је корисна у градским борбама, као и у ангажовању нисколетећих спорих ваздушних циљева. Ватрена моћ куполе може бити повећана уградњом лансера за две противтенковске ракете Spike које се налазе на левој страни куполе. Системом управљају један или два члана посаде.

#### *Даљински управљане оружане станице америчке војске*

Норвешка компанија „Конгсберг” произвела је преко 10.000 примерака даљински управљаних оружних станица, а америчка војска је и највећи корисник ових средстава. Ови оружни системи обично су наоружани митраљезима 5.56 мм, 7.62 мм или 12.7 мм, али и бацачима граната 40 мм док су неке новије верзије наоружане митраљезима и бацачима граната.

Најновија даљински управљана оружна станица компаније „Конгсберг” је Protector Dual Remote Weapon Station и она је изабрана за програм опремања канадске војске – Canadian Tactical Armoured Vehicle. Компанија је, у својој режији, пројектовала нову даљински управљану оружну станицу Protector Medium Calibre Remote Weapon Station (MC-RWS), а ту платформу је изабрала америчка војска за модернизацију 97 транспортера пешадије M1126 Stryker. Првих осам купола биће испоручено до краја 2016. године.

Ова купола наоружана је топом 30 мм са двоструким пуњењем и коаксијалним митраљезом 7.62 мм, али опционо је могуће наручити митраљезе калибра 5.56 мм и 12.7 мм, као и аутоматски бацач граната 40 мм. Такође, могуће је наручити лансере за противтенковске ракете типа Javelin.

Купола Kogsberg MC-RW пробно је монтирана на борбено возило пешадије Bradley које је иначе наоружано топом 25 мм компаније Orbital ATK Armament system са двоструким пуњењем, коаксијалним митраљезом 7.62 мм и двоструким лансером противтенковских ракета типа TOW.

Током фебруара 2015. године руска компанија је приказала макету оружане станице са аутоматским оружјем компаније UralVagon Zavod AU-220M за возило Enigma 8x8 које развијају Уједињени Арапски Емирати.

Иста оружна станица, под називом Vaikal, приказана је на руском борбеном возилу пешадије BMP-3, као једна од потенцијалних могућности опремања возила.



*Купола AU-220M наоружана топом 57 мм на руском борбеном возилу пешадије BMP-3*

Купола AU-220M наоружана је топом 57 мм, каденцом гађања од 120 граната у минути, коаксијалним митраљезом 7.62 мм и редом електричних бацача димних граната 81 мм. Обезбеђено је 200 граната спремних за употребу, укључујући пробојну и високоексплозивну муницију, а помиње се могућност инсталирања лансера за противтенковске ракете великог домета.

Купола AU-220M покреће се путем електричних мотора у радијусу од 360 степени, а елевација цеви креће се од -5 до +75 степени, што омогућује гађање једног броја ваздушних циљева. Приказана купола била је опремљена са два стабилизациона нишанска система.

Руска компанија KBP Instrument Design Bureau пројектовала је куполу Epoch Almaty која је монтирана на три најновија руска оклопна борбена возила, тешко оклопно возило пешадије Т-15, оклопно возило пешадије Kurganets 25, као и на оклопно возило пешадије Vamertang конфигурације 8x8. Купола је опремљена потпуно стабилизационом топом 30 мм 2А42 са двоструким пуњењем са 500 граната спремних за употребу и 2.000 метака за митраљез 7.62 мм.

Са обе стране куполе монтирани су двоструки лансери противтенковских ракета са ласерским навођењем типа Kornet са радијусом дејства до 10.000 м. Ове ракете опремљене су термобаричном бојевом главом или тандем-бојевом главом намењеном за уништавање циљева опремљених са експлозивно-реактивним оклопом. Купола има компјутеризовани систем за управљање ватром, а командир и нишанџија имају на располагању стабилизациону нишанску справу са дневном термалном камером и ласерским даљиномером.



*Руска купола Epoch Almaty опремљена потпуно стабилованим топом 30 мм 2А42*

Уводећи ову куполу у наоружање нових борбених возила пешадије, Русија је направила огроман корак ка рационализацији својих оружаних система. Руска компанија KBP Instrument Design Bureau такође је пројектовала две даљински управљане оружне станице које се нуде појединачно или као интегрисане на најновије борбено возило пешадије BMP-3M Dragun.

Прва је 100-30 даљински управљана оружна станица која је наоружана истим топом 100 мм и коаксијалним митраљезом 7.62 мм, као и оригинална купола која се налази на возилу BMP-3. Друга даљински управљана оружна станица опремљена је топом 125 мм са глатком цеви и коаксијалним митраљезом 7.62 мм.

Словачка компанија EV PU развила је и тестирала куполу Turga и приказала систем монтиран на возила BMP-1 и Patria. Ова станица наоружана је стабилованим руским топом 2А42 са двоструким пуњењем са 330 граната спремних за употребу, а као алтернатива предвиђен је топ МК44 30 мм компаније Orbital ATK Armament Systems. Коаксијални митраљез 7.62 мм ПКТ монтиран је са десне стране, док се на левој страни налази ред бацача граната. Купола се покреће електричним путем у кругу од 360 степени, док је елевација топа од -10 до +70 степени.

Нишанџија има стабиловану нишанску справу која укључује дневну камеру, инфрацрвену ноћну камеру и ласерски даљинар. Могуће је додати и кровну панорамску нишанску справу за командира која би поседовала сличне могућности.

Купола Turga има масу од само 1.540 кг на нивоу заштите STANAG 4569 ниво 1, што је могуће изменити по захтеву корисника.

#### *Тактичка даљински управљана купола*

Ову врсту куполе пројектовала је компанија BAE Systems Land Systems South Africa која сада потпада под компанију Denel.

Тактичка даљински управљана купола може бити опремљена различитим топовима калибра од 25 и 30 мм, као што је руски топ 2А42 и коаксијалним митраљезом 7.62 мм. Верзија наоружана руским топом носи ознаку TRT-R30, где слово R означава да се ради о руском топу, док ознака 30 говори о калибру топа. Могуће је додати и двоструки лансер противтенковских вођених ракета, а онда се ознака куполе мења у TRT-R30МК.

Верзија са калибром 25 мм обично је наоружана топом 25 мм компаније Orbital ATK Armament Systems, ознаке M242, са двоструким пуњењем и магацином са 260 граната спремних за употребу и коаксијалним митраљезом калибра 7.62 мм са 1.000 метака спремних за употребу.

Нишанџија или командир уочавају циљ користећи осматрачку црнобелу или колор камеру уз термалну камеру која је монтирана коаксијално са топом. Основном верзијом тактичке куполе управља један или два оператора у зависности од жеље корисника.

У међувремену, турска компанија FNSS Savunma Sistemleri производи различита оклопна борбена возила точкаше и гусеничаре. Најновији производ компаније је модуларна купола са оружјем средњег калибра у посадној и безпосадној конфигурацији.

Безпосадна купола Teber-30 има масу од 2.500 кг са нивоом заштите STANAG 4569 ниво 2, што је могуће унапредити на ниво STANAG 4569 ниво 3. Посадна купола Teber-30 предвиђена је за два члана посаде, командира и нишанџију и тежи око 3.500 кг са нивоом заштите 4 који је могуће унапредити на ниво 5.

На располагању је неколико врста топова од 30 до 40 мм са двоструким пуњењем, коаксијално постављених митраљеза 7.62 мм и бацачима димних граната.

Купола се покреће електричним путем, а командир и нишанџија имају на располагању стабилизоване нишанске справе са дневном и термалном камером и ласерски даљиномер. Купола је, такође, опремљена компјутеризованим системом за управљање ватром, системом аутоматске суперелевације, израчунавањем водећег угла и системом идентификације свој-туђи.

Турска компанија Otokar је прешла дуг пут од развоја возила у конфигурацији 4x4 класе Land Rover и AM General High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle, па до оклопних борбених возила у конфигурацијама 6x6 и 8x8 и тенка Altay.

Компанија је пројектовала одређени број купола, као и даљински управљану куполу Mizrak која је монтирана на борбена возила пешадије Arma и Tulpar у конфигурацији 8x8.


Возило Tulpar опремљено је топом 30 мм МК44 са коаксијално постављеним митраљезом, а елевација оруђа креће се од -10 до +60 степени. Могућа је опција уградње две ласерски вођене противтенковске ракете великог домета Roketsan.



*Верзија куполе наоружана топом 25 мм компаније Orbital ATK Armament Systems на француском борбеном возилу пешадије VAB Mk 3 у конфигурацији 6x6*

Даљински управљаном куполом Mizrak управља један члан посаде користећи стабилизовани дневно-термални нишански систем који је монтиран са леве стране главног наоружања. Купола је опремљена балистичком заштитом STANAG 4569, ниво 2.

Свака од наведених купола, посадна и беспосадна, има своје предности, али даљински управљана купола не захтева одузимање корисног простора у трупцу возила, што омогућава повећавање десантног одељења. Оваква купола је лакша што омогућава додавање оклопног пакета, али, са друге стране, много је скупља од посадне.

*Драган М. Вучковић (Dragan M. Vučković),*  
e-mail: [draganvuckovic@kbcnet.rs](mailto:draganvuckovic@kbcnet.rs),  
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>



## Стандарди израде модерних кундака

Кундак, као један од основних делова ватреног оружја, представља део система на који се спајају цев и аутоматика оружја. Према функционалистичком критеријуму могуће је говорити о две основне улоге кундака као дела оружаног система. Примарно, кундак помаже при нишањењу, представљајући једну од тачака ослонаца<sup>1</sup> оружја и на тај начин одржава оружје у релативно мирном положају<sup>2</sup>, што омогућава и извођење прецизног поготка. Поред тога, с обзиром на конструкцију окидачког механизма и индуковање силе при опалењу, највећи део<sup>3</sup> трзаја оружја се преко кундака преноси на тело стрелца.

Техничка и технолошка достигнућа увек су имала примену и утицај и у наменској индустрији. Додатно, еволуција оружаног сукоба у свету затражила је и прилагођавање постојећих оружаног система новим теренским потребама, што се у области наоружања и опреме одразило и на појаву нових категорија пешадијског наоружања (као што је, примера ради, концепт оружја за личну заштиту, затим антиматеријалних пушака за прецизно гађање и др.). Модерни стандарди обликовали су и оружане системе као целине, али и усавршили и њихове саставне делове.

### *Конструкција кундака и тактичко-техничке карактеристике система*

Конструкција кундака умногоме утиче на особине оружаног система. Са техничког аспекта, конструкцијом кундака утиче се на укупну дужину оружја и његову масу. Једна од најочљивијих тенденција данашњих произвођача јесте увећавање компактности оружја, тј. умањивање димензија система, што, по правилу, утиче и на тактичку примену, олакшавајући ношење система, транспорт, маневрисање, као и тактичко-борбену употребу. Смањивање дужине оружја може се постићи телескопским, односно извлачећим кундаком – склопивим или преклапајућим<sup>4</sup>. Такође, оптимизацијом масе кундака и остатка система остварује се важан стандард балансираности маса ватреног оружја који би идеално, по правилу, требало да буде у пределу око рукохвата оружја. Поред тога, с

<sup>1</sup> Ослонац се, најчешће, остварује у згибу рамена руке чија шака реализује повлачење обарача.

<sup>2</sup> Одржавање оружја у положају за нишањење и паљбу зависи од више фактора, а један од њих јесте и став који стрелац заузима. Тако, примера ради, при лежећем ставу ослонац оружја примарно се остварује при додиру са тврдом подлогом.

<sup>3</sup> Мањи део трзаја апсорбује подлога уколико је оружје постављено на чврсту површину, односно шака и рука којом стрелац остварује потхват оружја.

<sup>4</sup> Треба разликовати преклопиви кундак који се преклапа у једну или обе стране од склопивога који се не мора нужно фиксирати у страну, што је случај са пушчаним системима „Застава М-70 АБ2“, националног произвођача „Застава оружје“ из Крагујевца.

обзиром на то да стрелац на више тачака<sup>5</sup> додирује кундак, реномирани произвођачи посвећују велику пажњу и ергономији конструкције кундака, као и прецизној завршној обради.

Прецизност поготка зависи од два фактора, примарно: техничког, који подразумева квалитет система, и људског, који подразумева вештину стрелца да изведе гађање и оствари погодак с обзиром на околности у којима користи оружје, односно вештину да ваљано упуца оружје. Саставни део опалења представља и трзај оружја, који је у колизији са контролом паљбе, те су већ најранија искуства стрелца усмерила конструкторе на проналажење решења ради умањивања јачине трзаја при паљби у што већој мери. Када је у питању конструкција кундака, то зависи од начина спајања кундака са остатком система (уколико кундак и сандук оружја не чине целину), па је тако неопходно максимално умањити било какав ход, раздвајање или савијање на месту спајања. Такође, важно је пажљиво одабрати врсту материјала при изради кундака, а предност се даје трајнијим ресурсима који су чврсти и постојани и при дужој употреби, као и при екстремним климатско-теренским условима. Ранија пракса употребе тврдог дрвета у изради кундака данас је скоро потпуно напуштена, када је реч о модерном пешадијском наоружању. Чак и новији системи руског „калашњикова“ данас добијају полимерске кундаке, а тој пракси придружује се и национални произвођач „Застава оружје“ који је у оквиру модернизованог програма пешадијског наоружања у потпуности напустио употребу тврдог дрвета у изради пушчаних система. На крају, веома важан, а конструкцијски веома прост део кундака је амортизер трзаја, који се најчешће поставља на задњој страни и који стрелац додирује. Ранија пракса употребе металних материјала за израду амортизера данас је потпуно напуштена, те се предност даје гуменим и композитним материјалима.

#### *Конструкција кундака у зависности од намене система*

Примарна намена свих оружаних система је уништавање живе силе и техничких средстава, а разлике се односе на карактеристике циљева (на пример заклоњени, оклопљени), односно дистанце на којима се претпоставља ефикасно дејство<sup>6</sup>. Ипак, усложњавање безбедносних претњи, као и оружаних сукоба уопште, узроковало је појаву специфичнијих оружаних система који су примарно намењени за употребу у знатно специфичнијим условима.

Аутомати и јуришне пушке су системи примарно намењени за блиску борбу у којој је за стрелца веома важна добра прегледност околине и брзо

<sup>5</sup> Стрелац, по правилу, има додира са задњом страном кундака, постављајући је у згиб рамена, затим са горњом страном на коју наслања образ приликом нишањења, а уколико кундак чини целину и са сандуком оружја предњи део је ергономски обликован и представља и рукохват.

<sup>6</sup> Што се примарно процењује на меру у којој испалењени пројектил задржава балистичке карактеристике у прописаним/претпостављеним нормама.

остваривање нишањења индивидуалног циља, односно ефикасан пренос паљбе са циља на циљ. Иако се то у великој мери остварује зависно од нивоа обучености стрелца и његовог тренутног психофизичког стања, исправно је размотрити и утицај конструкције кундака на ове норме. Тако, праволинијска конструкција оружаног система подразумева да је кундак у линији са положајем механичких нишана оружја, што, на пример, није случај код старијих модела система „калашњиков“. Несклад између нивоа кундака и нивоа нишана отежава нишањење стрелцу, јер се може десити да наслањањем образа на кундак доминантно око стрелца није у оптималном положају у односу на механичке нишане. Проблем постаје додатно сложенији у случају монтирања неког нишанског уређаја на горњу шину или носач, те се разлика између нивоа ока и кончанице нишанског уређаја увећава.



*Телескопски кундаци произвођача „Magpul“, монтирани на системе „Застава М-70 АБ2“ на задужењу припадника САЈ МУП Р. Српске. Фото: Милош Јевтић*

Веома напредна решења у конструкцији кундака донели су чувени амерички системи М-16, са фиксним полимерским кундацима, а која су подигнута на још виши ниво промоцијом М-4 платформи, такође са полимерским, али телескопским кундацима. Конструкције са М-4 платформи данас многи произвођачи копирају, са више или мање успеха, и користе у изради сопствених система. У оквиру поменутих категорија наоружања кундаци најчешће нису целина са сандуком система већ су спојени на различите начине. Сходно томе, или су преклапајући склопиви

или телескопски, а често и обједињавају ове особине, као што је то случај, примера ради, са системима белгијског произвођача „FN SCAR”. Наравно, што је конструкција система сложенија, односно што је више тачака спајања, то је систем подложнији механичким оштећењима, а композиција и целовитост су нарушени, што се негативно одражава на више параметара, међу којима и на прецизност паљбе. Ипак, имајући у виду да се системи поменутих категорија примарно користе у условима блиске борбе, ове могуће последице се оправдано прихватају јер је прецизност поготка знатно лакше остварити управо услед близине мете, чије се ангажовање често остварује и преко механичких, односно неувеличавајућих рефлексних нишана.

Значај поменутих карактеристика оружаног система се потпуно другачије резонује када су у питању пушке за прецизно гађање, међу којима треба разликовати оне које се употребљавају на средњим дистанцама (најчешће до 300 метара) и далекометне пушке које се користе за гађање циљева и на дистанцама преко 1000 метара. На средњим дистанцама могу се ефикасно употребити и добро упуцане пушке, квалитетне јуришне пушке са одговарајућим увеличавајућим нишаном и у полуаутоматском режиму паљбе. Поред тога, бројни произвођачи израђују и специјалне полуаутоматске верзије пушака за прецизно гађање на овим дистанцама. Тако, примера ради, немачки произвођач „Heckler&Koch” одважно промовише серију „G-28”, швајцарски „SIG Sauer” прати својом серијом „SIG Sauer 716”, итд. Ови системи су опремљени кундацима који су конструкцијски врло слични онима који се користе у изради јуришних пушака. Једна од уочљивијих разлика у корист ових других јесу напреднија решења ергономских образаца које стрелац може прилагођавати сопственим потребама по висини, дужини и ширини.



*Конструкција кундака на пушци „Steyr Tactical Elite” у калибру .308 Winchester, на задужењу специјалисте Прве специјалистичке јединице Жандармерије Р. Србије. Фото: Милош Јевтић*

Када су у питању далекометне пушке за прецизно гађање, поменути критеријуми конструкције квалитетног кундака су веома високи. Пушке ове врсте најчешће функционишу по принципу мануелног репетирања (енгл. bolt action), те употребљавају моћније калибре који узрокују јак трзај при паљби. Иако немају аутоматски режим паљбе, употреба ових пушака мора бити оправдана и у ситуацији када стрелац мора да испали више метака у краћем интервалу, па конструкција кундака мора максимално ублажити трзај који стрелац осећа, јер минимална промена хвата или става стрелца може негативно утицати на прецизност. Такође, минималан ход на месту спајања кундака и сандука може узроковати велике промашаје на дистанцама од по више стотина метара. Стога је од изузетног значаја да кундак и остатак система чине врло чврсту, поуздану целину. Управо зато код многих модела „реперики” кундак и остатак сандука или кућишта чине целину, без икаквих тачака спајања. У том случају рукохват је саставни део кундака и ергономски се обликује механичком обрадом материјала.

*Милош М. Јевтић (Miloš M. Jevtić), уредник сајта specijalne-jedinice.com,  
e-mail: info@specijalne-jedinice.com,*

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0002-1305-7618>

## *Вежба руских и српских пилота БАРС 2016 и Словенско братство 2016*

Припадници наших оружаних снага, а посебно вида РВ и ПВО уче нове лекције о употреби савремених летелица и борбеним техникама. Развој војне опреме у свету, наоружања и друге технике захтева нова сазнања која се односе на одбрану земље, а заостајање на том плану може се спречити осавремењавањем наших оружаних снага, као и увежбавањем припадника Војске Србије у новим тактичким поступцима и припремањем за евентуалне нове форме супротстављања агресији. Уз међународну сарадњу и стицање нових искустава наша војска оспособљена је за учешће у мултинационалним војним снагама.

### *Пресретање и спасавање*

Заједничка војна вежба БАРС 2016 (Братство авијатичара Русије и Србије) изведена је од 9. до 15. октобра 2016. године на Аеродрому „Батајница“. Увежбавана је контрола и заштита ваздушног простора и борбено трагање и спасавање. Пилоти су се оспособљавали на авионима МиГ-29 и хеликоптерима МИ-17. Учествовало је је 20 припадника Руског ратног ваздухопловства, који су, заједно са нашим пилотима, у виду мешовитих посада извели пресретање ловцима и акције трагања и спасавања хеликоптерима.

Увежбаване су дефанзивне борбене радње, пресретање ваздухоплова који би повредили наш ваздушни простор и спасавање на терену које се може користити и у околностима када су угрожени цивили.

Вежба српских и руских пилота под називом БАРС 2016 наметнула се као основни задатак након набавке два авиона МиГ-29 и хеликоптера МИ-17, не само ради упознавања летних и борбених особености тих летелица већ и ради овладавања тактичком употребом у сложеним борбеним дејствима. Несумњиво је да руски пилоти поседују веома драгоцену искуство у пресретањим дејствима са летелицом МиГ-29, као и у ваздушној борби. Овај авион има изузетне летне могућности и под вештом пилотском руком изводи веома сложене маневре којима се остварује превласт у ваздушном простору и победа у ваздушној бици. Због тога се вежба руских и српских пилота БАРС 2016 може посматрати, а ваља је првенствено и разумети, као значајан напредак у овладавању основним савременим борбеним поступцима у обезбеђивању властитог ваздушног простора, контроле и супротстављању агресивним дејствима евентуалног противника. Уз то, то је била изванредна прилика да се наши припадници РВ и ПВО обучавају за спасавање оборених пилота.

Због многих стручних и професионалних садржаја ову вежбу треба посматрати само са војног аспекта. Борбена вештина нема никакве везе са апроксимацијама и теоретским проценама војно-политичких аналитичара који у таквим вежбама виде потенцијалне сценарије о евентуалном сукобу, по принципу „шта би било кад би било“.

