



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

Вол. 68, бр. 1

2020



НАУЧНИ ЧАСОПИС МИНИСТАРСТВА ОДБРАНЕ И ВОЈСКЕ СРБИЈЕ
**ВОЈНОТЕХНИЧКИ
ГЛАСНИК**

2020 ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК





Том 68, № 1

2020



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



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
И ВООРУЖЁННЫХ СИЛ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК



2020



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

Vol. 68, Issue 1

2020



MILITARY TECHNICAL COURIER

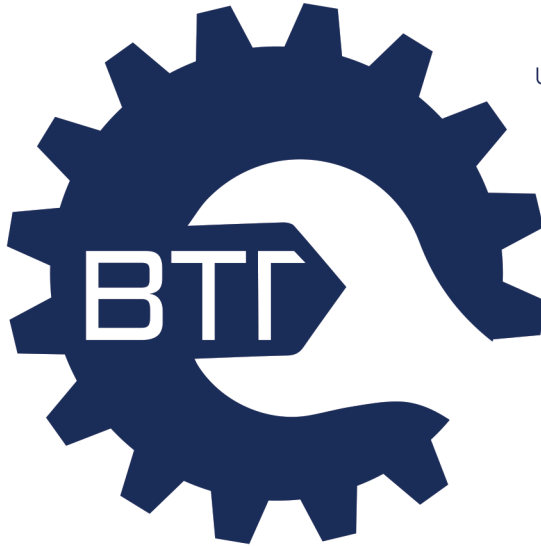
2020

SCIENTIFIC JOURNAL OF THE MINISTRY OF DEFENCE AND SERBIAN ARMED FORCES

MILITARY TECHNICAL
COURIER



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



НАУЧНИ ЧАСОПИС МИНИСТАРСТВА ОДБРАНЕ И ВОЈСКЕ СРБИЈЕ
ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК
ВОЛУМЕН 68 • БРОЈ 1 • ЈАНУАР – МАРТ 2020.



NAUČNI ČASOPIS MINISTARSTVA ODBRANE I VOJSKE SRBIJE
VOJNOTEHNIČKI GLASNIK
VOLUMEN 68 • BROJ 1 • JANUAR – MART 2020.

втг.мо.упр.срб
www.vtg.mod.gov.rs
COBISS.SR-ID 4423938
DOI: 10.5937/VojnotehnickiGlasnik

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



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ И ВООРУЖЁННЫХ СИЛ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

ТОМ 68 • НОМЕР ВЫПУСКА 1 • ЯНВАРЬ–МАРТ 2020.



SCIENTIFIC JOURNAL OF THE MINISTRY OF DEFENCE AND SERBIAN ARMED FORCES

MILITARY TECHNICAL COURIER

VOLUME 68 • ISSUE 1 • JANUARY-MARCH 2