Постоје бројни разлози због којих су овакве вежбе потребне. И за нас је веома битно што имамо на кога да се ослонимо, да научимо више и боље и тиме значајно унапредимо свој систем одбране и заштите, не само властитог неба већ и суверенитет целокупне државе.

Несумњиво је да је Србија имала прилику да на најнепосреднији начин 1999. године, за време агресије НАТО-а, спозна шта значи бити инфериоран у многим аспектима наоружања и борбене опреме, посебно у ваздухопловству и ПВО. Сазнали смо шта значи генерацијски заостајати у ваздухопловној и противваздухопловној техници и немати организовану службу потраге за обореним пилотима.

Наравно, тадашња оружана снага наше земље показала је колико су значајне способности и квалитети бораца, официра и војника, и какав значај у сложеним политичко-војним околностима има и целокупна војна инфраструктура. Не може се рећи да у периоду агресије НАТО-а на нашу земљу није испољена значајна умешност у коришћењу савремене борбене технике и других расположивих капацитета. Били су то изузетни ресурси којима се противнику није дозволило да нас изненади и у краткотрајној борбеној акцији порази и однесе брзу војну победу. Али, да смо имали нека савремена и борбено ефикасна средства ваздухопловне и ПВО технике и наоружања, на нивоу сила које су нас напале, вероватно би се наши пилоти показали у другачијем светлу... О исходу политичке победе, у односу на тадашње околности, илузорно је расправљати, јер историја није дала свој реалан поглед, пошто „победници“ величају себе, а умањују вредности и значај „поражених“.

Савремена реалност говори да се, у свим светским центрима за изучавање војне вештине помно и студијски анализирају ваздухопловна дејства из савремених ратова. Посебно су актуелна она из периода агресије НАТО-а на нашу земљу 1999. године. Сва сазнања која се о томе могу сакупити и изучити имају велики значај. И, у новим околностима, уз савремену опрему и наоружање, нова знања о њиховој употреби, снажну вољу и чврсто срце, међународну сарадњу и већу интероперабилност, однос снага може се променити.

С друге стране, изучити блиска борбена искуства, на основу њих научити поступке и савремену тактику употребе ратне авијације, без њене провере и примене у вежбовним условима, био би само део једног важног посла. Поређење са употребом наше авијације 1999. године и могућностима савремених борбених летелица којима је неопходно обновити српско ваздухопловство, намеће се само по себи, јер то је део нашег новијег искуства и савремених одбрамбених потреба.

Према специфичностима за припреме и извођење ваздухопловних и противваздухопловних дејстава, нама су потребне летелице типа МИГ-29, пре свега за сопствену контролу ваздушног простора. Ратно ваздухопловство и ПВО има и своје задатке за превентивно ангажовање и употребу у оружаном сукобу, посебно у оном делу у којем учествују ваздухопловне и противваздухопловне снаге. Наш МИГ-29 користиле би снаге РВ и ПВО, првенствено у миру или ванредном стању, и, наравно, у евентуалној оружаног борби. Неопходна нам је ескадрила на основу чијих тактичко-техничких могућности и увежбаности могу да се припремају и изводе ваздухопловна и противваздухопловна дејства којима се, пре свега, обезбеђује контрола и заштита суверенитета ваздушног простора. Ту је реч и о активности које самостално реализују дежурне снаге РВ и ПВО у систему ПВО. Наравно, наши пилоти су у том домену употребе летелица МИГ-29 стекли драгоцену искуства. У складу са искуствима која поседујемо, оваква сарадња обезбеђује већи квалитет и ефикасност наших ваздухопловних снага.

#### *Погон*

Погон авиона МиГ-29 састоји се од два мотора „Климов РД-33”, интегрисана у доњи део трупа, заједно са усисницима постављеним у истој линији на значајном међусобном растојању. То је вишенаменски мотор са степеном двопроточности од 0,48. Развијен је 1985. године, за авион МиГ-29. Модуларне је конструкције, односно делови му се одвојено замењују. Двоосовински је, једноставан за одржавање и адаптиван на услове рада, задржавајући добре перформансе.

Током времена је унапређиван, кроз даљи развој, тако да се производио у више ријанти. Завршен је и развој концепције управљања са вектором потиска. Нови мотор РД-33 опремљен је дигиталним системом аутоматске контроле, управљања и дијагностике.

За напајање мотора користе се четири резервоара који се налазе у трупу, као и у сваком крилу по један. Укупна запремина горива је 4.365 литара. За дуже остајање у ваздуху предвиђено је ношење спољнег резервоара од 1.500 литара горива, а новије варијанте носе 2x1.150 литара. Мањи број авиона опремљен је резервоаром који се поставља на леђа трупа авиона.

У сваком случају, и искуства из ваздухопловних дејстава у периоду распада претходне Југославије могу да се уопште и анализирају ради коришћења авијације у противпобуњеничким и противтерористичким операцијама, као и операцијама за подршку цивилним властима<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> [http://www.odbrana.mod.gov.rs/odbrana-stari/vojni\\_casopisi/arhiva/VD\\_4-2015/67-2015-4-16\\_Petrovic.pdf](http://www.odbrana.mod.gov.rs/odbrana-stari/vojni_casopisi/arhiva/VD_4-2015/67-2015-4-16_Petrovic.pdf)



Међутим, вежба БАРС 2016 показала је да је неопходна и тактичка обученост да би наш РВ и ПВО успешно остваривао своје основне задатке. Поред тога, ова вежба одлична је припрема и за операције у оквиру међународне војне сарадње, која обухвата и контролу ваздушног простора.

#### *Борбене особине летелица и тактика*

Када се посматра вежбовна активност, првенствено треба имати у виду да је, бар што се тиче нашег конципирања обучавања за савремена борбена дејства, најнеопходније овладати борбеном техником. Без њеног познавања, употреба је мањкава, готово бескорисна. Овладавање тактичко-техничким могућностима летелице омогућава максимално искоришћавање њених маневарских особина, доприноси умешној и вештој употреби свих капацитета аеродинамике, погона, наоружања и других особености, а омогућује и спознавање и овладавање драгоценим искуствима. Та искуства су веома битна, јер се на основу њих може доћи до нових спознаја о томе како унапредити неке од битних карактеристика борбених авиона, проверити их и евентуално уградити кроз модификацију или у новој летелици. Уз веште руске пилоте такво обучавање је лакше, а мотивација значајан чинилац.

Основне тактичко-техничке особине МиГ-29

Долет	1.430 км
Дужина	17 м
Распон крила	11 м
Висина	4,73 м
Произвођач	Микојан
Уведено у наоружање	август 1983. г

МиГ-29 произведен је у више варијанти и непрекидно се модернизује и осавремењава. Наравно, свако унапређење се проверава, како би се дошло до релевантних показатеља о томе колико су те промене допринеле бољој борбеној ефикасности и унапредиле способност летелица да се користе за сасвим одређене намене и задатке.

МиГ-29 је руски (совјетски) ловачки авион четврте ++ генерације.

Иако кажу да је намењен за супротстављање америчким авионима Ф-16 „фајтинг фалкон“ и „Ф-15 игл“, за превласт у ваздушном простору, ипак не треба губити из вида да је реч о веома употребљивој и напредној летелици. То је, такође, борбена летелица која може да пружи борбену подршку другим врстама авијације, подржи борбена дејства копнених и морнаричких оружаних снага и обезбеди ваздушну заштиту целокупној држави. Свакако, то је авион погодан да се употреби у специфичним ситуацијама под којима се подразумева и борба са терористичким снагама.

Дугогодишња употреба авиона МиГ-29 показала је да он, захваљујући пре свега изврсној аеродинамици, нишану на пилотској кациги и

пројектилима ваздух-ваздух Р-73Е, још увек нема премца у вођењу блиске, маневарске борбе у ваздушном простору. С обзиром на то да се од најсавременијих борбених авиона данас захтева да успешно воде борбу и на средњим даљинама, изван визуелног домета, а такође и да имају способност ношења борбених средстава ваздух-земља високе прецизности, то је један од авиона који је прошао бројне промене, како би се ефикасно могао употребити за те намене. Због недовољне ефикасности у неким аспектима борбених дејстава, још 1996. године одлучено је да се оне отклоне осавремењавањем<sup>2</sup>. Модернизацијом авиона МиГ-29 уочени проблеми и недостаци отклањали су се поступно, али ефикасно, преко прелазних модела МиГ-29М, МиГ-29М2 (МиГ-35 „дубока модернизација“), МиГ-29С и МиГ-29СЕ. Међутим, сматра се да је тек најновија варијанта МиГ-29СМТ достигла жељени ниво целокупних борбених способности тог авиона.

Побољшања МиГ-29СМТ, у поређењу са претходним варијантама, првенствено се огледају кроз даље унапређење перформанси, нарочито маневарских могућности и долета, нове авионике, наоружања и смањења оперативних трошкова.

Значајна побољшања перформанси и маневарских могућности тог авиона реализована су уградњом снажније погонске групе. У перспективи се сматра да ће се на тај авион моћи уградити мотор са векторисањем силе потиска. Нове електричне команде лета и модификације на крилу авиона само су неки од успешних резултата. Основни долет летелице је знатно повећан, захваљујући, пре свега, запремини унутрашњих резервоара. Наиме, у летелицу су уграђена два додатна резервоара у труп, иза пилотске кабине. Унутрашња количина горива износи 4775 кг и омогућује долет од 2200 км. У варијанти са једним подтрупним спољашњим резервоаром долет авиона је 2800 км, а са три спољашња резервоара износи 3500 км. Такође, авион има уређај за пуњење горива у ваздушном простору, што му омогућује и даље повећање долета које износи 6500 км.

Авион има инсталиран вишенаменски радар „фазотрон Н019МЕ“, који је интегрисан са системом за управљање наоружањем. Нови радар у функцији рада ваздух-ваздух може да захвати циљ радарске ефективне рефлексне површине (РЕРП) величине 5м<sup>2</sup> у доласку на растојању до 130 км, а при одласку око 60 км.

#### *Шест мигова за српску војску*

Нове околности у међународним односима и глобално прегруписавање снага захтева одговор Србије на регионално угрожавање у ваздушном простору. Процењено је да нам је, за ту улогу, потребно најмање шест МиГ-ова 29.

<sup>2</sup> <http://www.telegraf.rs/vesti/1118497-s-njim-ce-srbija-da-gospodari-balkanom-sve-o-ruskom-avionu-mig-29-video-foto>

Радар истовремено прати 10 циљева, а омогућава авиону да истовремено дејствује на четири циља. Такође, тај радар детектује и мале нисколетеће објекте, а обезбеђује откривање хеликоптера и летелица које лете малом брзином и напад на њих. У функцији рада ваздух-земља нови радар има модове за подршку копненим снагама у извиђању, као и за спречавање противничког продора. Уређај омогућује формирање мапе терена (или површине мора) са малом, средњом и високом резолуцијом. Такође, нова верзија радара омогућује бољу селекцију копнених и површинских покретних циљева, а обезбеђује и бољи и квалитетнији пренос података о откривеним циљевима на нишанске системе. Фирма „МАПО-МИГ“ потенцијалним корисницима авиона МиГ-29СМТ оставља могућност да се уместо радара Н019МЕ у оквиру даље модернизације „фаза 2“ уграде и новији радар „жук“.

МиГ-29М2 двосед и једносед М развијени су из палубних ловаца МиГ-29К/КУБ.

Оно што модернизоване верзије разликује од претходних јесу мотори и напреднија авионика који омогућавају изванредне маневарске карактеристике. У изради су коришћени нови материјали, а наоружање чини ове летелице убојитијим. Укупним модификацијама унутрашњи капацитет горива повећан је 1,5 пута, а носивост убојног терета за 2,5 пута. Томе, свакако доприноси и нови систем за пуњење горивом у ваздушном простору, РД-33МК мотори, радар Жук-МЕ, а из корпорације МиГ прорачунали су да животни век осавремењене летелице износи 6.000 сати или 40 година употребе.

Према подацима доступним из каталога, презентација и података у литератури и на интернету, произвођач РСК МиГ промовише М/М2 као вишенаменски борбени авион 4++ генерације намењеног за дејства по циљевима у ваздушном простору, копну и мору. За МиГ-29М/М2, као и варијанта из које је настао (МиГ-29К/КУБ), стручњаци кажу да је, вероватно, једна од последњих модификација чувеног тактичког (фронтског) ловачког авиона МиГ-29<sup>3</sup>.

#### *Тактика употребе – борбени маневри у ваздушном простору*

Савремена блиска борба у ваздушном простору, без обзира на утицај и напредак технологије, обезбеђује да победник у ваздушној борби буде пилот, који први доведе свој авион у положај за отварање ватре и има наоружање којим ће ефикасно да уништи противника. Летне особине савремених авиона знатно су се промениле у последњих десетак година, што је утицало на маневарске способности. Такође, омогућило је нове тактичке поступке којима се авион доводи у ситуацију да први отвори ватру<sup>4</sup>.

Авион МиГ-29 показао је да поседује такве могућности. Својим укупним квалитетима омогућава пилоту извођење таквих маневара, који ће

<sup>3</sup> <http://tangosix.rs/2013/29/04/tehnicko-takticke-karakteristike-mig-a-29-mm2/>

<sup>4</sup> <http://www.aeromagazin.rs/arhiva/aero03/c13.htm>

му обезбедити да постави летелицу у положај у којем ће моћи први да отвори ватру. Та летелица својом покретљивошћу, снагом мотора, носивошћу, опремом и наоружањем прилагођена је за ловачке и јуришне задатке. МиГ-29 дефинисан је као тактички ловац који је у ловачким и јуришним задацима заменио МиГ-17, МиГ-21, МиГ-23 и Сухои Су-7.

Са летелицом МИГ-29 први пут је приказана позната маневарска фигура названа „Кобра” (Пугачев маневар кобра) која је касније прославила сухојеве ловце. Могућност извођења тог маневра у ваздуху указује на високе маневарске карактеристике тог авиона. Маневар је био могућ без обзира на то што летелица није имала електричне команде лета.

МиГ-29 се иначе традиционално упоређује са летним карактеристикама ловца „Генерал Динамикс Ф-16 Фалкон” (General Dynamics F-16 Falcon), мада постоје тврдње да МиГ-29 има боље маневарске карактеристике. Аналитичари доказују да је специфично оптерећење крила код ловца „Ф-16 Фалкон”  $430 \text{ kg/m}^2$ , док је код ловца МиГ-29  $446 \text{ kg/m}^2$ . То омогућава ловцу „Ф-16 Фалкон” да радијус заокрета у блиској борби буде нешто мањи, што му даје извесну предност у борбеним условима. При томе се констатује да то може бити пресудно. Међутим, изгледа да се (намерно) занемарују бројне познате и непознате варијабле које утичу на борбену употребу таквих летелица.

Други западни авиони треће генерације имају већа специфична оптерећења крила у односу на МиГ-29. За њих није препоручљиво улазити у блиску борбу, а посебно у маневар кружног гоњења са ловцима МиГ-29. Познаваоци ваздушне тактике кажу да се у савременој ваздушној борби ретко дешава да се ловци сусретну на малим раздаљинама, где аеродинамичка конструкција ловца МиГ-29 може бити предност. Обично се те борбе воде без визуелног контакта. Дејствује се далекометним ракетама ваздух-ваздух. На Западу се често наглашава да су у условима блиског сусрета њихови пилоти много обученији и спремнији да, и поред инфериорности своје летелице, избегну обарање и одлепе се од противника.

За ваздушну борбу ловци МиГ-29 носе 6 до 8 пројектила ваздух-ваздух Р-27 радарског полуаутоматског вођења домета 75 км или у комбинацији са краткометним пројектилима Р-60 домета 10 км или одличним Р-73 домета 20 км са ИЦ системом вођења. Летелица је наоружана авионским топом ГШ-30 калибра 30 мм. Међутим, треба имати у виду да се развој авионског оружја непрекидно унапређује, те да се на тој летелици могу наћи и нека „изненађења” за противнике.

Јуришна варијанта авиона МиГ-29 конципирана је као платформа за ношење вођених ракета Х-25, Х-29, Х-31, Х-35 и Х-58. Оне се, по опаљивању, воде полуаутоматски или су потпуно аутоматизоване за погађање циља. Поред вођених ракета тај авион може да носи комбинације невођених ракетних зрна у касетним лансерима Б-8М1 од 60 мм, Б-13Л од 82 мм или УБ-32М/57 од 57 мм.

Од класичних бомби МиГ-29 носи авио-бомбе од 100, 250 и 500 кг, као и ТВ вођене бомбе КАБ 500Р и касетне бомбе КМГУ-3 масе до 3,5 тоне. У наоружању летелице налазе се и ракете ваздух-ваздух.

У јуришним дејствима МиГ-29 може да дејствује попут бомбардера без ловачке пратње, а по испуштању убојног терета, сваки МиГ-29 задржава своје оружје ваздух-ваздух и може наставити дејства на бојишту као ловац.

У условима ваздушне превласти, бројчане надмоћи и у комбинацији са стационарним или мобилним системом ПВО, употреба ловаца МиГ-29 може имати значајан тактички утицај на борбена дејства, како током вођења ваздушне борбе, тако и у дејству по циљевима на земљи или води.

Ваздухопловни аналитичари заснивају своје претпоставке на схватању да основна предност у маневарским карактеристикама нових ловачких авиона омогућава примену тактике употребе ловачких летелица МиГ-29, по којој би блиска ваздушна борба била основни чинилац задобијања и одржавања ваздушне премоћи. Наравно, то није увек могуће. Али, да ли је то довољан разлог да се тврди како је ловац МиГ-29 инфериоран у односу на нове западне летелице? На то питање може да одговори само борбена пракса. При томе треба знати да је и МиГ-29 намењен и за вођење ваздушне борбе изван визуелног контакта.



*Ми-8 је настао почетком шездесетих година. У периоду од 1968. до 1983. Југославија је имала 93 ове летелице, а преостало је шест из осамдесетих година. Истиче им ресурс.*

Сваким даљим кораком осавремењавања, у трци са другим адекватним летелицама, МиГ-29 може да одговори свим задацима. Са вештим пилотом, који је добро увежбан и има богато искуство, та летелица може довољно ефикасно да преживи сусрет са противничком летелицом. Тиме се елиминише мана која би у тактичком смислу представљала ограничење. У принципу, код равноправних летелица побеђује онај пилот који боље влада свим њеним могућностима. При томе, свакако, треба имати у виду и то да ефикасности употребе авиона у ваздушном простору знатно доприноси и тактика уништавања ваздухопловне инфраструктуре, односно оперативних и радарских командних центара на тлу. И, пре него што уђу у брањени ваздушни простор противника, веома је значајна процена начина дејства противничке авијације, противваздушне одбране, као и подршка система за управљање борбеним дејствима у ваздушном простору, попут ЈСТАРС и авиона „Авак”.

**RUSSIAN HELICOPTERS**

# Mi-17V-5

Novi transportni helikopter srpskog RV i PVO

**Maksimalna nosivost**  
**4500 kg**

**2-3 člana posade**

**36 putnika**  
**24 ili padobranca**  
**12 ili ranjenika**

**Maksimalna masa na poletanju**  
**13000 kg**

**Maksimalna brzina**  
**262 km/h**

**Dužina: 18.65 m**  
**Dijametar glavnog rotora: 21.3 m**  
**Dijametar repnog rotora: 3.91 m**  
**Visina: 4.76 m**

**Pogonska grupa**  
**2 turbovratilna motora**  
**Klimov VK-2500 snage 2700KS**

LYBT Avionica BATAJNICA 890. MHE  
LYBT Avionica 119. MHE

WWW.TANGOSIX.RS

### *Спасилачка дејства*

Потрага и спасилачка дејства за обореним пилотом значајне су борбене радње у ваздухопловној борби. Сва ваздухопловства света имају разрађене процедуре и поступке у том случају. Међутим, борбена дејства 1999. године, током НАТО агресије на Србију, показала су да у том погледу наш РВ треба да унапреди и увежба ту врсту дејстава. То је био и један од циљева вежбе БАРС 2016.

У време агресије НАТО-а пропуштене су прилике да се наши оборени пилоти пронађу и спасу. Тако се оборени пилот Иљо Аризанов спасавао сам. Његова летелица погођена је изнад Косова, након чега се он два дана пробијао између албанских села и кроз борбени распоред албанских паравојних снага. Успео је да се дочеп аеродрома у Приштини. Аризанов је имао велики проблем јер је требало, спасавајући се, да пређе реку, а био је лош пливач. Постоје и други проблеми којима се, у обуци пилота, мора посветити значајна пажња.

У вежби са Русима, због тога што су потрага и спасавање саставни део ваздухопловних дејстава, планирано је трагање и спасавање у борбеном окружењу. За ту врсту дејства имамо веома употребљиве и проверене хеликоптере, речено је у војном врху. Знања и искуства руских пилота су драгоцене, с обзиром на то да су руски спасилачки тимови увежбанији и да су, такође, учествовали у многим акцијама спасавања становништва. Такође, и њихово борбено дежурство у ваздухопловним операцијама против терористичких формација и евентуално ангажовање у актуелним талачким или другим противтерористичким дејствима указују на свежа актуелна борбена искуства.

Поступци и тактика тимова за спасавање су у свим авијацијама света слични. Већина савремених авијација има свежа борбена искуства, а значајна су она из 1999. године. Американци истичу да је тада најефикаснија акција била спасавање пилота из обореног Ф-117, пре него што су га наше патроле пронашле. Савремене авијације имају и свежија искуства у спасавању пилота из оборених летелица у Сирији, где авијација изводи борбена дејства против тзв. ИСИС (џихадистичке самозване исламске државе). Авијација такође учествује и у спасавању становништва на територији захваћеној борбеним дејствима, као и у снабдевању становништва.

Не треба потцењивати наше капацитете и добру увежбаност пилота војних и полицијских хеликоптера за спасавање. Они се, од периода до периода, ангажују на многим сличним активностима. Током 2014. године коришћени су за спасавања стотине људи завејаних у сметовима војвођанске равнице, на подручју јужно од Зрењанина, између Стајићева и Перлеза, и у рејону ауто-пута код Бачке Тополе. Исте године спасавали су људе и стоку на поплавленим подручјима.

#### *ВЕРЗИЈЕ Ми-17*

Ми-17 вишенаменски хеликоптер, који може бити наоружан разноврсним ракетама, пројектилима и топовима. Наменен је за нападна дејства, ваздушну подршку, електронско извиђање и снимање, опремљен за медицинску прву помоћ и спасавање људи из угрожених подручја. Може превозити дугачке терете који кроз задња врата излазе из габарита кабине, као и специјалне терете обешене испод хеликоптера. У зависности од намене, у кабини се може превозити 24 путника, 30 војника или 20 рањеника.

Ми-8АМТ – Ненаоружана цивилна транспортна варијанта Ми-17,

Ми-8АМТ(Сх) - Верзија произведена је у Улан-Удеу,

Ми-8МТ – Напреднија варијанта Ми-8Т, покретан са два 3846-схп (2868-кW) Климов ТВ3-117МТ турбопроп мотора,

Ми-8МТВ — Верзија са кабином под притиском, покретан са два Климов ТВ3-117ВМ турбопроп мотора,

Ми-8МТВ-1 – Цивилни модел Ми-8МТВ, опремљен радаром,

Ми-8МТВ-2 – Војни модел Ми-8МТВ, опремљен радаром, са шест носача оружја,

Ми-8МТВ-3 – Војна варијанта Ми-8МТВ-2, опремљена с четири носача оружја,

Ми-8МТВ-5 – Специјално намењен као транспортни хеликоптер, Извозна ознака Ми-17МД,

Ми-8МТВ-5-Га – Цивилна верзија Ми-8МТВ-5,

Ми-8МТО – Прерађени Ми-8МТ и Ми-МТВ за ноћне нападе,

Ми-8МТПБ – Модел за електронско ометање Ми-17 Хип-Х, Извозна ознака Ми-17ПП,

Ми-8АМТСх (за извоз - Ми-171Сх) – Варијанта са новим великим вратима на десној страни, плочама од кевлара око кокпита и мотора. Неки имају рампу са задње стране. Поседују их још Чешка и Хрватска,

Ми-17 (НАТО – Хип-Х) – Побољшана варијанта Ми-8, покретан с два Климов ТВ3-117МТ турбопроп мотора. Ми-17-1М – Модел за операције на великим висинама, покретан с два ТВ3-117ВМ турбопроп мотора,

Ми-17-ИВ – Војнотранспортни модел означен и као Ми-8МТВ-1.

Ми-17-ИВА – Летећа болница,

Ми-17МД – Хеликоптер за извоз означен и Ми-8МТВ-5, покретан с два Климов ТВ3-117ВМ турбопроп мотора,

Ми-17КФ – Извозни модел премљена новијом авиоником,

Ми-17П – Извозни модел, путнички транспортни хеликоптер,

Ми-17ПГ – Хеликоптер за електронско ометање,

Ми-17ПИ – Хеликоптер за електронско ометање,

Ми-17ПП – Варијанта Ми-17 Хип-Х за електронско ометање. Руска ознака Ми-8МТПБ,

Ми-17АЕ – Пољска верзија за електронско ратовање,

Ми-173-2 – Чешка верзија за електронско ратовање,

Ми-18 – Изворни модел Мил Ми-17,

Ми-19 – Ваздушно командно место тенковских и механизованих јединица,

Ми-19Р – Ваздушно командно место ракетне артиљерије,

Ми-171 – Опремљен снажнијим турбопроп моторима,

Ми-172 – Извозна верзија Ми-8МТВ-3.



За евакуацију становништва Војска Србије данас има два новија хеликоптера Ми-17 и шест Ми-8, преосталих из времена СФРЈ. Мађутим, иако су искусни пилоти успешно одрадили свој посао небројено пута, показало се да су капацитети за овакве акције прилично ограничени. Србији је потребно више оваквих летећих машина, способних за рад у најтежим условима. И наши пилоти оспособљени су за летење у условима на нивоу граничних вредности, посебно када је ветар у питању. Хеликоптер је лагана летелица и ветар може да га носи. То је, често, ограничавало слетање на критичним местима. Велики су ризици када ветар промени правац лета и доведе пилота у критичну ситуацију. Најкомпликованији поступак јесте када пилот не може више да управља летелицом. Треба имати у виду да хеликоптер Ми-8 или Ми-17 могу да превезе просечно око 20 особа у једном лету<sup>5</sup>. У њима се налазе и екипе оспособљене за пружање прве медицинске помоћи. Када је реч о могућностима пилота и летелица, значајан је податак да су, само у спасавању јужно од Зрењанина, у зимским условима и под снажним налетима кошаве летелице оствариле 40 летова, са око 19 сати проведених у ваздушном простору. Евакуисано је 151 лице и превезена 62 путника која су учествовала у акцији спасавања.

Организовану хеликоптерску флоту поседује Хрватска, која тренутно има 63 хеликоптера, затим Федерација БиХ – 31 летелицу, Македонија – 26, а Словенија 16 хеликоптера. То су ремонтвани или нови осавремењени модели. Наводи се да поседују изузетне перформансе за лет у екстремним условима<sup>6</sup>.

Ми-17 се користио у Авганистану, на надморској висини 3.500–4.000 метара, и на температурама од минус 10 степени. Због таквих карактеристика, чак и Американци настоје да ангажују савезничке хеликоптере овог типа у својим активностима. У Бондстилу, на Космету, ови хеликоптери налазе се у саставу хрватских јединица.

Кина, Индија, Бангладеш, Казахстан и друге земље поседују у свом наоружању ту летелицу, а оружане снаге САД купиле су их и за авганистанску армију. Веома је употребљив модел Ми-171Ш, како због различитог наоружања, а уз то поседује хидраулички покретану платформу за укрцавање и искрцавање, што је веома погодно за ситуације када је потребно евакуисати цивилно становништво.

Представници српског РВ и ПВО више пута су напомињали да је нашој војсци потребна ескадрила од 10 до 12 таквих хеликоптера, а Ми-17 је одавно изабран као тип који има најповољнији однос цене и квалитета. Осим малог броја транспортних хеликоптера Ми-8 и Ми-17, Војска Србије користи и око 15 лаких хеликоптера „газела”. Број оперативних примерака варира, а у јавности се често напомиње да постоји проблем с недостатком резервних делова и даљом логистичком подршком.

<sup>5</sup> <http://aviator.rs/samo-osam-helikoptera-za-spasavanje/>

<sup>6</sup> [http://www.b92.net/biz/vesti/srbija.php?yyyy=2016&mm=06&dd=22&nav\\_id=1146653](http://www.b92.net/biz/vesti/srbija.php?yyyy=2016&mm=06&dd=22&nav_id=1146653)

#### *Заједничке вежбе 2015. године*

На вежби БАРС 2015, код руског града Астрахана, док су се наши пилоти МиГ-29 увежбавали у задацима пресретања током заштите ваздушног простора, пилоти хеликоптера обављали су тренажне летове. Оспособљавали су се за дејство у претраживању терена, потрази и за спасавање становништва у условима елементарних непогода. Тада је у близини Новоросијска изведена и заједничка међународна вежба десантних јединица „Словенско братство 2015”.

На летелицама Ми-17, набављеним за српско ваздухопловство, пилоти Војске Србије су у Казању обавили пробне летове. Иако већ поседују богату праксу и искуство на руским војним хеликоптерима, припремили су се за предстојећу употребу тих летелица. Ово је прва набавка за војску Србије од деведесетих година прошлог века.

Хеликоптер Ми-17 налази се у оперативној употреби многих земаља. Наоружан је ненавођеним ракетама и топом. Познат је као безбедна летелица, а одржавање је релативно јефтино. Његова основна намена је превоз војника, односно специјалних снага, али то није његова једина функција. Реч је о вишенаменском хеликоптеру који, како се заиста у пракси видело, једнако добро може употребити за претрагу терена и спасавање војника, али и за сарадњу са цивилним службама за помоћ и спасавање. Један од модела тог хеликоптера поседује дизалицу, којом може да подиже људе. Тако је решен један од највећих проблема који је наша војска имала. Наиме, током поплава 2014. године није било дизалица којима би се људи, који су се налазили на крововима кућа бежећи од водене стихије, подизали у хеликоптере. Нови хеликоптери употребљиви су и за брза дејства у борби са терористима, а у многим армијама користе се за превоз специјалних снага. Хеликоптер тог типа веома је употребљив за допремање терета и за искакање падобранаца, али и за уништавање копнених циљева<sup>7</sup>.

Посебну пажњу заслужује варијанта за спасавање и извлачење оборених пилота не само због посебне опреме и наоружања већ и због система који су прилагођени тој намени.

#### *Хеликоптер за трагање и спасавање оборених пилота*

Развијајући различите верзије и моделе хеликоптера Ми-17 војни стручњаци руководили су се наменом. Иако се развијају вишенаменски хеликоптери транспортно-борбене намене, веома је компликовано и чак несврхисходно начинити универзалну летелицу која би могла да се користи у различитим околностима. Прилагођавање је нужно, како због опреме, наоружања и система који се користе у различитим борбеним и

<sup>7</sup> <https://rs.sputniknews.com/srbija/201604121104799708-helikopteri-srbija-rusija/>

неборбеним активностима. Због тога је велика пажња посвећена модернизацији хеликоптера Ми-17, намењеног за потребе потраге и спасавања. То је урађено са моделом Ми-171Ш.



*Војна верзија летелице Ми-171*

Од стандардне опреме и уређаја у летелицу су уграђени системи за дневно-ноћно управљање и лет под изузетно лошим временским условима. За комуникацију се користи радио-уређај „Баклан-20” и „Коре 1”. За навигацију и оријентацију поседује радио-компас АРК-15М и АРЦ-УД, доплер уређај за контролу брзине узгона и удаљености од тла ДИСС-32-90, вештачки хоризонт АГК-77 и АГП-74Б, радио-висиномер А-037, навигациони систем А-723, као и радар за праћење метеоролошких услова 8А-813 и маркер радио-пријемника А-611. У војној вишенаменској транспортно-борбеној верзији Ми-171Ш, испод репа, уграђени су системи Линеар и АЦО-2 или систем са ознаком П-7. Они служе за снабдевање јединица на тлу пошиљкама из ваздушног простора, спуштањем тешког терета помоћу падобрана. Ти системи обухватају шине за спуштање терета, чекрк и додатну опрему која омогућава избацавање војних возила масе од 3,35 до 9 тона са висине од 300 до 1.500 метара. Систем, такође, може да избацује из транспортног простора различите терете и опрему у контејнерима.

Нови модели хеликоптера поседују и уређаје за инфрацрвено претраживање терена. Поред тога, за специјалне активности у хеликоптер се могу уградити и други уређаји за комуникацију, спектрално

претраживање и откривање људи у зонама претраге, камере које омогућавају визуелну контролу од 360 степени око летелице и снимање из ваздушног простора, монитори за контролу, као и системи за појачавање и филтрирање звука. Хеликоптер има и уређај за одмрзавање лопатица репног ротора. Кабина је заштићена ојачањима, а поседује и ИЦ ометаче против ракета које се наводе на циљ помоћу топлотног записа.

Ми-171А2 <sup>8</sup>		Перформансе
Максимална брзина		280 км/час
Брзина лета у претраживању		260 км/час
Долет са пуним резервоарима		800 км
Максимална висина лета		6000 м
Статички плафон лета		4000 м
Максимална маса при полетању		13000 кг
Маса при полетању са спољним теретом		13500 кг
Максимална носивост	У пртљажном простору	4000 кг
	Испод трупа	5000 кг
Погонски мотори		ВЦ-2500ПС-03
Прикључно вратило		2400 кс
Додатна снага у режиму хитне интервенце		2700 кс
Унутрашње димензије	Дужина	6,36 м
	Ширина	2,34 м
	Висина	1,8 м
	Обим	23 м <sup>3</sup>
Посада		2. особе
Путници		24 човека
Температурни опсег употребе		-50/+50 °С

За противтерористичка дејства у хеликоптерима могу се користити и савремени детектори који могу да уоче кретање људи ноћу, у условима слабе видљивости, скривене особе међу растињем и у урбаним срединама. У тактици употребе предвиђено је и коришћење дронова (квадрикоптера) за детаљно испитивање окружења, прикупљање података од значаја за извршавање задатка, као и и снимање терена. Прво опитно испитивање таквог хеликоптера почело је новембра 2014. године.

Стандардно оружје које је уграђено на свим хеликоптерима, развијаним од Ми-8, јесте топ ГШ-23, калибра 23 мм. Поред тога на шинама са обе стране могуће је поставити вођене и невођене ракете ваздух-земља и ваздух-ваздух<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> <http://www.russianhelicopters.aero/ru/helicopters/civil/mi-171a2/features.html>

<sup>9</sup> <http://rus-guns.com/shturmovoj-voenno-transportny-j-vertolet-mi-8amtsh.html>

Основна верзија Ми-171 хеликоптера прилагођена је за превозење људи и терета и до 4000 кг унутар кабине терета. Међутим, ова летелица поседује и ослонце на које се може закачити терет који се носи испод трупа. Хеликоптер има низак ниво буке и вибрација, а у кабини се ваздух прочишћава и прилагођава условима лета помоћу уређаја за климатизацију. Такође, поседује и боце са кисеоником. На трупу су урађени излази за хитну евакуацију у складу са важећим прописима о сигурности. Постоје варијанте хеликоптера МИ-171А2 ОП-1 за цивилну и МИ-171А2 за војну употребу.

Верзија хеликоптера за трагање и спасавање Ми-171 прилагођена је намени како би се могла ефикасно потраживати одређена територија ради спасавања у различитим метеоролошким условима. За ту намену летелица је опремљена посебном опремом и поседује уграђен рефлектор, витло, звучник, радарски систем, уређаје за оријентацију и ГПС одређивање позиције на терену. Такође, на њега се могу поставити камере за визуелно праћење покрета, ласерски, звучни и други локатори. Верзију за трагање и спасавање користе стручњаци Министарства за ванредне ситуације РФ, као и у различитим земљама широм света.

#### *Гађања на Пасуљанским ливадама*

На полигону „Пасуљанске ливаде” механизована одељења из Прве бригаде Војске Србије изводила су бојева гађања, а затим су припадници Прве и Специјалне бригаде извели тактичко бојево гађање у оквиру вежбе „Вод у нападу”. Припадници Петог батаљона војне полиције реализовали су гађања из митраљеза М-86 са полицијских борбених возила ВПБ М-86. Из хеликоптера Ми-8 и „гама” реализована су бојева гађања циљева на земљи противоклопним ракетама и невођеним ракетама 57 мм, а припадници Специјалне бригаде извели су гађања из ручног ракетног бацача 64 мм.

За потребе морнаричке пешадије израђена је и амфибијска транспортна верзија тог хеликоптера. У теретном простору може бити смештено 30 падобранаца. Амфибијска транспорта верзија на бочним странама трупа има носаче ВХД-57 за причвршћивање „балона” који могу да одржавају хеликоптер на води. На те носаче могу се причврстити и по 4 лансера ракета Нар калибра 57мм или УПК-23-250, као и контејнери са топом ГТ-23Л калибра 23 мм. Могу се поставити и бомбе масе до 500 кг, као и запаљиве бомбе. За дејство из летелице могу се, на предњој и задњој полулопти, наместити два митраљеза ПКТ. Посаде и стрелци заштићени су оклопљеним плочама. За заштиту од ракета ваздух-ваздух и земља-ваздух хеликоптер је опремљен активним и пасивним безбедносним системима МТВ-2.

Неке верзије су, због подешавања за различите намене и могућности коришћења бројних уређаја и система, промениле и изглед, па се тако могу видети летелице са продуженим носним делом, где се смештају радар или систем за ометање. На више модела уочавају се велика клизна врата, чекрци испод трупа, као и додатни резервоари.

Најмодернија варијанта хеликоптера МИ-171А2 представљена је на међународном сајму Хелирусија 2016<sup>10</sup>.

#### *Словенско братство 2016*

Вежба „Словенско братство 2016”, која је уследила након заједничког увежбавања пилота Русије и Србије, несумњиво значајно је допринела војно-тактичком оспособљавању припадника Војске Србије за ефикасно деловање у противтерористичкој борби. На тој вежби, поред наших јединица, учествовали су припадници руских и белоруских специјалних снага, као и специјални авиони ИЛ-76, који су намењени за превоз падобранаца и десантирање у зони дејства. Такође, из те летелице десантиран је и оклопни транспортер. Вежба је добила и мото „Одлучан одговор три војске”, с обзиром на то да је представљала заједнички одговор специјалних противтерористичких јединица три братске државе на оружано деловање терористичких снага.



*Руска беспилотна летелица „тахсион”*

<sup>10</sup> <http://bastion-opk.ru/mi-171%D0%B02/>

Сама вежба почела је на Аеродрому „Ковин“, где су учествовала три војна транспортна авиона „Иљушин ИЛ-76“ и хеликоптери Ми-8Т и Ми-17Б5. Те летелице извеле су десант. Најпре су падобраном из авиона десантирана борбена возила БМД-2, затим је изведен скок падобранске јединице, следила је хеликоптерска подршка и десант главних снага за противтерористичка дејства. Други део вежбе изведен је на полигону „Пасуљанске ливаде“, аутоматизованом стрелишту „Орашац“ и на Аеродрому „Батајница“.

За вежбу је од специјалних јединица три војске формирана је мултинационална борбена група јачине батаљона. Заједничка и тежишна вежба замишљена је као дејство механизоване јединице припадника Копнене војске, у садејству са припадницима РВ и ПВО са хеликоптерима МИ-17 и „газела“ при решавању талачке ситуације. Вежба је изведена на тенковском стрелишту „Орашац“.

У званичном извештају на крају вежбе саопштено је да су коришћени авиони „Иљушин ИЛ-76“, хеликоптери Ми-8 и Ми-17, „газела“ и „гама“, борбена возила пешадије БВП-80, оклопни извиђачки аутомобил БРАМ-2, оклопни транспортери БДМ-2, полицијска борбена возила самоходне хаубице 122 мм, дрoнови и друга средства<sup>11</sup>. У извиђању терена, управљању ватром и за друге потребе припадници руских и белоруских јединица употребили су беспилотну летелицу типа „Тахион“. Део припадника српске војске обучен је током вежбе за управљање том специјалном беспилотном летелицом и упознат је са њеним тактичко-техничким могућностима. Све активности својих јединица руски војници снимали су из ваздушног простора помоћу дрoна „октокоптера“, како ради касне анализе, тако и за потребе унапређивања војне тактике и начина употребе борбених и неборбених средстава<sup>12</sup>.



*Десантирање оклопног транспортера из авиона ИЛ-76МД*

<sup>11</sup> <http://srb.news-front.info/2016/11/07/tri-vojske-ka0-jedna-desantirane-ludstva-i-tehnike-u-okviru-vezhbe-slovensko-bratstvo-2016/>

<sup>12</sup> <https://rs.sputniknews.com/politika/201611071108759219-vezve-slovensko-bratstvo-kovin5/>

Иако нема званичних стручних коментара о значају вежбе, треба истаћи да је ово била прилика да се припадници српске војске суоче са сложеним проблемима међународне сарадње у војним операцијама, посебно у планирању заједничких дејстава, реализацији и синхронизацији појединачних активности<sup>13</sup>.

На значај нових искустава указује чињеница да је било неопходно успоставити тзв. интероперативност три различите војске, у којима се говори различитим језицима, користе специфични називи за опрему, наоружање и тактичка дејства, различит је систем планирања, усклађивања и организовања подршке у борбеним дејствима. Вежбе оружаних снага Србије и Русије одржане су на основу плана билатералне војне сарадње две државе у 2016. години. У Војсци Србије наглашено је да је постигнут циљ – јединице су увежбане за реаговање у различитим безбедносним условима. Приоритет наше војске био је на увежбавању јединица ранга чете, чиме се подиже оперативна способност и капацитет за сарадњу са страним војскама. Свакако, командном кадру Војске Србије добро ће доћи сва та сазнања и стечено искуства у планирању сложених противтерористичких дејстава, припреми и у реализацији договорених активности, и то у мултинационалном окружењу. Први сусрет припадника наше војске са руском опремом захтевао је њено детаљно упознавање, а припадници руске и белоруске војске требало је да се упознају и са тактичко-техничким могућностима наше борбене опреме, технике и наоружања у ограниченом времену. Посебно је било сложено припремити оклопни транспортер за десантирање из авиона, ускладити све поступке и све то успешно реализовати. Поред тога, наши војници упознати су са могућностима падобрана типа „Арбалџет-2 крило”, који користе руски падобранци.

#### *Иљушин ИЛ-76МД, дрoнови и беспилотне летелице*

На вежби су коришћени новији модели авиона ИЛ-76МД-90А, који је развијен из истоимене летелице произведене 1976. године. Наиме, током експлоатације, неки од уочених недостатака показали су да је неопходно унапредити тај модел како би се увећали капацитети превоза терета. То је постигнуто уградњом нових ПС-90А-76 мотора који су снажнији и економичнији. Поред тога, модификовани ИЛ-76МД-90А има нижи ниво буке у складу са новим стандардима. То је летелица која је првенствено намењена за превоз падобранских јединица, војног особља, опреме, кабастих терета, контејнера са специјалном војном опремом, муницијом, наоружањем, резервним деловима и горивом.

<sup>13</sup> [http://www.vs.rs/index.php?news\\_article=c49ed276-8378-102f-8d2f-000c29270931](http://www.vs.rs/index.php?news_article=c49ed276-8378-102f-8d2f-000c29270931); „Устројавањем функције цивилно-војне сарадње у Војсци Србије, она је постала интероперабилна са савременим армијама, о чему сведоче учешће у међународним вежбама...”



*Варијанте ИЛ-76*

Авион ИЛ-76 искоришћен је за изградњу неколико специјалних варијанти:

- А-50 је постао први руски АВАЦС са карактеристикама америчког конкурента;
- ИЛ-76ПП је авион за електронско ратовање опремљен софистицираном електронском опремом и великим агрегатима за производњу електричне енергије;
- ИЛ-78 је авион-танкер;
- ИЛ-76ВКП (ИЛ-82) је „летеће командно место” препознатљиво по великом додатку који заузима целу горњу површину трупа од пилотске кабине до крила. У теретном простору је командно-штабни модул са средствима везе;
- ИЛ-76ЛЛ је летећа лабораторија за проучавање и тестирање различите нове опреме и мотора;
- А-60 носи ласерски топ за уништавање сателита;
- ИЛ-76МДК користи се за тренажу космонаута у условима бестежнског стања;
- модернизовани ИЛ-76МФ има нове и штедљивије моторе ПС-90А.

Кокпит ове летелице је у потпуности осавремењен и у њему су уграђени дигитални уређаји и системи за контролу лета и навигациони инструменти. Основни подаци приказују се на мултифункционалном екрану, где се виде сви подаци за навигацију. Поред тога, кокпит је уграђен у стаклену кабину са одличном прегледношћу. Први лет изведен је 12. октобра 2012. године. Развијен је у „Иљушиновом комплексу за развој авијације ОАО”, а произвођач је „Авиастар-СП ЗАО”.

ИЛ-76 показао је завидну издржљивост у екстремним климатским условима, због чега је постао незаменљив у компанији „Аерофлот” где је коришћен за превоз тешких терета до Сибира. Совјетска авијација је 1974. године увела у наоружање ИЛ-76 као основни транспортни авион у ваздушнодесантним јединицама.

Пажњу заслужује ново искуство које су стекли припадници наше војске у коришћењу беспилотне летелице „Тахион”, као и октокоптера за надгледање и снимање реализованих војних активности. „Тахион” је летелица којом су, према сценарију вежбе, извиђани противнички положаји из непосредне близине.

Летелица „Тахион” први пут је приказана јуна 2014. године, а њене летне и тактичко-техничке могућности представљене су на међународном форуму „Технологија у индустрији машина и уређаја 2014” у Жуковском. Увођење у наоружање започело је крајем 2014. године, а прве летелице добиле су јединице Источног војног округа Руске војске. Нешто касније та летелица уведена је у наоружање других војних округа, где су настављена

испитивања у различитим теренским и метеоролошким условима. Тестирана је и приликом обезбеђења Зимских олимпијских игара у Сочију 2014. године. Априла 2015. уведена је у Северну флоту Ратне морнарице, где су започета оперативна испитивања у борби са подводним диверзантима. Коришћене су за извиђање малих и слабо приметних циљева на обали, мору и под водом. За управљање „Тахиона“ најпре су оспособљени полазници „Центра беспилотне авијације Руске Федерације“.

#### *Циљ и сврха*

Циљ вежбе „Словенско братство 2016“ било је унапређење оперативних способности за решавање тактичких и ватрених задатака у противтерористичкој операцији у вишенационалном окружењу. Изведена је од 3. до 9. новембра на аеродромима и полигонима Србије. Учествовало је 212 припадника ваздушнодесантне војске оружаних снага Русије, 56 оружаних снага војске Белорусије и 450 припадника Војске Србије.

Вежбама је настављена сарадња руских ваздушно-десантних јединица и Специјалне бригаде Војске Србије, започете извођењем вежбе „Срем 2014“ у Никинцима.

Заједничка вежба „Словенско братство“ следеће године одржаће се у Белорусији.

Војна сарадња са Русијом интензивирана је после потписивања споразума 2013. године. Од тада је одржано неколико заједничких вежби у Русији и Србији.

Од 24 заједничке вежбе одржане прошле године две су биле са руском војском, а 22 са западним партнерима. У овој години реализовано је 116 садржаја војне сарадње са НАТО-ом, а од тога са САД 90.

Летелицу је произвела фирма „Ижмаш – беспилотни системи“. Користи се за извиђање дању и ноћу, у блиском реалном времену. Обезбеђује пренос видео слике, а служи и као релеј за интерну комуникацију. Састав комплета чине две беспилотне летелице и измењиви преносиви модули (телекамера, инфрацрвена камера и фото-камера). Управља се преко тзв. земаљске станице за вођење. Ову беспилотну летелицу покреће електромотор, избацује се катапултом, а слеће помоћу падобрана. Летелицом рукују два послужиоца. Електромотор користи за покретање горивне ћелије које производе електричну енергију преко електрохемијског генератора.

Гориво је компресовани водоник, а оксидатор кисеоник из атмосфере. „Тахион“ је специјално развијен за употребу у сложеним климатским условима. Малих је габарита и масе, а може се користити у широком дијапазону висина и температура, као и у условима јаког ветра (до 15 м/с). Максималан врхунац лета износи чак 4000 метара, док је минималан 50 м. Дужина износи свега 610 мм, размах крила два метра, максимална маса је

25 кг, а максималан користан терет (електронска опрема) 5 кг. Радијус дејства је 40 км уз аутономију лета од два часа, максимална брзина је 120 км/час, а крстарећа 65 км/час. Оперативна температура креће се у дијапазону од -30 до +40°C .

#### *Спознаје и искуства*

Вежба „Словенско братство” омогућила је припадницима Војске Србије да спознају како се у одлучном одговору на терористичке активности могу постићи успеси, применом нових метода тактичког планирања, усаглашавања могућности савремене војне технике и способности људства. Стечено је драгоцено искуство да функционалне способности војске, у савременим околностима, захтевају веома стручан, професионални приступ у војном планирању, организацији и извођењу задатака – од прикупљања обавештајно-извиђачких података, преко детаљног организовања и планирања тактичких радњи, до усаглашавања сваког детаља дејства и подршке. Оно што је најзначајније јесу сазнања и искуства која се могу анализирати и на њима изградити и нови начини дејства којима се може постићи већа ефикасност. Овом, као и другим вежбама са руским и белоруским припадницима, наша војска успешно се оспособљава за учешће у мултинационалним операцијама, што је квалитет више у укупној оспособљености оружане силе наше земље. Сарадња, започета годинама раније, проширена је новим садржајима, а наше старешине и војници упознати су и са могућностима руске војне технике. Несумњиво, стечена искуства у војној тактици веома су драгоцене и значајна.

За нас је такође значајно што смо сазнања и искуства о руској тактици и методологији планирања и извођења борбених дејстава могли упоредити и са онима која смо стекли у сарадњи са снагама НАТО-а. Овакве вежбе су прилика да се уочи и прихвати методологија која ће, у нашим условима, допринети већој ефикасности наших оружаних снага у борби, пре свега са терористичким структурама. Свакако, у таквим околностима пружају нам се могућности да спознамо много тога што је већ уобичајена пракса у страним оружаним снагама и у своју обуку јединица и старешина уведемо нове поступке, односно да се увежбамо у коришћењу савремене борбене технике и наоружања и примени ефикасне тактике савременог ратовања.


Овакве вежбе не треба гледати једнострано и разумети да само припадници наших оружаних снага стичу нова сазнања, искуства и обучавају се за вишенационалну војну сарадњу. И суделујуће стране стичу нова искуства и успевају да уопште тактику и методологију оружане борбе, Уосталом, и наша<sup>14</sup>, руска<sup>15</sup> и НАТО<sup>16</sup> упутства о

<sup>14</sup> Metodički priručnik za taktičku obuku pešadije, Beograd, 2011.

<sup>15</sup> <http://base.garant.ru/198025/>

<sup>16</sup> [http://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_49285.htm](http://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_49285.htm)

циљевима војне обуке и оспособљавања разликују се у детаљима и специфичностима. Сврха је свима позната. Неопходна је врхунска оспособљеност за извршавање тзв. наменских војних задатака.

*Никола М. Остојић (Nikola M. Ostojić),*  
e-mail: nikolaos@sbb.rs,  
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0001-8537-931X>

ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА  
 ПРИГЛАШЕНИЕ И ИНСТРУКЦИИ ДЛЈА АВТОРОВ РАБОТ  
 CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

**ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА О НАЧИНУ ПРИПРЕМЕ ЧЛАНКА**

Упутство ауторима о начину припреме чланка за објављивање у *Војнотехничком гласнику* урађено је на основу Акта о уређивању научних часописа, Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије, евиденциони број 110-00-17/2009-01, од 09. 07. 2009. године. Примена овог Акта првенствено служи унапређењу квалитета домаћих часописа и њиховог потпунијег укључивања у међународни систем размене научних информација. Засновано је на међународним стандардима ISO 4, ISO 8, ISO 18, ISO 215, ISO 214, ISO 18, ISO 690, ISO 690-2, ISO 999 и ISO 5122, односно одговарајућим домаћим стандардима.

**Војнотехнички гласник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier** (втг.мо.упр.срб, www.vtg.mod.gov.rs, ISSN 0042-8469 – штампано издање, e-ISSN 2217-4753 – online, UDC 623+355/359) јесте мултидисциплинарни научни часопис Министарства одбране Републике Србије, који објављује научне и стручне чланке, као и техничке информације о савременим системима наоружања и савременим војним технологијама. Часопис прати јединствену интервидовску техничку подршку Војске на принципу логистичке системске подршке, области основних, примењених и развојних истраживања, као и производњу и употребу средстава наоружања и војне опреме, те остала теоријска и практична достигнућа која доприносе усавршавању свих припадника српске, регионалне и међународне академске заједнице, а посебно 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 2014. годину:

за област технолошки развој:

– **на листи часописа за материјале и хемијске технологије:**

категирија водећи научни часопис националног значаја (**M51**),

– **на листи часописа за електронику, телекомуникације и информационе технологије:**

категирија научни часопис националног значаја (**M52**),

– **на листи часописа за машинство:**

категирија научни часопис националног значаја (**M52**),

за област основна истраживања:

– **на листи часописа за математику, рачунарске науке и механику:**

категирија научни часопис националног значаја (**M52**).

Усвојене листе домаћих часописа за 2013. годину могу се видети на сајту Војнотехничког гласника, страница Категоризација часописа.

Детаљније информације могу се пронаћи и на сајту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Подаци о категоризацији могу се пратити и на сајту КОБСОН-а (Конзорцијум библиотека Србије за обједињену набавку).

Категоризација часописа извршена је према Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је прописао Национални савет за научни и технолошки развој (Службени гласник РС, број 38/2008).

У складу са овим правилником и табелом о врсти и квантификацији индивидуалних научноистраживачких резултата (у саставу Правилника), објављени рад у Војнотехничком гласнику вреднује се са 2 бода (категирија М51) и 1,5 бод (категирија М52).

Часопис се прати у контексту Српског цитатног индекса – СЦиндекс (база података домаћих научних часописа) и Руског индекса научног цитирања (РИНЦ). Подвргнут је сталном вредновању (мониторингу) у зависности од утицајности (импакта) у самим базама и, посредно, у међународним (Thompson Reuters) цитатним индексима. Детаљи о индексирању могу се видети на сајту Војнотехничког гласника, страница Индексирање часописа.

Војнотехнички гласник омогућава и примењује Creative Commons (CC BY) одредбе о ауторским правима. Детаљи о ауторским правима могу се видети на сајту часописа, страница **Ауторска права и политика самоархивирања**.

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).

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.

Потребно је да се сви аутори који подносе рукопис за објављивање у Војнотехничком гласнику региструју у регистар ORCID (Open Researcher and Contributor ID), према упутству на страници сајта Регистрација за добијање ORCID идентификационе шифре.

Војнотехнички гласник објављује чланке на српском, енглеском, руском, немачком или француском језику (arial, српска ћирилица или српска латиница, величина слова 11 pt, проред Single).

Поступак припреме, писања и уређивања чланка треба да буде у сагласности 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 неопредно 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.

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 (прештампа-ти), 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.

За слике и графиконе не сме се користити снимак са екрана рачунара програма за прикупљање података. У самом тексту чланка препоручује се употреба слика и графикона непосредно из програма за анализу података (као што су Excel, Matlab, Origin, SigmaPlot и други).

**Навођење (цитирање) у тексту**

Начин позивања на изворе у оквиру чланка мора бити једнообразан.

Војнотехнички гласник за референцирање (цитирање и навођење литературе) примењује Харвардски систем референци, односно Харвардски приручник за стил (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual). У самом тексту, у обичним заградама, на месту на којем се врши позивање, односно цитирање литературе набројане на крају чланка, обавезно у обичној загради написати презиме цитираног аутора, годину издања публикације из које цитирате и, евентуално, број страница. Нпр. (Petrović, 2012, pp.10–12).

Детаљно упутство о начину цитирања, са примерима, дато је на страници сајта Упутство за Харвардски приручник за стил. Потребно је да се позивање на литературу у тексту уради у складу са поменутиим упутством.

Систем ASEESTANT у сврху контроле навођења (цитирања) у тексту користи специјалну алатку CiteMatcher: откривање изостављених цитата у тексту рада и у попису референци.

**Напомене (фусноте)**

Напомене се дају при дну стране на којој се налази текст на који се односе. Могу садржати мање важне детаље, допунска објашњења, назнаке о коришћеним

изворима (на пример, научној грађи, приручницима), али не могу бити замена за цитирану литературу.

#### **Листа референци (литература)**

Цитирана литература обухвата, по правилу, библиографске изворе (чланке, монографије и сл.) и даје се искључиво у засебном одељку чланка, у виду листе референци. Референце се не преводe на језик рада и набрајају се у посебном одељку на крају чланка.

Војнотехнички гласник, као начин исписа литературе, примењује Харвардски систем референци, односно Харвардски приручник за стил (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual).

Литература се обавезно пише на латиничном писму и набраја по 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 (само за ауторе из Републике Србије)**

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.**

Списак рецензената Војнотехничког гласника може се видети на страници сајта Списак рецензената. Процес рецензирања објашњен је на страници сајта Рецензентски поступак.

Адреса редакције:  
Војнотехнички гласник,  
Браће Југовића 19, Дом Војске Србије,  
11000 Београд.  
E-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.

Уредник  
мр *Небојша* Гаћеша, дипл. инж.  
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs  
 <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>  
тел.: 011/3349-497, 064/8080-118

## 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, е-ISSN 2217-4753 – online, UDK 623+355/359, является мультидисциплинарным научным журналом Министерства обороны Республики Сербия, который публикует научные и профессиональные статьи, а также техническую информацию о современных системах вооружения и современных военных технологиях. Журнал следит за единой межвойсковой технической поддержкой вооруженных сил, основанной на принципах системной логистики, за прикладными и инновационными научными исследованиями, в том числе, в области производства военного оборудования и средств вооружения, и за прочими теоретическими и практическими достижениями, которые способствуют профессиональному совершенствованию представителей сербского, регионального и международного академического сообщества, и особенно служащих 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 2014 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».

«Военно-технический вестник» обеспечивает читателям возможность открытого доступа, в соответствии с положениями об авторских правах, утвержденными Creative Commons (CC BY). С инструкцией об авторских правах можно ознакомиться на странице **Авторские права и политика самоархивирования**, перейдя по ссылке <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-ru.html>.

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».

Все авторы, предоставляющие свои рукописи на публикацию в редакцию журнала «Военно-технический вестник» должны пройти регистрацию в реестре ORCID (Open Researcher and Contributor ID), в соответствии с инструкцией на странице сайта Регистрации в реестре ORCID для присвоения идентификационного кода.

Военно-технический вестник выпускает статьи на сербском, русском, английском, немецком или французском языках (Arial, шрифт 11 pt, пробел Single).

Процесс подготовки, написания и редактирования статьи должен осуществляться в соответствии с принципами **Этического кодекса** (<http://www.vtg.mod.gov.rs/etichyeskiy-kodyeks.html>).

Статья должна содержать сюжет с ключевыми словами, введение, разработку, выводы, список использованной литературы и резюме с ключевыми словами на английском языке (без нумерации заголовков и подзаголовков). Объем статьи не должен превышать один авторский лист (16 страниц формата A4 с пробелом Single).

Статья должна быть написана на образце написания статьи, который можно скачать на странице сайта «Правила и образец составления статьи».

### **Заголовок**

Заголовок должен отражать тему статьи. Интересы журнала и автора состоят в использовании слов, удобных для индексации и поиска. Если такие слова не содержатся в заголовке, то желательно добавить и подзаголовок. Заголовок должен быть переведен на английский язык. Эти заголовки пишутся перед сюжетами на соответствующем языке.

**Текущий заголовок**

Текущий заголовок пишется в титуле каждой страницы статьи с целью упрощения идентификации, в первой очереди копий статьей в электронном виде. Содержит в себе фамилию и инициал имени автора (в случае если авторов несколько, остальные обозначаются с «et al.» или «и др.»), заголовки работы и журнала (год, объем, тетрадь, начальная и заключительная страница). Заголовки журнала и статьи могут приводиться в сокращенном виде.

**ФИО автора**

Приводятся полная фамилия и полное имя (всех) авторов. Очень желательно, чтобы были приведены и средние буквы авторов. Фамилия и имя отечественных авторов всегда пишутся в оригинальном виде (с сербскими диакритическими знаками), независимо от языка, на котором работа написана.

**Наименование учреждения автора (аффилиация)**

Приводится полное (официальное) наименование и местонахождение учреждения, в котором работает автор, а также наименование учреждения, в котором автор провел исследование. В случае сложных организаций приводится общая иерархия (напр. Университет обороны в г. Белграде, Военная академия, Кафедра военных электронных систем). По крайней мере, одна из этих организаций в иерархии должна иметь статус юридического лица. В случае если авторов несколько, и если некоторые работают в одном учреждении, нужно отдельными обозначениями или каким-нибудь другим способом указать в каком из приведенных учреждений работает каждый из приведенных авторов. Аффилиация пишется непосредственно после ФИО автора. Должность и квалификация по образованию не указываются.

**Контактные данные**

Почтовый адрес и/или электронный адрес авторов указываются на первой странице статьи.

**Категория (тип) статьи**

Категоризация статьей является обязанностью редакции и имеет особое значение. Категорию статьи могут предлагать рецензенты и члены редакции, т.е. редакторы рубрик, но ответственность за категоризацию несет исключительно главный редактор. Статьи в журналах распределяются по следующим категориям:

Научные статьи:

1. оригинальная научная работа (работа, в которой приводятся раньше неопубликованные результаты собственных исследований научным методом);
2. наглядная работа (работа, содержащая оригинальный, детальный и критический обзор исследовательской проблемы или области, в который автор внес определенный вклад, видимый на основе автоцитат);
3. краткая или предварительная информация (оригинальная научная работа полного формата, но меньшего объема или имеющая предварительный характер);
4. научная критика, т.е. полемика (дискуссия на определенную научную тему, обоснованная исключительно на научной аргументации) и беглые обзоры.

Однако, в некоторых областях научная работа в журнале может иметь форму монографической студии, а также критического издания научного материала (историко-архивного, лексикографического, библиографического, обзора данных и т.п.) – до тех пор неизвестного или недостаточно доступного для научных исследований.

Работы, классифицированные в качестве научных, должны иметь, по меньшей мере, две положительные рецензии.

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 (заголовки, 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 н-

аписана 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.

Для создания изображений и графиков использование функции снимка с экрана (скриншота) не допускается. В самом тексте статьи рекомендуется применение изображений и графиков, обработанных такими программами, как: Excel, Matlab, Origin, SigmaPlot и пр.

#### **Ссылки (цитирование) в тексте**

Оформление ссылок на источники в рамках статьи должно быть однообразным.

Военно-технический вестник для оформления ссылок, цитат и списка использованной литературы пользуется гарвардской системой (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual). В тексте в скобках приводится фамилия цитируемого автора (или фамилия первого автора, если авторов несколько), год издания и по необходимости номер страницы. Например: (Петрович, 2010., pp. 10-20). Рекомендации о способе цитирования размещены на странице сайта «Инструкция по использованию Гарвардского стиля». При оформлении ссылок, цитат и списка использованной литературы необходимо придерживаться установленных норм.

Программа ASEESTANT предоставляет при цитировании возможность использования сервиса CiteMatcher: фиксирование пропущенных цитат в работе и списке литературы.

### Примечания (сноски)

Примечания указываются внизу страницы, на которой находится текст, к которым они относятся. Могут содержать менее важные детали, дополнительные объяснения, указания об использованных источниках (напр. научном материале, справочниках), но не могут быть заменой для цитированной литературы.

### Лист референций (литература)

Цитированной литературой охвачены, как правило, библиографические источники (статьи, монографии и т.п.) и она представляется исключительно в отдельном разделе статьи, в виде листа референций. Референции не переводятся на язык работы.

Военно-технический вестник для оформления списка использованной литературы применяет гарвардскую систему (Harvard Style Manual). В списке литературы источники даются в алфавитном порядке авторов или редакторов. Рекомендации о способе цитирования размещены на странице сайта «Инструкция по использованию Гарвардского стиля». При оформлении списка использованной литературы необходимо придерживаться установленных норм.


Программа ASEESTANT при оформлении списка литературы предоставляет возможность использования сервиса RefFormatter: контроль оформления списка литературы в соответствии со стандартами Гарвардского стиля.

Нестандартное, неполное и непоследовательное приведение литературы в системах оценки журнала считается достаточной причиной для оспаривания научного статуса журнала.

**Все работы подлежат спец. рецензированию, в то время как опубликованные работы и спец. рецензии оплачиваются согласно действующему законодательству.**

Список рецензентов Военно-технического вестника можно посмотреть на странице сайта Список рецензентов. Процесс рецензирования описан на странице сайта Правила рецензирования.

Почтовый адрес редакции:  
«Војнотехнички гласник»,  
11000 Београд, Ул. Браће Југовића 19  
E-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.

РЕДАКТОР  
Кандидат технических наук *Небойша* Гачеша  
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs  
 <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>  
тел: +381 11 3349 497, +381 64 80 80 118



## 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.унр.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 on modern weapon systems and military technologies. The journal covers inter-service technical support to the Army on the principle of logistic system support; fundamental, applied and development research; production and use of weapons and military equipment as well as other theoretical and practical achievements leading to professional development of all members of Serbian, regional and international academic communities, members of the Ministry of Defence and the Army of Serbia in particular.

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 2014

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.

Military Technical Courier enables open access and applies the Creative Commons Attribution (CC BY) licence provisions on copyright. The copyright details can be found on the **Copyright notice and Self-archiving policy** page of the journal's website.

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.

All authors submitting a manuscript for publishing in the Military Technical Courier should register for an ORCID ID following the instructions on the web page Registration for an ORCID identifier.

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 procedures of article preparation, writing and editing should be 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.

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.

For figures and graphs, proper data plot is recommended i.e. using a data analysis program such as Excel, Matlab, Origin, SigmaPlot, etc. It

is not recommended to use a screen capture of a data acquisition program as a figure or a graph.

#### **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.

**All articles are peer reviewed. All authors and reviewers are paid an honorarium on publication of the article.**

The list of referees of the Military Technical Courier can be viewed at website page List of referees. The article review process is described on the Peer Review Process page of the website.

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* MSc  
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs  
 <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>  
tel.: +381 11 3349 497, +381 64 80 80 118

**ОБАВЕШТЕЊА САРАДНИЦИМА И ЧИТАОЦИМА**  
**СООБЩЕНИЯ ДЛЯ ПАРТНЕРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ**  
**INFORMATIONS FOR CONTRIBUTORS AND READERS**

**Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије  
објавило категоризацију Војнотехничког гласника за 2014. годину**

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 2014. годину:

за област технолошки развој:

- на листи часописа за материјале и хемијске технологије: категорија водећи научни часопис националног значаја (М51),
- на листи часописа за електронику, телекомуникације и информационе технологије: категорија научни часопис националног значаја (М52),
- на листи часописа за машинство: категорија научни часопис националног значаја (М52),

за област основна истраживања:

- на листи часописа за математику, рачунарске науке и механику: категорија научни часопис националног значаја (М52).

Усвојене листе домаћих часописа за 2014. годину могу се видети на страници Категоризација часописа (<http://www.vtg.mod.gov.rs/kategorizacija-casopisa.html>).

Детаљније информације могу се пронаћи и на сајту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

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 М51) и 1,5 бод (категирија М52).

**Министерство образования, науки и технологического развития  
Республики Сербия утвердило категоризацию Военно-технического  
вестника за 2014 год**

Министерством 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, 50/06-испр. и 18/10) утверждена категоризация Военно-технического вестника за 2014 год:

Категории в области технологического развития:

- Область материалов и химической технологии: ведущий научный журнал национального значения (М51),

- 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 2014 год можно посмотреть на странице Категоризация вестника (<http://www.vtg.mod.gov.rs/kategorizacia-vestnika.html>).

Более подробную информацию вы можете прочитать на сайте Министерства образования, науки и технологического развития Республики Сербия.

Категоризация журнала 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).

---

#### **Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia classified the Military Technical Courier for the year 2014**

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 2014

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 2014 can be viewed on the web page Journal categorization (<http://www.vtg.mod.gov.rs/journal-categorisation-1.html>).

More detailed information can be found on the website of the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia. 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).

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).

**СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА**  
**СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА**  
**LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER**

**СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА**

<b>Звање, име, средње слово и презиме</b>	<b>Установа и радно место</b>	<b>Област компетенције (научног интересовања)</b>	<b>e-mail, ORCID iD</b>
Пуковник проф. др Марко Д. Андрејић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, начелник катедре логистике	логистика одбране	markodandrejic@hotmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-6753-9786">http://orcid.org/0000-0002-6753-9786</a>
Доц. др Милош Ж. Арсић	Пуковник у пензији	менаџмент саобраћајном подршком	misaarsa@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2003-9880">http://orcid.org/0000-0002-2003-9880</a>
Ванр. проф. др Војислав Ј. Батинић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, катедра војномашинског инжењерства	опште машинске конструкције	beregvojo@yahoo.com, vojislav.batinic@va.mod.gov.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-6786-7846">http://orcid.org/0000-0001-6786-7846</a>
Ванр. проф. др Стеван М. Бербер	Универзитет у Окленду, департман електротехнике и рачунарског инжењеринга, Окленд, Нови Зеланд	телекомуникације, бежичне комуникације, CDMA, OFDM системи, сензорске мреже, рачунарски системи у реалном времену, обрада стохастичких сигнала	s.berber@auckland.ac.nz, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2432-3088">http://orcid.org/0000-0002-2432-3088</a>
Доц. др Радивоје М. Биљић	Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, катедра за телекомуникације	телекомуникације, нападно навигацијски системи ваздухоплова, микроталасна техника, електромагнетика, сателитски системи	biljic@etf.rs
Проф. др Бранислав А. Боровац	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за индустријско инжењерство и менаџмент, катедра за мехатронику, роботiku и аутоматизацију	роботика	borovac@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-7446-1027">http://orcid.org/0000-0001-7446-1027</a>
Проф. др Угљеша С. Бугарић	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за индустријско инжењерство	операциона истраживања, масовно опслуживање, теротехнологија-одржавање, транспортни и складишни системи	ubugaric@mas.bg.ac.rs



Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail, ORCID iD
Проф. др Илија Ћосић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, декан факултета	индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент	ftndean@uns.ac.rs
Пуковник ванр. проф. др Горан Д. Дикић	Универзитет одбране у Београду, проректор за међууниверзитетску и међународну сарадњу	системи аутоматског управљања, праћење циљева, системи вођења и управљања ракета	goran.dikic@mod.gov.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-0858-1415">http://orcid.org/0000-0002-0858-1415</a>
Пуковник доц. др Ненад П. Димитријевић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, руководилац последипломских студија	безбедност у саобраћају, заштита ресурса у саобраћају и транспорту	neshadim@mts.rs
Ванр. проф. др Раденко С. Димитријевић	Пуковник у пензији	експлозивне материје, муниција, убојна средства, пиротехничка безбедност	radenkod@beotel.net
Пуковник проф. др Бобан Д. Ђоровић	Универзитет одбране у Београду, проректор	процеси и методе у саобраћају и транспорту, транспортне мреже, организација транспорта	lukema@ptt.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8133-2389">http://orcid.org/0000-0001-8133-2389</a>
Проф. др Владо П. Ђурковић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, катедра војномашинског инжењерства, начелник одсека заједничких предмета машинства	примењена механика крутог и деформабилног тела	vlado.djurkovic@va.mod.gov.rs, djurkovic.vlado@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5064-4117">http://orcid.org/0000-0002-5064-4117</a>
Ван. проф. др Предраг М. Елек	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за системе наоружања	балистика на циљу, конструкција пројектила, физика експлозије	pelek@mas.bg.ac.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-2927-019X">http://orcid.org/0000-0002-2927-019X</a>
Доц. др Миљко М. Ерић	Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, катедра за телекомуникације, дописни члан Инжењерске академије Србије	телекомуникације, дигитална обрада сигнала, електронско извиђање, радио-гониометрија, антенсики низови, микрофонски низови, arraу процесинг	meric@mts.rs, miljko.eric@etf.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-9410-717X">http://orcid.org/0000-0002-9410-717X</a>
Др Милош Р. Филиповић	научни саветник у пензији	енергетски материјали (експлозиви, пиротехника, барути и ракетна горива, сагоревање, детонација, експлозија)	milosf321@gmail.com

Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail, ORCID iD
Доц. др Зоран Љ. Филиповић	Институт Гоша, научни сарадник	електроника и телекомуникације (авионика, метрологија, телекомуникације)	filipovicz@mts.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-4793-4105">http://orcid.org/0000-0002-4793-4105</a>
Ванр. проф. др Васко Г. Фотев	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за ваздухопловство	погон летелица (авионски и ракетни мотори)	vfotev@mas.bg.ac.rs
Проф. др Катарина Д. Герић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за производно машинство, катедра за материјале и спајање материјала	наука о материјалима, инжењерство материјала, испитивање материјала	gerick@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-5473-8922">http://orcid.org/0000-0001-5473-8922</a>
Пуковник доц. др Љубомир Ј. Гиговић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, катедра природно-математичких наука, руководилац групе наставника за војну географију и топографију	геонауке, геодетско инжењерство	ljgigovic@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8388-3624">http://orcid.org/0000-0002-8388-3624</a>
Проф. др Мирко Ј. Говедарица	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за рачунарство и аутоматику, катедра за системе, сигнале и управљање, руководилац студијског програма геодезија и геоматика	геодезија, геоматика, геоинформатика	miro@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1698-0800">http://orcid.org/0000-0003-1698-0800</a>
Проф. др Јанко Ј. Ходолич	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука	метрологија, квалитет, прибори и еколошко-инжењерски аспекти	hodolic@uns.ac.rs
Пуковник доц. др Слободан С. Илић	Генералштаб, Управа за планирање и развој (Ј-5), Технички опитни центар, директор	системи одржавања, наоружање	slobodan.ilic@vs.rs
Ванр. проф. др Бранислав В. Јакић	Алфа Универзитет Београд, Универзитет за пословне студије Бања Лука (пуковник у пензији)	логистика, квалитет, стандардизација, метрологија, номенклатура, кодификација, технолошки менаџмент, управљање квалитетом	bjakic@yahoo.com

Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail, ORCID iD
Проф. др Слободан С. Јарамаз	Универзитет у Београду, Машински факултет, шеф катедре за системе наоружања	унутрашња балистика, конструкција пројектила, физика експлозије, балистика на циљу, сагоревање барута	sjaramaz@mas.bg.ac.rs
Проф. др Радун Б. Јерemiћ	Пуковник у пензији	муниција, експлозивне материје	radjer@mts.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-1990-2018">http://orcid.org/0000-0002-1990-2018</a>
Доц. др Данко М. Јовановић	Генерал мајор у пензији	управљање производњом, логистика, одржавање техничких система, квалитет, ризици, стандардизација	danko.jovanovic17@gmail.com <a href="http://orcid.org/0000-0001-8813-2267">http://orcid.org/0000-0001-8813-2267</a>
Доц. др Вукица М. Јовановић	Трајн Универзитет, Факултет за инжењерство и технологију, департаман за конструкције и дизајн, Енгола, Индијана, САД	машинство	vukica.jovanovic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8626-903X">http://orcid.org/0000-0002-8626-903X</a>
Потпуковник ванр. проф. др Радован М. Каркалић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, катедра војнохемијског инжењерства	хемијска технологија (нуклеарно-хемијско-биолошка заштита, детекција, идентификација и деконтаминација)	rkarkalic@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8074-7264">http://orcid.org/0000-0002-8074-7264</a>
Проф. др Владимир А. Катић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, продекан	енергетска електроника, електричне машине, електромоторни погони, квалитет електричне енергије, обновљиви извори електричне енергије	katav@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-0138-8807">http://orcid.org/0000-0002-0138-8807</a>
Проф. др Срђан Р. Колаковић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, продекан	грађевинарство – хидротехника	kolak@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-6326-1799">http://orcid.org/0000-0002-6326-1799</a>
Доцент др Мирко С. Козић, виши научни саветник	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, Војнотехнички институт	механика флуида, нумеричка динамика флуида, аеродинамичка оптерећења	mkozic@mts.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-7287-0780">http://orcid.org/0000-0002-7287-0780</a>
Доц. др Никола Л. Лекић	Пуковник у пензији	радарски циљеви, радарске антене, мерење радарских циљева и антена, радарска техника и системи	lekicn@ptt.rs

Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail, ORCID iD
Проф. др Радо М. Максимовић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за индустријско инжењерство и менаџмент, руководилац студијских програма инжењерски менаџмент	производни системи, организација предузећа, развојни процеси у предузећу	rado@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0003-3551-1639">http://orcid.org/0000-0003-3551-1639</a>
Научни саветник др Стеван М. Максимовић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, Војнотехнички институт, начелник одељења чврстоће	чврстоћа конструкција, механика лома, замор, нумеричке методе	s.maksimovic@mts.rs
Др Василије М. Мановић	Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK	заштита животне средине, хемијско инжењерство	vmanovic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8377-7717">http://orcid.org/0000-0002-8377-7717</a>
Потпуковник ванр. проф. др Јаромир Марес	Универзитет одбране у Брну, Чешка Република	логистика, логистичка подршка, заштита животне средине, заштита на раду, процена ризика	james@seznam.cz, <a href="http://orcid.org/0000-0002-1337-3821">http://orcid.org/0000-0002-1337-3821</a>
Проф. др Дејан М. Мицковић	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за системе наоружања	конструкција класичног наоружања, аутоматска оружја, унутрашња балистика	dmickovic@mas.bg.ac.rs
Проф. др Момчило П. Милиновић	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за системе наоружања	ракетни системи, лансери, системи управљања ватром	mmilinovic@mas.bg.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5361-7544">http://orcid.org/0000-0002-5361-7544</a>
Проф. др Зоран Ђ. Миљковић	Универзитет у Београду, Машински факултет, катедра за производно машинство	технологија машинске обраде, роботика, вештачка интелигенција, аутономни системи и машинско учење, вештачке неуронске мреже, интелигентни технолошки системи, методе одлучивања	zmiljkovic@mas.bg.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-9706-6134">http://orcid.org/0000-0001-9706-6134</a>

Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail, ORCID iD
Потпуковник доц. др Срђан Т. Митровић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, катедра војноелектронског инжењерства, начелник одсека за електротехнику и електронику	мобилни роботи, управљање у реалном времену, фази логика, фази управљање, микропроцесорски системи, управљање системима (аутоматика), алгоритми навигације возила, бродски борбени и навигациони системи	srdjan.mitrovic@va.mod.gov.rs, http://orcid.org/0000-0002-1287-2792
Потпуковник доц. др Славко Р. Муждека	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, катедра војномашинског инжењерства, шеф одсека за борбена возила	моторна возила, борбена возила	msslavko@beotel.net, http://orcid.org/0000-0002-6189-9473
Др Младен Д. Пантић	Пуковник у пензији	борбена возила	emily983@sbb.rs
Пуковник Зоран С. Патић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије	логистика, одржавање, снабдевање, пројектовање организације логистичких система	zpatic@yahoo.co.uk
Пуковник доц. др Сретен Р. Перић	Универзитет одбране у Београду, начелник катедре војномашинског инжењерства	технологија одржавања моторних возила	sretenperic@yahoo.com
Проф. др Славко Ј. Покорни	Висока школа струковних студија за информационе технологије у Београду, помоћник директора (пуковник у пензији)	поузданост, расположивост и одржавање система (хардвер, софтвер, човек), примена инфрацрвеног зрачења, информационе и комуникационе технологије	slavko.pokorni@its.edu.rs, http://orcid.org/0000-0002-3173-597X
Проф. др Мирослав В. Поповић	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, катедра за рачунарску технику	рачунарска техника и комуникације (инжењеринг система заснованих на рачунарима)	miroslav.popovic@rt-rk.com, http://orcid.org/0000-0001-8385-149X
Проф. др Југослав Р. Радуловић	Факултет за менаџмент малих и средњих предузећа, Београд (пуковник у пензији)	муниција, менаџмент, квалитет	jugoslav.radulovic@gmail.com, jugoslav.radulovic@mef.edu.rs, http://orcid.org/0000-0002-4003-7209

Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail, ORCID iD
Научни саветник проф. др Душан С. Рајић	Пуковник у пензији	противхемијска заштита, оружје за масовно уништавање (НХБ борбена средства), теорија решавања иновативних задатака	rajic.dusan1@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5226-4089">http://orcid.org/0000-0002-5226-4089</a>
Пуковник доц. др Зоран М. Рајић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, директор Војнотехничког института	аеродинамика	rajic_zoran@yahoo.com
Пуковник ванр. проф. др Миодраг Д. Регодић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, начелник катедре природно-математичких наука	геонауке, геодетско инжењерство	mregodic62@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0003-4675-4150">http://orcid.org/0000-0003-4675-4150</a>
Др Милорад Д. Савковић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, Војнотехнички институт	ракетни мотори, ракетна и бестрзајна средства за ПО борбу	savkovic.milorad@gmail.com
Проф. др Драгољуб Ј. Секуловић	Универзитет Унион – Никола Тесла, Факултет за пословне студије и право, катедра за безбедност (пуковник у пензији)	геонауке, геодетско инжењерство	sekulovicdr@yahoo.co.uk, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1617-1296">http://orcid.org/0000-0003-1617-1296</a>
Др Срећко С. Стопић	Технички универзитет у Ахену, СР Немачка, Институт за процесну металургију и рециклирање метала, научни саветник, вођа групе за хидрометалургију и нанотехнологију	хидрометалургија, нанотехнологија, хемијске синтезе, рециклирање, заштита животне средине	stopic2003@yahoo.de, <a href="http://orcid.org/0000-0002-1752-5378">http://orcid.org/0000-0002-1752-5378</a>

Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail, ORCID iD
Проф. др Томислав Б. Шекара	Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, катедра за сигнале и системе	управљање процесима са концентрисаним и распоређеним параметрима, оптимални индустријски регулатори, фракциони закони управљања са применом у индустрији, карактеризација процеса, адекватна дискретизација и обрада сигнала, сензори и актуатори, компензација и уштеда електричне енергије у дистрибутивним електроенергетским системима	tomi@etf.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8031-3135">http://orcid.org/0000-0001-8031-3135</a>
Проф. др Драган Д. Шешлија	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за индустријско инжењерство и менаџмент, катедра за мехатронику, роботiku и аутоматизацију	мехатроника, роботика, аутоматизација	seslija@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2133-008X">http://orcid.org/0000-0002-2133-008X</a>
Пуковник ванр. проф. др Горан П. Шимић	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, начелник Центра за симулације и учење на даљину	информатика и рачунарство	gshimic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-7563-699X">http://orcid.org/0000-0002-7563-699X</a>
Проф. др Владимир С. Шкиљаица	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, департман за саобраћај, катедра за технологије транспортних система	технологија водног саобраћаја, бродови, безбедност пловидбе	vlaski@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-9086-4667">http://orcid.org/0000-0002-9086-4667</a>
Проф. др Љубиша К. Танчић	Пуковник у пензији	унутрашња балистика, наоружање	ljtancic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1242-9333">http://orcid.org/0000-0003-1242-9333</a>
Проф. др Бранко М. Тешановић	Пуковник у пензији	општа логистика	brate@verat.net, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2409-9418">http://orcid.org/0000-0002-2409-9418</a>

Звање, име, средње слово и презиме	Установа и радно место	Област компетенције (научног интересовања)	e-mail, ORCID iD
Потпуковник доц. др Иван А. Тот	Универзитет одбране у Београду, Војна академија, катедра телекомуникација и информатике, руководилац групе за информационалне системе	базе података, информациони системи, заштита информационог система	totivan@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5862-9042">http://orcid.org/0000-0002-5862-9042</a>
Научни саветник проф. др Драгољуб А. Вујић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, Војнотехнички институт	примењена механика, дијагностика, софистицирани системи одржавања техничких система	vujicd@eunet.rs, dragoljub.vujic@vti.vs.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-6999-6828">http://orcid.org/0000-0001-6999-6828</a>
Генерал мајор ванр. проф. др Младен М. Вуруна	Универзитет одбране у Београду, ректор	војно-хемијско инжењерство (погонска средства, токсиколошка средства, заштита од НХБ оружја, заштита животне средине)	mladenvuruna@yahoo.com <a href="http://orcid.org/0000-0002-3558-4312">http://orcid.org/0000-0002-3558-4312</a>
Генерал мајор проф. др Бојан М. Зрнић	Министарство одбране, Сектор за материјалне ресурсе, Управа за одбрамбене технологије, начелник управе	сензорски системи, стратегијско планирање	bojan.zrnica@vs.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-0961-993X">http://orcid.org/0000-0002-0961-993X</a>



## СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ ЖУРНАЛА «ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК»

Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID iD
Полковник проф. д.н. Марко Д. Андреич	Университет Обороны в Белграде, Военная академия, зав. кафедрой Логистика	логистика обороны	markodandrejic@hotmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-6753-9786">http://orcid.org/0000-0002-6753-9786</a>
Доц. д.н. Милош Ж. Арсич	Полковник в отставке	менеджмент транспортной поддержки	misaarsa@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2003-9880">http://orcid.org/0000-0002-2003-9880</a>
Пригл. проф. д.н. Воислав Й. Батинич	Университет Обороны в Белграде, Военная академия, кафедра военно-машиностроительной инженерии	общие машиностроительные конструкции	beregvojo@yahoo.com vojislav.batinic@va.mod.gov.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-6786-7846">http://orcid.org/0000-0001-6786-7846</a>
Пригл. проф. д.н. Стеван М. Бербер	Университет в Окленде, департамент электротехники и компьютерного инжиниринга, Окленд, Новая Зеландия	телекоммуникации, беспроводные сети, CDMA, OFDM системы, сенсорные сети, вычислительные системы в реальном времени, обработка стохастических сигналов	s.berber@auckland.ac.nz, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2432-3088">http://orcid.org/0000-0002-2432-3088</a>
Доц. д.н. Радивоє М. Билич	Университет в Белграде, Электротехнический факультет, кафедра Телекоммуникации	телекоммуникации, системы пилотажно-навигационного нападения, микроволновая техника, электромагнитное оборудование, спутниковые системы	biljic@etf.rs
Проф. д.н. Бранислав А. Боровац	Университет в г. Нови Сад, Факультет технических наук, департамент промышленной инженерии и менеджмента, кафедра мехатроники, роботехники и автоматизации	роботехника	borovac@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-7446-1027">http://orcid.org/0000-0001-7446-1027</a>
Проф. д.н. Углеша С. Бугарич	Университет в Белграде, Машиностроительный факультет, кафедра промышленной инженерии	операционные исследования, массовое обслуживание, теротехнология-обслуживание, транспортно-складские системы	ubugaric@mas.bg.ac.rs
Проф. д.н. Илия Чосич	Университет в г. Нови Сад, Факультет технических наук, декан факультета	промышленная инженерия и инженерный менеджмент	ftndean@uns.ac.rs

Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID ID
Полковник пригл. проф. д.н. Горан Д. Дикич	Университет обороны в Белграде, проректор по междууниверситетскому и международному сотрудничеству	системы автоматического управления и наблюдения, системы наводки и телеуправления ракетами	goran.dikic@mod.gov.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-0858-1415">http://orcid.org/0000-0002-0858-1415</a>
Полковник доц. д.н. Ненад П. Димитриевич	Университет обороны в Белграде, Военная академия, руководитель отдела аспирантуры	безопасность на транспорте, защита ресурсов на транспорте	neshadim@mts.rs
Пригл. проф. д.н. Раденко С. Димитриевич	Полковник в отставке	взрывчатые вещества, боевые припасы, средства поражения, пиротехническая безопасность	radenkod@beotel.net
Полковник проф. д.н. Бобан Д. Джорович	Университет обороны в Белграде, проректор	транспортные процессы и методы, транспортные сети, организация транспорта	lukema@ptt.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8133-2389">http://orcid.org/0000-0001-8133-2389</a>
Проф. д.н. Владо П. Джуркович	Университет обороны в Белграде, Военная академия, кафедра военно-машиностроительной инженерии, начальник департамента общего машиностроительного оборудования	прикладная механика твердых и деформируемых тел	vlado.djurkovic@va.mod.gov.rs, djurkovic.vlado@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5064-4117">http://orcid.org/0000-0002-5064-4117</a>
Пригл. проф. д.н. Предраг М. Елек	Университет в Белграде, Машиностроительный факультет, Кафедра системы вооружения	баллистика и целевое назначение, конструкция снаряда, физика взрыва	pelek@mas.bg.ac.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-3558-4312">http://orcid.org/0000-0002-3558-4312</a>
Доц. Д.н. Милько М. Ерич	Университет в Белграде, Электротехнический факультет, кафедра телекоммуникаций, член-корреспондент Инженерной Академии Сербии	телекоммуникации, цифровая обработка сигналов, электронная разведка, радиогониометрия, антенные системы, микрофонные системы, array processing	meric@mts.rs, miljko.eric@etf.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-2927-019X">http://orcid.org/0000-0002-2927-019X</a>
Д.н. Милош Р. Филипович	научный советник на пенсии	энергетические материалы (взрывчатые вещества, пиротехника, пороха и ракетные топлива, сгорание, детонация, взрыв)	milosf321@gmail.com

Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID ID
Доц. д.н. Зоран Л. Филипович	Институт Гоша, Научный сотрудник	электроника и телекоммуникации (авионика, метрология, телекоммуникации)	filipovicz@mts.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-4793-4105">http://orcid.org/0000-0002-4793-4105</a>
Пригл. проф. д.н. Васко Г. Фотев	Университет в Белграде, Машиностроительный факультет, кафедра авиации	приводы летательных аппаратов (двигатели для самолетов и вертолетов)	vfotev@mas.bg.ac.rs
Проф. д.н. Катарина Д. Герич	Университет в г. Нови Сад, Факультет технических наук, департамент машиностроительное производство, кафедра Материалы и соединение материалов	наука о материалах, инженерия материалов, испытание материалов	gerick@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-5473-8922">http://orcid.org/0000-0001-5473-8922</a>
Полковник доц. д.н. Любомир И. Гивович	Университет обороны в Белграде, Военная академия, кафедра естественных наук, руководитель группы преподавателей в области военной географии и топографии	геонауки, инженерная геодезия	ljgigovic@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8388-3624">http://orcid.org/0000-0002-8388-3624</a>
Проф. д.н. Миро И. Говедарица	Университет в г. Нови Сад, Факультет технических наук, департамент информатики и автоматике, кафедра Системное управление сигналами, руководитель профильной программы Геодезия и геоматика	геодезия, геоматика, геоинформатика	miro@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1698-0800">http://orcid.org/0000-0003-1698-0800</a>
Проф. д.н. Янко И. Ходолич	Университет в г. Нови Сад, Факультет технических наук	метрология, качество, приборы и экологические и инженерные аспекты	hodolic@uns.ac.rs
Полковник доц. д.н. Слободан С. Илич	Генштаб, Управление планирования и развития (J-5), Технички опытно-проектный центр, директор	системы обеспечение, вооружение	slobodan.ilic@vs.rs
Пригл. проф. д.н. Бранислав В. Якич	«Алфа» Университет в Белграде, Университет бизнеса Баня Лука (полковник в отставке)	логистика, качество, стандартизация, метрология, номенклатура, кодификация, технологический менеджмент управление качеством	bjakic@yahoo.com

Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID ID
Проф. д.н. Слободан С. Ярамаз	Университет в Белграде, Машиностроительный факультет, зав.кафедрой Системы вооружения	внутренняя баллистика, конструкция снарядов, физика взрыва, целевая баллистика, сгорание пороха	sjaramaz@mas.bg.ac.rs
Проф. д.н. Радун Б. Еремич	Полковник в отставке	боеприпасы, взрывчатые вещества	radjer@mts.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-1990-2018">http://orcid.org/0000-0002-1990-2018</a>
Доц. д.н. Данко М. Иванович	Генерал-майор в отставке	управление производством, логистика, обеспечение технических систем, качество, риски, стандартизация	danko.jovanovic17@gmail.com <a href="http://orcid.org/0000-0001-8813-2267">http://orcid.org/0000-0001-8813-2267</a>
Доц. д.н. Вукица М. Иванович	«Трайн» Университет, Факультет инженерии и технологии, департамент Конструкции и дизайн, Энгола, Штат Индиана, США	машиностроение	vukica.jovanovic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8626-903X">http://orcid.org/0000-0002-8626-903X</a>
Подполковник пригл. проф. д.н. Радован М. Каркалич	Университет обороны в Белграде, Военная академия, кафедра военно-химическая инженерия	Химические технологии (ядерно-химическо-биологическая защита, обнаружение, идентификация и обезвреживание)	rkarkalic@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8074-7264">http://orcid.org/0000-0002-8074-7264</a>
Проф. д.н. Владимир А. Катич	Университет в г.Нови Сад, Факультет технических наук, зам. декана факультета	энергетическая электроника, электрические машины, электродвигательные приводы, качество электроэнергии, возобновляемые источники энергии	katav@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-0138-8807">http://orcid.org/0000-0002-0138-8807</a>
Проф. д.н. Срджан Р. Колакович	Университет в г.Нови Сад, Факультет технических наук, зам. декана	строительство – гидротехника	kolak@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-6326-1799">http://orcid.org/0000-0002-6326-1799</a>
Доцент др Мирко С. Козич, высший научный советник	Министерство обороны, Сектор по материальным ресурсам, Управление оборонной технологии, Военно-технический институт	механика флюидов, вычислительная динамика флюидов, аэродинамическая нагрузка	mkozic@mts.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-7287-0780">http://orcid.org/0000-0002-7287-0780</a>
Доц. д.н. Никола Л. Лекич	Полковник в отставке	радиолокационные цели, радиолокационные антенны, измерение РЛС целей и антенн, радиолокационные системы и техника	lekicn@ptt.rs

Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID ID
Проф. д.н. Радо М. Максимович	Университет в г. Нови Сад, Факультет технических наук, Департамент промышленной инженерии и менеджмента, руководитель профильной программы инженерный менеджмент	производственные системы, организация предприятия, процессы развития на предприятии	rado@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0003-3551-1639">http://orcid.org/0000-0003-3551-1639</a>
Научный советник др Стеван М. Максимович	Министерство обороны, Сектор по материальным ресурсам, Управление оборонной технологии, Военно-технический институт, начальник отдела твердых тел	прочные конструкции, механика повреждений, усталость, вычислительные методы	s.maksimovic@mts.rs
Д.н. Василий М. Манович	Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK	охрана окружающей среды, химическая инженерия	vmanovic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8377-7717">http://orcid.org/0000-0002-8377-7717</a>
Подполковник пригл. проф. д.н. Яромир Марес	Университет Обороны в г.Брно, Чехия	логистика, логистическая поддержка, охрана окружающей среды, охрана труда, оценка рисков	jarmes@seznam.cz, <a href="http://orcid.org/0000-0002-1337-3821">http://orcid.org/0000-0002-1337-3821</a>
Проф. д.н. Деян М. Мицкович	Университет в Белграде, Машиностроительный факультет, кафедра системы вооружения	конструкция классического вооружения, автоматическое оружие, внутренняя баллистика	dmickovic@mas.bg.ac.rs
Проф. д.н. Момчило П. Милинович	Университет в Белграде, Машиностроительный факультет, кафедра системы вооружения	ракетные системы, ракетные установки, системы управления залповым огнем	mmilinovic@mas.bg.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5361-7544">http://orcid.org/0000-0002-5361-7544</a>

Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID ID
Проф. д.н. Зоран Дж. Милькович	Университет в Белграде, Машиностроительный факультет, кафедра производственных машин	технология машинной обработки, роботехника, искусственный интеллект, автономные системы и машинное обучение, искусственные нейронные сети, интеллектуальные технологические системы, методы принятия решений	zmiljkovic@mas.bg.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-9706-6134">http://orcid.org/0000-0001-9706-6134</a>
Подполковник доц. д.н. Срджан Т. Митрович	Университет обороны в Белграде, Военная академия, кафедра военно-электронной инженерии, начальник департамента электротехники и электроники	мобильные роботы, управление в реальном времени, фаззи логика, фаззи управление, микропроцессорные системы, управление системами (автоматика), алгоритмы навигации транспорта, навигационные системы для судов и боевого транспорта	srdjan.mitrovic@va.mod.gov.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-1287-2792">http://orcid.org/0000-0002-1287-2792</a>
Подполковник доц. др.н Славко Р. Муждека	Университет обороны в Белграде, Военная академия, кафедра военного машиностроения, зав. отделением боевого транспорта	транспортные средства, боевые транспортные средства	msslavko@beotel.net, <a href="http://orcid.org/0000-0002-6189-9473">http://orcid.org/0000-0002-6189-9473</a>
Проф. д.н. Младен Д. Пантич	Полковник в отставке	боевые транспортные средства	emily983@sbb.rs
Полковник Зоран С. Патич	Министерство обороны, Сектор по материальным ресурсам, Управление оборонной технологии	логистика, обеспечение, снабжение, проектирование организаций логистических систем	zpatic@yahoo.co.uk
Полковник доц. д.н. Сретен Р. Перич	Университет обороны в Белграде, зав. кафедрой военного машиностроения	технология содержания и ремонта транспортных средств	sretenperic@yahoo.com

Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID ID
Проф. д.н. Славко Й. Покорни	Высшая школа профессионального обучения по информационным технологиям в Белграде, зам. директора (полковник в отставке)	надежность, доступ и обеспечение систем (аппаратное и программное обеспечение, человек), применение инфракрасного излучения, информационные и коммуникационные технологии	slavko.pokorni@its.edu.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-3173-597X">http://orcid.org/0000-0002-3173-597X</a>
Проф. д.н. Мирослав В. Попович	Университет в г.Нови Сад, Факультет технических наук, кафедра вычислительной техники	Вычислительная техника и коммуникации (инжиниринг система, основанная на вычислительной технике)	miroslav.popovic@rt-rk.com, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8385-149X">http://orcid.org/0000-0001-8385-149X</a>
Проф. д.н. Югослав Р. Радулович	Факультет менеджмента малых и средних предприятий, г. Белград (полковник в отставке)	боеприпасы, менеджмент, качество	jugoslav.radulovic@gmail.com, jugoslav.radulovic@mef.edu.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-4003-7209">http://orcid.org/0000-0002-4003-7209</a>
Научный советник проф. д.н. Душан С. Раич	Полковник в отставке	химическая защита, оружие массового уничтожения (РХБ боевые средства), теория решений инновационных задач	rajic.dusan1@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5226-4089">http://orcid.org/0000-0002-5226-4089</a>
Полковник доц. д.н. Зоран М. Раич	Министерство обороны, Сектор по материальным ресурсам, Управление оборонной технологии, директор Военно-технического института	аэродинамика	rajic_zoran@yahoo.com
Полковник пригл. проф. д.н. Миодраг Д. Регодич	Университет обороны в Белграде, Военная академия, зав. Кафедрой естественных наук	геонауки, инженерная геодезия	mregodic62@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0003-4675-4150">http://orcid.org/0000-0003-4675-4150</a>
Д.н. Милорад Д. Савкович	Министерство обороны, Сектор по материальным ресурсам, Управление оборонной технологии Военно-технический институт	ракетные двигатели, ракетная и безоткатное оборонная техника	savkovic.milorad@gmail.com

Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID ID
Проф. д.н. Драголюб Й. Секулович	Университет «Унион – Никола Тесла», Факультет бизнеса и юридических наук, кафедра Безопасность (полковник в отставке)	геонауки, инженерная геодезия	sekulovicdr@yahoo.co.uk, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1617-1296">http://orcid.org/0000-0003-1617-1296</a>
Д.н. Сречко С. Стопич	Технический университет в г. Ахен, СР Германия, Институт процессной металлургии и рециклирования металла, научный советник, руководитель группы по гидрометаллургии и нанотехнологиям	гидрометаллургия, нанотехнологии, химический синтез, рециклирование, охрана окружающей среды	stopic2003@yahoo.de, <a href="http://orcid.org/0000-0002-1752-5378">http://orcid.org/0000-0002-1752-5378</a>
Проф. д.н. Томислав Б. Шекара	Университет в Белграде, Электротехнический факультет, кафедра Сигналы и системы	управление процессами концентрированных и распределенных параметров, оптимальные промышленные регуляторы, фракционные методы управления в промышленном секторе, характеристика процессов, соответствующая дискретизация и обработка сигналов, сенсоры и актуаторы, компенсация и сбережение электроэнергии в распределительных электроэнергетических системах	tomi@etf.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8031-3135">http://orcid.org/0000-0001-8031-3135</a>
Проф. д.н. Драган Д. Шешлия	Университет в г.Нови Сад, Факультет технических наук, Департамент промышленная инженерия и менеджмент, кафедра мехатроники, роботехники и автоматизации	мехатроника, роботехника, автоматизация	seslija@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2133-008X">http://orcid.org/0000-0002-2133-008X</a>



Звание, имя, отчество, фамилия	Учреждение и занимаемая должность	Область компетенции (научные поля)	e-mail, ORCID ID
Полковник пригл. проф. д.н. Горан П. Шимиц	Университет обороны в Белграде, Военная академия, начальник Центра моделирования и дистанционного обучения	информатика вычислительная техника	gshimic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-7563-699X">http://orcid.org/0000-0002-7563-699X</a>
Проф. д.н. Владимир С. Шкиляца	Университет в г.Нови Сад, Факультет технических наук, Департамент транспорта, кафедра Технологии транспортных средств	технология водного транспорта, суда, безопасность плавания	vlaski@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-9086-4667">http://orcid.org/0000-0002-9086-4667</a>
Проф. д.н. Любиша К. Танчич	Полковник в отставке	внутренняя баллистика, вооружение	ljtancic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1242-9333">http://orcid.org/0000-0003-1242-9333</a>
Проф. д.н. Бранко М. Тешанович	Полковник в отставке	общая логистика	brate@verat.net, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2409-9418">http://orcid.org/0000-0002-2409-9418</a>
Подполковник доц. д.н. Иван А. Тот	Университет обороны в Белграде, Военная академия, руководитель группы по информационным системам кафедры телекоммуникации и информатика	базы данных, информационные системы, защита информационных систем	totivan@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5862-9042">http://orcid.org/0000-0002-5862-9042</a>
Научный советник проф. д.н. Драголюб А. Вуич	Министерство обороны, Сектор по материальным ресурсам, Управление оборонной технологии, Военно-технический институт	прикладная механика, диагностика, софистицированные системы обеспечения технических систем	vujicd@eunet.rs, dragoljub.vujic@vti.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-6999-6828">http://orcid.org/0000-0001-6999-6828</a>
Генерал-майор пригл. проф. д.н. Младен М. Вуруна	Университет обороны в Белграде, ректор	военно-химическая инженерия (приводные средства, токсикологические средства, защита от РХБ оружия, охрана окружающей среды)	mladenvuruna@yahoo.com <a href="http://orcid.org/0000-0002-3558-4312">http://orcid.org/0000-0002-3558-4312</a>
Генерал-майор проф. д.н. Боян М. Зрнич	Министерство обороны, Сектор по материальным ресурсам, Управление оборонной технологии, начальник управления	сенсорные системы, стратегическое планирование	bojan.zrnic@vs.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-0961-993X">http://orcid.org/0000-0002-0961-993X</a>

### LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail, ORCID iD
Professor Colonel Marko D. Andrejić, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Head of Logistics Department	Military logistics	markodandrejic@hotmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-6753-9786">http://orcid.org/0000-0002-6753-9786</a>
Assistant Professor Miloš Ž. Arsić, PhD	Retired colonel	Transportation support management	misaarsa@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2003-9880">http://orcid.org/0000-0002-2003-9880</a>
Associate Professor Vojislav J. Batinić, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering	General mechanical engineering constructions	beregvojo@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0001-6786-7846">http://orcid.org/0000-0001-6786-7846</a>
Associate Professor Stevan M. Berber, PhD	The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand, Senior Lecturer	Telecommunications, wireless communications, CDMA, OFDM systems, sensor network, computer system in real-time processing of stochastic signals	s.berber@auckland.ac.nz, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2432-3088">http://orcid.org/0000-0002-2432-3088</a>
Assistant Professor Radivoje M. Biljić, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department of Telecommunications	Telecommunications, navigation/attack systems, electromagnetics, satellite systems	biljic@etf.rs
Professor Branislav A. Borovac, PhD	University in Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Chair for Mechatronics, Robotics and Automation	Robotics	borovac@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-7446-1027">http://orcid.org/0000-0001-7446-1027</a>
Professor Uglješa S. Bugarić, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department for Industrial Engineering	Operational research, queuing theory, terotechnology – maintenance, transportation and storage systems	ubugaric@mas.bg.ac.rs
Professor Ilija Čosić, PhD	University in Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dean of the Faculty	Industrial Engineering and engineering management	ftndean@uns.ac.rs

СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА / СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ / LIST OF REFEREES pp. 293–318

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail, ORCID ID</b>
Associate Professor Colonel Goran D. Dikić, PhD	University of Defence in Belgrade, Vice Dean for Interuniversity and International Cooperation	Automatic control systems, target tracking, missile guidance and control systems	goran.dikic@mod.gov.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-0858-1415">http://orcid.org/0000-0002-0858-1415</a>
Assistant Professor Colonel Nenad P. Dimitrijević, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Director of Postgraduate Studies	Traffic safety, protection of resources in traffic and transportation	neshadim@mts.rs
Associate Professor Radenko S. Dimitrijević, PhD	Retired colonel	Ordnance, ammunition	radenkod@beotel.net
Professor Colonel Boban D. Đorović, PhD	University of Defence in Belgrade, Vice Dean	Processes and methods in traffic and transportation, transportation networks, transport organization	lukema@ptt.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8133-2389">http://orcid.org/0000-0001-8133-2389</a>
Professor Vlado P. Đurković, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering, Head of Faculty Staff Teaching General Subjects in Mechanical Engineering	Applied mechanics of rigid and deformable body	vlado.djurkovic@va.mod.gov.rs, djurkovic.vlado@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5064-4117">http://orcid.org/0000-0002-5064-4117</a>
Associate Professor Predrag M. Elek, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Terminal ballistic, Projectile construction, Physics of explosion	pelek@mas.bg.ac.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-2927-019X">http://orcid.org/0000-0002-2927-019X</a>
Assistant Professor Miljko M. Erić, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department of Telecommunications, corresponding member of Engineering Academy of Serbia	Telecommunications, digital signal processing, electronic reconnaissance, radio direction finding, antenna arrays, microphone arrays, array processing	meric@mts.rs, miljko.eric@etf.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-9410-717X">http://orcid.org/0000-0002-9410-717X</a>
Scientific Advisor Miloš R. Filipović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute, Head of Sector for Materials and Protection	Ordnance (explosives, pyrotechnics, gunpowders and rocket propellants, combustion, detonation, explosion)	milosf321@gmail.com

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail, ORCID iD</b>
Assistant Professor Zoran Lj. Filipović, PhD	Goša Institute Research Fellow	Electronics and telecommunications (avionics, metrology, telecommunications)	filipovicz@mts.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-4793-4105">http://orcid.org/0000-0002-4793-4105</a>
Associate Professor Vasko G. Fotev, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Aviation	Aircraft propulsion (aircraft and rocket engines)	vfotev@mas.bg.ac.rs
Professor Katarina D. Gerić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Production Engineering, Chair of Materials and Technology of Connection	Materials science, materials engineering, materials testing	gerick@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-5473-8922">http://orcid.org/0000-0001-5473-8922</a>
Assistant Professor Colonel Ljubomir J. Gigović, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Department of Natural and Mathematical Sciences, Head of Faculty Staff Teaching Military Geography and Topography	Geosciences, geodetic engineering	ljgigovic@yahoo.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8388-3624">http://orcid.org/0000-0002-8388-3624</a>
Professor Miro J. Govedarica, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Computing and Automatics, Head of the study program Geodesy and Geomatics	Geodesy, Geomatics, Geoinformatics	miro@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1698-0800">http://orcid.org/0000-0003-1698-0800</a>
Professor Janko J. Hodolić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences	Metrology, quality, tools and ecological-engineering aspects	hodolic@uns.ac.rs
Assistant Professor Colonel Slobodan S. Ilić, PhD	General Staff of the Armed Forces of Serbia, Planning and Development Directorate (J-5), Technical Test Center, Director	Maintenance systems, armament	slobodan.ilic@vs.rs
Associate Professor Branislav V. Jakić, PhD	Retired colonel, Alpha University Belgrade, University of Business studies Banja Luka	Logistics, quality, standardisation, metrology, nomenclature, codification, technology management, quality management	bjakic@yahoo.com

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail, ORCID ID</b>
Professor Slobodan S. Jaramaz, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Head of Department of Weapon Systems	Internal ballistics, projectile construction, physics of explosion, terminal ballistics, gunpowder combustion	<a href="mailto:sjaramaz@mas.bg.ac.rs">sjaramaz@mas.bg.ac.rs</a>
Professor Radun B. Jeremić, PhD	Retired colonel	Ammunition, ordnance	<a href="mailto:radjer@mts.rs">radjer@mts.rs</a> <a href="http://orcid.org/0000-0002-1990-2018">http://orcid.org/0000-0002-1990-2018</a>
Assistant Professor Danko M. Jovanović, PhD	Retired Major General	Production management, logistics, maintenance of technical systems, quality, risks, standardisation	<a href="mailto:danko.jovanovic17@gmail.com">danko.jovanovic17@gmail.com</a> <a href="http://orcid.org/0000-0001-8813-2267">http://orcid.org/0000-0001-8813-2267</a>
Assistant Professor Vukica M. Jovanović, Phd	Trine University, Allen School of Eggineering and Technology, Department of Engineering echnology, Angola, Indiana, USA	Mechanical engineering	<a href="mailto:vukica.jovanovic@gmail.com">vukica.jovanovic@gmail.com</a> , <a href="http://orcid.org/0000-0002-8626-903X">http://orcid.org/0000-0002-8626-903X</a>
Associate Professor LtColonel Radovan M. Karkalić, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Department of Military Chemical Engineering	Chemical technology (nuclear-biological-chemical protection, detection, identification and decontamination)	<a href="mailto:rkarkalic@yahoo.com">rkarkalic@yahoo.com</a> , <a href="http://orcid.org/0000-0002-8074-7264">http://orcid.org/0000-0002-8074-7264</a>
Professor Vladimir A. Katić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Vice Dean	Power electronics, electric machines, electric power systems and stations, electric power quality, renewable sources of electric power	<a href="mailto:katav@uns.ac.rs">katav@uns.ac.rs</a> , <a href="http://orcid.org/0000-0002-0138-8807">http://orcid.org/0000-0002-0138-8807</a>
Professor Srđan R. Kolaković, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Vice Dean	Civil engineering, hydrotechnology	<a href="mailto:kolak@uns.ac.rs">kolak@uns.ac.rs</a> , <a href="http://orcid.org/0000-0002-6326-1799">http://orcid.org/0000-0002-6326-1799</a>
Assistant Professor Mirko S. Kozic, PhD, scientific advisor	Ministry of Defence, Material Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Mechanics of fluids, computational fluid dynamics, aerodynamic load	<a href="mailto:mkozic@mts.rs">mkozic@mts.rs</a> , <a href="http://orcid.org/0000-0002-7287-0780">http://orcid.org/0000-0002-7287-0780</a>
Assistant Professor Nikola L. Lekić, PhD	Retired colonel	Radar targets, radar antennas, measurement of radar targets and antennas, radar technique and systems	<a href="mailto:lekicn@ptt.rs">lekicn@ptt.rs</a>
Professor Rado M. Maksimović, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Head of Engineering Management program of study	Production systems, organization of industrial systems, development processes in industrial systems	<a href="mailto:rado@uns.ac.rs">rado@uns.ac.rs</a> , <a href="http://orcid.org/0000-0003-3551-1639">http://orcid.org/0000-0003-3551-1639</a>

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail, ORCID ID</b>
Scientific Advisor Stevan M. Maksimović, PhD	Ministry of Defence, Material Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute, Head of Laboratory for Strength	Structural strength, fracture mechanics, fatigue, numerical methods	s.maksimovic@mts.rs
Senior Research Scientist Vasilije M. Manović, PhD	Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK	Environmental protection, Chemical engineering	vmanovic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8377-7717">http://orcid.org/0000-0002-8377-7717</a>
Associate Professor LtColonel Jaromir Mares, PhD	University of Defense in Brno, Czech Republic	logistics, logistics support in technical problematic, protection of environment, operation of equipment and risk analysis	james@seznam.cz, <a href="http://orcid.org/0000-0002-1337-3821">http://orcid.org/0000-0002-1337-3821</a>
Professor Dejan M. Micković, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Construction of classic weapons, automatic weapons, internal ballistics	dmickovic@mas.bg.ac.rs
Professor Momčilo P. Milinović, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Rocket systems, launchers, fire control systems	mmilinovic@mas.bg.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5361-7544">http://orcid.org/0000-0002-5361-7544</a>
Professor Zoran Đ. Miljković, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Engineering	Manufacturing technology, robotics, artificial intelligence, autonomous systems and machine learning, artificial neural networks, intelligent technological systems, decision-making methods	zmiljkovic@mas.bg.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-9706-6134">http://orcid.org/0000-0001-9706-6134</a>
Assistant Professor Lt Colonel Srdjan T. Mitrović, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Department of Military Electrical Engineering, Head of the Section of Electrical Engineering and Electronics	Mobile robots, real time control, fuzzy logic, fuzzy control, microprocessing systems, system control (automation), vehicle navigation algorithms, naval combat and navigation systems	srđjan.mitrovic@va.mod.gov.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-1287-2792">http://orcid.org/0000-0002-1287-2792</a>
Assistant Professor Lt Colonel Slavko R. Muždeka, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering, Head of Section for Combat Vehicles	Motor vehicles, combat vehicles	msslavko@beotel.net, <a href="http://orcid.org/0000-0002-6189-9473">http://orcid.org/0000-0002-6189-9473</a>

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail, ORCID iD</b>
Professor Mladen D. Pantić, PhD	Retired colonel	Combat vehicles	emily983@sbb.rs
Colonel Zoran S. Patić	Ministry of Defence, Material Resources Sector, Department for Defence Technologies	Logistics, maintenance, supply, design of logistic system organisation	zpatic@yahoo.co.uk
Assistant Professor Colonel Sreten R. Perić, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Head of Department of Military Mechanical Engineering	Technology of motor vehicle maintenance	sretenperic@yahoo.com
Professor Slavko J. Pokorni, PhD	Information Technology School, Retired colonel	Reliability, availability and system maintenance (hardware, software, man) IR application, Information and Communications Technology	slavko.pokorni@its.edu.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-3173-597X">http://orcid.org/0000-0002-3173-597X</a>
Professor Miroslav V. Popović, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Chair of Computer Technology	Computer technology and communications (computer-based system engineering)	miroslav.popovic@rt-rk.com, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8385-149X">http://orcid.org/0000-0001-8385-149X</a>
Professor Jugoslav R. Radulović, PhD	Faculty of Management of small and medium-sized enterprises, Belgrade, Retired colonel	Ammunition, management, quality	jugoslav.radulovic@gmail.com, jugoslav.radulovic@mef.edu.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-4003-7209">http://orcid.org/0000-0002-4003-7209</a>
Scientific Advisor Professor Dušan S. Rajić, PhD	Retired colonel	Chemical protection, weapons of mass destruction (NBC weapons), theory of inventive problem solving	rajic.dusan1@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5226-4089">http://orcid.org/0000-0002-5226-4089</a>
Assistant Professor Colonel Zoran M. Rajić, PhD	Ministry of Defence, Material Resources Sector, Department for Defence Technologies, Director of Military Technical Institute	Aerodynamics	rajic_zoran@yahoo.com
Assistant Professor Colonel Miodrag D. Regodić, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Head of Department of Natural and Mathematics Sciences	Geosciences, geodetic engineering	mregodic62@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0003-4675-4150">http://orcid.org/0000-0003-4675-4150</a>

<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail, ORCID iD</b>
Milorad D. Savković, PhD	Ministry of Defence, Material Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Rocket motors, rocket and recoilless AT weapons	savkovic.milorad@gmail.com
Professor Dragoljub J. Sekulović, PhD	University Union - Nikola Tesla, Faculty of Business Studies and Law, Department of Security, Retired colonel	Geosciences, geodetic engineering	sekulovicdr@yahoo.co.uk, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1617-1296">http://orcid.org/0000-0003-1617-1296</a>
Scientific advisor Srećko S. Stopić, PhD	RWTH Aachen University, Germany, Faculty for Georesources and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Group leader for hydrometallurgy and nanotechnology	Hydrometallurgy, nanotechnology, recycling, environmental science	stopic2003@yahoo.de, <a href="http://orcid.org/0000-0002-1752-5378">http://orcid.org/0000-0002-1752-5378</a>
Professor Tomislav B. Šekara, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department for Signals and Systems	Control of processes with concentrated and distributed parameters, industrial regulators with optimum performance, fraction laws of control in industrial application, process characterisation, adequate signal discretisation and processing, sensors and actuators, electric energy compensation and saving in electric energy distribution systems	tomi@etf.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8031-3135">http://orcid.org/0000-0001-8031-3135</a>
Professor Dragan D. Šešlija, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Chair of Mechatronics, Robotics and Automation	Mechatronics, Robotics and Automation	seslija@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2133-008X">http://orcid.org/0000-0002-2133-008X</a>
Associate Professor Colonel Goran P. Šimić, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Head of Center for Simulations and Distance Learning	Information technology and computing	gshimic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-7563-699X">http://orcid.org/0000-0002-7563-699X</a>



<b>Title, name, middle initial and surname</b>	<b>Affiliation and position</b>	<b>Competence area (scientific research)</b>	<b>e-mail, ORCID ID</b>
Professor Vladimir S. Škiljaica, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Traffic Engineering, Chair of Technology of Transportation Systems	Technology of water transportation, ships, navigation safety	vlaski@uns.ac.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0002-9086-4667">http://orcid.org/0000-0002-9086-4667</a>
Professor Ljubiša K. Tančić, PhD	Retired colonel	Internal ballistics, armament	ljtancic@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0003-1242-9333">http://orcid.org/0000-0003-1242-9333</a>
Professor Branko M. Tešanović, PhD	Retired colonel	General logistics, Economics	brate@verat.net, <a href="http://orcid.org/0000-0002-2409-9418">http://orcid.org/0000-0002-2409-9418</a>
Assistant Professor LtColonel Ivan A. Tot, PhD	University of Defence in Belgrade, Military Academy, Head of Group for Information Systems at Department of Telecommunications and Information Technology	Data bases, information systems, information systems protection	totivan@gmail.com, <a href="http://orcid.org/0000-0002-5862-9042">http://orcid.org/0000-0002-5862-9042</a>
Scientific Advisor Professor Dragoljub A. Vujić, PhD	Ministry of Defence, Material Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Applied mechanics, diagnostics, sophisticated systems for technical system maintenance	vujicd@eunet.rs, dragoljub.vujic@vti.vs.rs, <a href="http://orcid.org/0000-0001-6999-6828">http://orcid.org/0000-0001-6999-6828</a>
Associate Professor Major General Mladen M. Vuruna, PhD	University of Defence in Belgrade, Rector	Military chemical engineering (propellants, toxicology, NBC protection, environmental protection)	mladenvuruna@yahoo.com <a href="http://orcid.org/0000-0002-3558-4312">http://orcid.org/0000-0002-3558-4312</a>
Professor Major General Bojan M. Zrnić, PhD	Ministry of Defence, Material Resources Sector, Department for Defence Technologies, Head of Department	Sensor systems, strategic planning	bojan.zrnic@vs.rs <a href="http://orcid.org/0000-0002-0961-993X">http://orcid.org/0000-0002-0961-993X</a>

ИЗЈАВА О ЕТИЧКОМ ПОСТУПАЊУ  
ЭТИЧЕСКИЙ КОДЕКС  
PUBLICATION ETHICS STATEMENT

**ИЗЈАВА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА О ЕТИЧКОМ ПОСТУПАЊУ**

Објављивање чланака након стручне рецензије основна је делатност научног часописа *Војнотехнички гласник*. Неопходно је постићи сагласност о етичким начелима у поступцима свих учесника приликом објављивања чланака, од аутора, Редакције часописа и стручних рецензента до издавача.

**Обавезе Редакције *Војнотехничког гласника***

Уредништво *Војнотехничког гласника* не тражи од аутора плаћање накнаде за аплицирање чланка за објављивање. Читав поступак уређивања и објављивања чланка за ауторе је потпуно бесплатан.

Редакција *Војнотехничког гласника* одговорна је за доношење одлуке који ће од приспелих чланака бити одабран за објављивање. Уредник не сме имати сукоб интереса у вези са рукописима које разматрају. Ако такав сукоб интереса постоји, о избору рецензента и судбини рукописа одлучује уредништво. Чланови уређивачког одбора код којих постоји сукоб интереса дужни су да се повуку из процедуре.

Редакција треба да поступа у складу с политиком Уређивачког одбора *Војнотехничког гласника* као и у складу са законским прописима који се односе на клевету, кршење ауторских права и плагијате. Редакција може да се консултује са члановима Уређивачког одбора или рецензентима при доношењу одлуке.

Редакција процењује садржај рукописа независно од расе, пола, полне оријентације, религијских уверења, етничког порекла, политичких уверења и државне припадности аутора.

У свом раду, према препоруци Центра за евалуацију у образовању и науци (ЦЕ-ОН), Редакција користи, који омогућава транспарентност и јавност рада, подrazумевајући пуну одговорност за прихватање и објављивање чланка.

Пре слања на рецензију Редакција проверава да ли је садржај рукописа плагијат, коришћењем сервиса iThenticate (CrossRef и CrossCheck). Према стандардима које часопис примењује, плагирање, односно преузимање туђих идеја, речи или других облика креативног израза и представљање као својих, представља грубо кршење научне и издавачке етике. Плагирање може да укључује и кршење ауторских права, што је законом кажњиво. Плагијат обухвата: дословно или готово дословно преузимање или смишљено парафразирање (у циљу прикривања плагијата) делова текстова других аутора без јасног указивања на извор или обележавање копираних фрагмената (на пример, коришћењем наводника); копирање слика или табела из туђих радова без правилног навођења извора и/или без дозволе аутора или носилаца ауторских права. Рукописи код којих постоје јасне индикације да се ради о плагијату биће аутоматски одбијени.

Часопис примењује „двоструки слепи поступак рецензије“ чланака, који подразумева да аутори не знају ко су им рецензенти, нити су рецензентима познати аутори.

Нико из уређивачке куће не сме да открије ниједну информацију о пристиглом рукопису икоме, осим аутору, рецензентима, потенцијалним рецензентима, другим саветницима уређивачке куће и издавачу, према потреби.

Необјављен материјал из пристиглих рукописа не сме да се користи за истраживачки рад уређивача, осим са изричитим писменим одобрењем аутора.

Редакција се обавезује да ће повући већ објављени чланак у случају накнадног откривања следећих околности у вези рада:

- плагијаризам,
- аутоплагијаризам,
- рад је већ објављен у другом часопису или некој другој публикацији,
- нетачни подаци о ауторству (присвајање туђег рада, навођење аутора који нису учествовали у писању рада, изостављање аутора који су учествовали у писању рада),
- сукоб интереса,
- лажирање или фабриковање резултата,
- недозвољене техничке интервенције на сликама,
- озбиљнија техничка грешка, као што је изостављање делова текста, грешка у репродукцији илустративног материјала.

Стандарди за разрешавање ситуација када мора доћи до повлачења рада дефинисани су од стране библиотека и научних тела, а иста пракса је усвојена и од стране часописа: у електронској верзији изворног чланка (оног који се повлачи) успоставља се веза (HTML линк) са обавештењем о повлачењу. Повучени чланак се чува у изворној форми, али са воденим жигом на PDF документу, на свакој страници, који указује да је чланак повучен (RETRACTED).

Опозиви и исправке се публикују према захтевима ЦЕОН-а ([http://www.ceon.rs/pdf/postupanje\\_s\\_nelegitimnim\\_radovima.pdf](http://www.ceon.rs/pdf/postupanje_s_nelegitimnim_radovima.pdf)) као издавача националног цитатног индекса где се метаподаци опозива и опзваних радова морају означити одговарајућим упозорењима и међусобно повезати унакрсним линковима.

#### **Обавезе рецензента**

Рецензенти су дужни да стручно, аргументовано, непристрасно и у задатим роковима доставе уреднику оцену научне вредности рукописа. Рецензенти евалуирају радове у односу на усклађеност теме рада са профилом часописа, релевантност истраживане области и примењених метода, оригиналност и научну релевантност података изнесених у рукопису, стил научног излагања и опремљеност текста научним апаратом.

Стручни рецензент помаже Редакцији у доношењу одлуке, а посредством контаката са ауторима преко Редакције може да помаже и ауторима на побољшавању текста рада.

Уколико изабрани рецензент сматра да није довољно квалификована да изврши рецензију истраживања у рукопису или је пак спречен да заврши и достави рецензију у договореном року, о томе треба благовремено да обавести Редакцију.

Сваки рукопис прихваћен на рецензију мора да се третира као поверљив документ. Не сме се показивати трећим лицима нити дискутовати са њима, осим када то одобри Редакција.

Рецензија треба да буде објективна. Неприхватљива је лична критика аутора. Рецензенти треба јасно да образложе своје ставове и поткрепе их аргументима.

Рецензенти треба да идентификују релевантне постојеће радове које аутор није цитирао. Свака претходно јавно саопштена тврдња или аргумент треба да буду пропраћени одговарајућим цитатом. Дужност рецензента је да скрене пажњу уреднику на значајна поклапања или сличност рукописа са већ објављеним радом, уколико о томе има лична сазнања.

Информације и идеје до којих се дошло стручном рецензијом поверљивог су карактера и не смеју се користити за сопствене потребе. Рецензенти не би требало да примају рукописе који их доводе у сукоб интереса на основу конкуренције, заједничког рада или других односа с било којим аутором, компанијом или институцијом повезаним с радом.

### **Обавезе аутора**

Аутори гарантују да рукопис представља њихов оригиналан допринос, да није објављен раније и да се не разматра за објављивање на другом месту. Истовремено предавање истог рукописа у више часописа представља кршење етичких стандарда. Такав рукопис се моментално искључује из даљег разматрања.

Када аутори пишу о оригиналном истраживању треба прецизно да прикажу обављени рад и да објективно изложе његов значај. Подаци треба да буду прецизно наведени. Чланак треба да садржи довољно детаља и референци да би могао да се репродукује. Лажне или намерно нетачне тврдње представљају неетичко поступање и неприхватљиве су.

Аутори треба да обезбеде необрађене податке у вези са чланком и пруже их на увид Редакцији, као и јавни приступ тим подацима, ако је то могуће, и да, у сваком случају, буду спремни да сачувају те податке у разумном року после објављивања.

Аутори треба да напишу потпуно оригиналне радове, а ако су користили радове и/или формулације других, онда то треба да наведу на одговарајући начин.

У принципу, аутори би требало да објаве рукопис који се суштински бави истим истраживањем само у једном часопису или примарној публикацији. Слање истог рукописа у више редакција часописа у исто време представља неетичко понашање и неприхватљиво је.

Обавезно је да аутор наведе радове које је користио у писању рукописа, као и да цитира публикације које су утицале на његов рад.

Ауторство треба да буде ограничено на оне који су значајно допринели идеји, њеном обликовању, извођењу или интерпретацији у датом истраживању. Сви који су значајно допринели раду треба да буду наведени као коаутори. Ако су појединци били битни у појединим аспектима истраживачког пројекта, треба им у захвалници одати признање за допринос.

Аутор треба да се постара да сви коаутори буду наведени као такви, као и да међу наведеним нема оних који то не заслужују. Ауторова дужност је да сви коаутори виде и одобре финалну верзију рада, као и да одобре његово објављивање.

Ако се у истраживању појављују хемијска једињења, поступци или опрема који су опасни по здравље људи или животиња, аутор то мора јасно да назначи у рукопису.

Сваки аутор треба да наведе у рукопису све врсте финансијских и осталих значајних конфликта интереса који би могли да утичу на резултате или интерпретацију његовог рада. Сви извори финансијске подршке треба да буду такође наведени.

Када аутор открије материјалну грешку или нетачност у свом објављеном раду, његова је дужност да одмах обавести Редакцију часописа или издавача и да сарађује са Редакцијом при повлачењу или кориговању рада.

### **Разрешавање спорних ситуација**

Сваки појединац или институција могу у било ком тренутку да уреднику и/или уредништву пријаве сазнања о кршењу етичких стандарда и другим неправилностима и да о томе доставе неопходне информације/доказе. Поступак провере изнесених

доказа одвијаће се у складу са следећим принципима: уредништво ће донети одлуку о покретању поступка који има за циљ проверу изнесених навода и доказа; током тог поступка сви изнесени докази сматраће се поверљивим материјалом и биће предочени само оним лицима која су директно укључена у поступак; лицима за која се сумња да су прекршила етичке стандарде биће дата могућност да одговоре на оптужбе изнесене против њих; ако се установи да је заиста дошло до неправилности, процениће се да ли их треба окарактерисати ако мањи прекршај или грубо кршење етичких стандарда. Ситуације окарактерисане као мањи прекршај решаваће се у директној комуникацији са лицима која су прекршај учинила, без укључивања трећих лица, нпр.: обавештавањем аутора/рецензента да је дошло до мањег прекршаја који је проистекао из неразумевања или погрешне примене академских стандарда; слањем упозорења аутору/рецензенту који је учинио мањи прекршај. У случају грубог кршења етичких стандарда, уредништво доноси одлуке о даљим акцијама. Мере које ће предузети могу бити следеће (и могу се примењивати појединачно или истовремено): објављивање саопштења или уводника у ком се описује случај кршења етичких стандарда; слање службеног обавештења руководиоцима или послодавцима аутора/рецензента; повлачење објављеног рада у складу са процедуром описаном под Повлачење већ објављених радова; ауторима ће бити забрањено да током одређеног периода шаљу радове у часопис; упознавање релевантних стручних организација или надлежних органа са случајем како би могли да предузму одговарајуће мере. Приликом разрешавања спорних ситуација редакција часописа редакција се руководи смерницама и препорукама Одбора за етику у издаваштву (Committee on Publication Ethics – COPE): <http://publicationethics.org/resources/>.

#### **Одрицање одговорности**

Изнесени ставови у објављеним радовима не изражавају ставове уредника и чланова редакције часописа. Аутори преузимају правну и моралну одговорност за идеје изнесене у својим радовима. Издавач неће сносити никакву одговорност у случају испостављања било каквих захтева за накнаду штете.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКУ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЕСТНИКА

Публикация статей после их профессиональной рецензии является основной деятельностью научного журнала *Военно-технический вестник*. В первую очередь необходимо достичь договоренности об этических нормах и принципах, применяемых ко всем участникам в процессе выпуска журнала, начиная с автора, Совета редакторов, профессиональных рецензентов до издателя.

### Обязанности редакторов *Военно-технического вестника*

Редакция журнала "*Военно-технический вестник*" сообщает, что не взимает с авторов плату за публикацию их статей, то есть, все действия, связанные с редактированием и размещением статей являются абсолютно бесплатными.

Редакция *Военно-технического вестника* несет ответственность за принятие решений о публикации представленных в адрес журнала статей. При наличии конфликта интересов редактор не принимает участия в процессе рассмотрения рукописи. В таком случае решение о выборе рецензента и публикации рукописи принимает редколлегия. При наличии конфликта интересов члены редколлегии не принимают участия в процессе рассмотрения рукописи.

Редакция обязана соблюдать политику Совета редакторов *Военно-технического вестника*, также положения действующего законодательства, регулирующие вопросы распространения заведомо ложных сведений, порочащих честь и достоинство другого лица или подрывающих его репутацию и несоблюдения авторских прав. Редакция имеет право проконсультироваться с Советом редакторов или рецензентами - относительно принятия решений о публикации статьи.

Редакция отбирает и оценивает материалы независимо от пола, религии, расы, национальности, политических убеждений автора.

Редакция в своей работе, по рекомендациям Центра эвалюации в образовании и науке (СЕОН), пользуется, обеспечивающей отсутствие секретности и доступность любой информации, и которая подразумевает ответственность за принятие решения о публикации статьи в полном объеме.

Редакция до момента представления статьи рецензентам должна проверить содержание работы по отношению к плагиату путем системы Thenticate (CrossRef и CrossCheck). В соответствии со стандартами журнала, плагиат, то есть присвоение чужих идей, высказываний либо другой формы творческого выражения и представление их как своих собственных представляет собой грубое нарушение научной и редакционной этики. Плагиат является уголовно наказуемым нарушением авторских прав. С точки зрения редакции, плагиатом является: дословное копирование работы другого лица, либо цитирование работы другого лица без указания его авторства, ссылки на источник; некорректное перефразирование произведения другого лица без ссылки на источник; использование элементов работы (рисунков, таблиц, графиков, диаграмм) другого лица без указания авторства, ссылки на источник; авторы должны получить разрешение владельца авторских прав на использование элементов его работы. В случае возникновения обоснованного сомнения в том, что работа является плагиатом, редакция автоматически откажет автору в публикации.

Редакция журнала проводит конфиденциальное рецензирование, применяя "двойной слепой метод". Авторы статьи и рецензенты не знают имен друг друга.

Никто из работников издательской компании не имеет право раскрывать любые сведения о представленной научной статье, за исключением случаев, если они по

мере потребности нужны автору, рецензентам, возможным рецензентам и другим советникам редакторов и издателя.

Неопубликованными материалами нельзя воспользоваться для исследовательских работ без согласия автора.

Редакция обязуется исключить из публикации повторно опубликованную статью, в случае следующих нарушений:

- плагиат,
- автоплагиат,
- повторная публикация в данном или другом издании,
- неверные данные об авторе (присвоение чужой работы, указание автора не принимавшего участия в написании работы),
- конфликт интересов,
- фальсификация результатов исследования,
- неправильно оформленные изображения
- крупные технические ошибки в оформлении текста: пропуск частей текста, неправильно оформленные изображения и иллюстрации.

Стандарты по разрешению ситуации снятия опубликованной работы с публикации, которые применяет наш журнал предписаны Национальной библиотекой и другими научными учреждениями: за статьей (определенной к снятию) в электронном формате закрепляют HTML ссылку с уведомлением о ее снятии с публикации. Изъятая статья хранится в исходном виде, но каждая страница ПДФ формата визируется печатью, свидетельствующей о снятии статьи с публикации (RETRACTED).

Отзывы и исправления публикуются в соответствии с требованиями ЦЕОН Национального индекса научного цитирования ([http://www.ceon.rs/pdf/postupanje\\_s\\_nelegitimnim\\_radovima.pdf](http://www.ceon.rs/pdf/postupanje_s_nelegitimnim_radovima.pdf)), при этом метаданные отозванных и снятых с публикации статей должны быть обозначены соответствующим предупреждением и соединены между собой ссылками.

#### **Обязанности рецензентов**

Профессиональный рецензент оказывает поддержку Редакции при принятии решений о публикации статьей, а также, путем контактов с авторами через Редакцию оказывает содействие авторам в целях улучшения качества их работы.

В случае если рецензент считает, что он в достаточной степени не обладает качествами, необходимыми для осуществления профессиональной рецензии работы, или не сможет ее осуществить во время, то ему необходимо об этом проинформировать Редакцию.

Любая работа, представленная на рецензию, является конфиденциальным документом и ее нельзя показывать третьим лицам без одобрения Редакции.

Рецензия должна базироваться на объективных условиях. Не допускается личная критика автора. Рецензенты должны обосновать и доказать свои позиции по отношению к статье.

Рецензенты обязаны идентифицировать релевантные существующие работы, которые автор не цитировал. По любому общему сведению или аргументу приведенным в работе должны быть указаны соответствующие цитаты. Рецензент обязан обратить внимание редактору на эвентуальные сходства работы с другими опубликованными работами, в случае если такое что обнаружит.

Информация и идея до которой дошли рецензенты является конфиденциальной и ими нельзя воспользоваться для личных потребностей. Рекомендуется рецензен-

там не рецензировать работы, которые могут вызвать коллизию интересов (конкурен-ты, совместная работа, или иные отношения с автором, компанией или учреждением связанными с работой).

### **Обязанности авторов**

В своей исследовательской работе авторы должны придерживаться принципов четкости, разборчивости, понятности с целью объективного растолкования значения данной работы. Факты и показатели должны быть четко указаны. Работа должна содержать в достаточной степени фактов и деталей, чтобы она могла репродуцироваться. Неправильные или неточные утверждения являются примером неэтичного поведения и не будут приняты.

Авторы должны обеспечить необработанные данные, относящиеся к работе, и представить их на рассмотрение Редакции, и обеспечить к ним доступ всем заинтересованным лицам, если это является возможным. Также, авторы должны после публикации статьи хранить в разумные сроки полученные результаты.

Авторы должны в своих работах заниматься полностью оригинальными вопро-сами. В случае если они в своей работе использовали данные или факты других ав-торов, то об этом необходимо указать в работе.

Также, авторы должны свои работы публиковать только в одном научном журна-ле, или размещать публикации на сайте с прямыми ссылками. Публикация одной и той же работы в нескольких научных журналах считается неэтичным поведением и является недопустимой.

Авторы работ обязаны указать в своих работах все материалы, которыми они воспользовались при исследовании, в том числе все публикации, которые повлияли на результаты их исследований.

Авторство должно быть ограничено только теми лицами, которые в значитель-ной степени участвовали в процессе исследования и получения результатов работы. ИОФ всех лиц, участвующих в значительной степени в процессе исследования и по-лучения результатов работы, должны быть указаны в работе в качестве соавторов, и их необходимо поблагодарить за содействие.

Автор должен обеспечить условия, чтобы ИОФ всех соавторов, действительно участвующих в процессе исследования и содействующих получению результатов, бы-ли указаны в работе. Также, обязанностью автора является предоставление оконча-тельной версии работы соавторам на согласование.

В случае появления в процессе исследования необходимости контакта с опасными веществами, т.е. веществами, обладающими потенциальной опасностью в отношении человека, животных и окружающей среды, то автор об этом должен четко указать в работе.

Каждый автор обязан в работе указать на все виды потенциальных финансовых или других коллизий интересов, которые могли бы повлиять на результаты исследо-вания или ее интерпретацию. Все источники финансовой поддержки должны быть указаны в работе.

В случае обнаружения автором в работе материальной ошибки или какой-то не-правильности, он обязан об этом незамедлительно сообщить Редакции журнала или издателю, также оказать содействие в отклонении неправильностей.



### **Разрешение спорных ситуаций**

Любое лицо, либо учреждение вправе в любой момент предъявить претензию редактору или редколлегии в связи с нарушением этических стандартов и авторских прав, подкрепив ее достоверными доказательствами.

По получении претензии, подкрепленной доказательствами, редакционная комиссия проведет расследование, в соответствии со следующими принципами: редколлегия принимает решение о проведении проверки по поводу выдвинутых жалоб и доказательств о нарушении редакционной этики; в процессе рассмотрения доказательств, все материалы считаются конфиденциальными и будут предоставлены только тем лицам, которые непосредственно причастны к процессу проверки; подозреваемым лицам в нарушении этических норм будет предоставлена возможность ответить на выдвинутое против них обвинение; в случае выявления нарушения, характеризуется его степень, как грубого или негрубого нарушения этических норм.

В случае негрубого нарушения, редакция напрямую, без содействия третьих лиц, обращается к нарушителю, следующим образом: путем уведомления автора/рецензента о наличии негрубого нарушения, произошедшего вследствие недопонимания, либо несоответственного применения академических стандартов; путем предупреждения автора/рецензента, допустившего негрубое нарушение.

В случае грубого нарушения этических норм, редакция принимает решение о дальнейших мерах. Редакция вправе предпринять следующие меры (одновременно, поочередно или в отдельности): обнародование сообщения, в котором описывается случай нарушения этических стандартов; официальное уведомление руководителей или работодателей автора/рецензента; снятие опубликованной статьи с публикации, в соответствии с предписаниями; авторы-нарушители определенный период времени не будут допускаться к публикации в журнале; уведомление релевантных профессиональных организаций и соответствующих учреждений о случае, в целях привлечения нарушителя к ответственности.

При разрешении спорных ситуаций редакция журнала соблюдает предписания и инструкции Руководства Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics – COPE): <http://publicationethics.org/resources/>.

### **Отказ от ответственности**

Вынесенные позиции в опубликованных работах не обязательно отражают точку зрения редколлегии журнала. Авторы несут полную юридическую и моральную ответственность за представленные в своих работах идеи. Редакция не несет никакой ответственности в случае возникновения требований по возмещению материального или морального вреда.

## PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The publication of an article in this peer reviewed journal is an essential model for the scientific journal *Military Technical Courier*. It is necessary to agree upon standards of expected ethical behavior for all parties involved in the act of publishing: the author, the journal - editor, the peer reviewer and the publisher.

### **Duties of the *Military Technical Courier* editor**

There are no APCs (author processing charges) or submission charges for the articles submitted to the *Military Technical Courier*. The whole process of article editing and publishing is entirely free of charge for authors.

The editor of the *Military Technical Courier* is responsible for deciding which of the articles submitted to the journal should be published. The Editor must hold no conflict of interest with regard to the articles he/she considers for publication. If an Editor feels that there is likely to be a perception of a conflict of interest in relation to their handling of a submission, the selection of reviewers and all decisions on the paper shall be made by the Editorial Board. If any member of the Editorial Board feels that there is likely to be a perception of a conflict of interest in relation to their handling of a submission, they shall withdraw from the editorial process.

The editor should be guided by the policies of the journal's editorial board and constrained by such legal requirements as shall then be in force regarding libel, copyright - infringement and plagiarism. The editor may confer with the members of the editorial board or reviewers in making this decision.

The editor should evaluate manuscripts for their intellectual content without regard to race, gender, sexual orientation, religious belief, ethnic origin, citizenship, or political philosophy of the authors.

Following the recommendations of the CEON Centre for Evaluation in Education and Science (CEON/CEES), the editor applies the electronic editing system ASISTANT which enables transparency and public access to work and accepts a full responsibility for the acceptance and publishing of articles.

Before sending articles for peer reviews, the editor checks the content of the submitted manuscripts for plagiarism using the iThenticate service (CrossRef and CrossCheck). According to the standards applied by the journal, plagiarism, where someone assumes another's ideas, words, or other creative expression as one's own, is a clear violation of scientific ethics. Plagiarism may also involve a violation of copyright law, punishable by legal action. Plagiarism includes the following: word for word, or almost word for word copying, or purposely paraphrasing portions of another author's work without clearly indicating the source or marking the copied fragment (for example, using quotation marks); copying equations, figures or tables from someone else's paper without properly citing the source and/or without permission from the original author or the copyright holder. Any manuscript which shows obvious signs of plagiarism will be automatically rejected.

Journal applies a „double blind peer review process“ for papers. Authors and reviewers are anonymous to each other in the process of review.

The editor and any editorial staff must not disclose any information about a submitted manuscript to anyone other than the corresponding author, reviewers, potential reviewers, other editorial advisers, and the publisher, as appropriate.

Unpublished materials disclosed in a submitted manuscript must not be used in an editor's own research without the express written consent of the author.

The Editorial Office has pledged to remove an already published article in case of the following, subsequently discovered facts regarding the article in question:

- plagiarism,
- self-plagiarism,
- article already published in some other journal or publication,
- inaccurate data on authorship (fake claim of authorship, listing authors who did not participate in the article's creation or omitting authors who did participate),
- conflict of interests,
- fraudulent use of data or fabrication of results,
- unauthorised technical interventions on figures,
- substantial technical error such as omitting parts of the text or an error in reproducing illustrations.

Standards for dealing with retractions have been developed by a number of library and scholarly bodies, and this practice has been adopted for article retraction by our journal: in the electronic version of the retraction note, a link is made to the original article. In the electronic version of the original article, a link is made to the retraction note where it is clearly stated that the article has been retracted. The original article is retained unchanged, save for a watermark on the PDF indicating on each page that it is "RETRACTED".

Retractions and corrections are published according to the requirements set up by CEON/CEES ([http://www.ceon.rs/pdf/postupanje\\_s\\_nelegitimnim\\_radovima.pdf](http://www.ceon.rs/pdf/postupanje_s_nelegitimnim_radovima.pdf)) as the publisher of national citation index, where metadata of retractions and retracted papers have to be marked by appropriate warnings and cross-links.

#### **Duties of reviewers**

Reviewers are required to provide written, competent and unbiased feedback in a timely manner on the scholarly merits and the scientific value of the manuscript.

The reviewers assess manuscript for the compliance with the profile of the journal, the relevance of the investigated topic and applied methods, the originality and scientific relevance of information presented in the manuscript, the presentation style and scholarly apparatus.

A peer reviewer assists the editor in making editorial decisions and through the editorial communications with the author may also assist the author in improving the paper.

Any selected referee who feels unqualified to review the research reported in a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

Any manuscripts received for review must be treated as confidential documents. They must not be shown to or discussed with others except as authorized by the editor.

Reviews should be conducted objectively. Personal criticism of the author is inappropriate. Referees should express their views clearly with supporting arguments.

Reviewers should identify relevant published work that has not been cited by the authors. Any statement that an observation, derivation, or argument had been previously reported should be accompanied by the relevant citation. A reviewer should also call to the editor's attention any substantial similarity or overlap between the manuscript under consideration and any other published paper of which they have personal knowledge.

Unpublished materials disclosed in a submitted manuscript must not be used in a reviewer's own research without the express written consent of the author. Privileged information or ideas obtained through peer review must be kept confidential and not used for personal advantage. Reviewers should not consider manuscripts in which they have

conflicts of interest resulting from competitive, collaborative, or other relationships or connections with any of the authors, companies, or institutions connected to the papers.

### **Duties of authors**

Authors warrant that their manuscript is their original work, that it has not been published before and is not under consideration for publication elsewhere. Parallel submission of the same paper to another journal constitutes a misconduct and eliminates the manuscript from consideration by the journal.

The reviewers assess manuscript for the compliance with the profile of the journal, the relevance of the investigated topic and applied methods, the originality and scientific relevance of information presented in the manuscript, the presentation style and scholarly apparatus.

Authors of reports of original research should present an accurate account of the work performed as well as an objective discussion of its significance. Underlying data should be represented accurately in the paper. A paper should contain sufficient detail and references to permit others to replicate the work. Fraudulent or knowingly inaccurate statements constitute unethical behavior and are unacceptable.

Authors may be asked to provide the raw data in connection with a paper for editorial review, and should be prepared to provide public access to such data if practicable, and should in any event be prepared to retain such data for a reasonable time after publication.

The authors should ensure that they have written entirely original works, and if the authors have used the work and/or words of others, that this has been appropriately cited or quoted.

An author should not in general publish manuscripts describing essentially the same research in more than one journal or primary publication. Submitting the same manuscript to more than one journal concurrently constitutes unethical publishing behavior and is unacceptable.

Proper acknowledgment of the work of others must always be given. Authors should cite publications that have been influential in determining the nature of the reported work.

Authorship should be limited to those who have made a significant contribution to the conception, design, execution, or interpretation of the reported study. All those who have made significant contributions should be listed as co-authors. Where there are others who have participated in certain substantive aspects of the research project, they should be acknowledged or listed as contributors.

The corresponding author should ensure that all appropriate co-authors and no inappropriate co-authors are included on the paper, and that all co-authors have seen and approved the final version of the paper and have agreed to its submission for publication.

If the work involves chemicals, procedures or equipment that have any unusual hazards inherent in their use, the author must clearly identify these in the manuscript.

All authors should disclose in their manuscript any financial or other substantive conflict of interest that might be construed to influence the results or interpretation of their manuscript. All sources of financial support for the project should be disclosed.

When an author discovers a significant error or inaccuracy in his/her own published work, it is the author's obligation to promptly notify the journal editor or publisher and cooperate with the editor to retract or correct the paper.

### **Procedures for dealing with unethical behaviour**

Anyone may inform the editors and/or Editorial Staff at any time of suspected unethical behaviour or any type of misconduct by giving the necessary information/evidence to start an investigation. The investigation shall conform to the following principles: the Editorial Staff will initiate an investigation; during an investigation, any evidence should be treated as strictly confidential and only made available to those strictly involved in investigating; the accused will always be given the chance to respond to any charges made against them; if it is judged at the end of the investigation that misconduct has occurred, then it will be classified as either minor or serious/major. Minor misconduct will be dealt directly with those involved without involving any other parties, e.g.: communicating to authors/reviewers whenever a minor issue involving misunderstanding or misapplication of academic standards has occurred, or a warning letter to an author or reviewer regarding fairly minor misconduct. In case of major misconduct, the Editorial Staff should make decisions regarding the course of action to be taken using the evidence available. The possible outcomes are as follows (these can be used separately or jointly): publication of a formal announcement or editorial describing the misconduct; informing the author's (or reviewer's) head of department or employer of any misconduct by means of a formal letter, the formal, announced retraction of publications from the journal in accordance with the Retraction Policy (see below); a ban on submissions from an individual for a defined period; referring a case to a professional organization or legal authority for further investigation and action. When dealing with unethical behaviour, the Editorial Staff will rely on the guidelines and recommendations provided by the Committee on Publication Ethics (COPE): [http://publicationethics.org/resources/.](http://publicationethics.org/resources/))

### **Disclaimer**

The views expressed in the published works do not express the views of the Editors and Editorial Staff. The authors take legal and moral responsibility for the ideas expressed in the articles. Publisher shall have no liability in the event of issuance of any claims for damages. The Publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Ликовно-графички уредник  
мр *Небојша* Кујунџић  
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Техничко уређење  
*Марија* Марић, e-mail: marija.maric@mod.gov.rs

Лектор  
*Добрила* Милетић, професор  
e-mail: dobrila.miletic@mod.gov.rs

Превод на енглески  
*Јасна* Вишњић, професор  
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com,  <http://orcid.org/0000-0003-1728-4743>

Превод на руски  
*Карина* Авајан, професор  
e-mail: karinka2576@mail.ru  
*Оливера* Хајдуковић, професор  
e-mail: oliverahajdukovic@lukoil.rs

Превод на немачки  
*Гордана* Богдановић, професор  
e-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

Превод на француски  
*Драган* Вучковић,  
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

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: 150 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

Художественный редактор  
Кандидат наук, Небойша Куюнджич  
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Технический редактор  
*Марија* Марич, e-mail: marija.maric@mod.gov.rs

Лектор и корректор  
*Добрила* Милетич,  
e-mail: dobrila.miletic@mod.gov.rs

перевод на английский язык  
*Ясна* Вишнич, переводчик  
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com, <http://orcid.org/0000-0003-1728-4743>

перевод на русский язык  
*Карина* Авагян, переводчик  
e-mail: karinka2576@mail.ru  
*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, <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

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: 150 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

Graphic design editor  
Nebojša Kujundžić MA  
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Copy editing  
Marija Marić, e-mail: marija.maric@mod.gov.rs

Proofreader  
Dobriła Miletić BA  
e-mail: dobrila.miletic@mod.gov.rs

English translation and polishing  
Jasna Višnjić BA  
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com, <http://orcid.org/0000-0003-1728-4743>

Russian translation and polishing  
Karina Avagyan BA  
e-mail: karinka2576@mail.ru  
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, <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

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 150 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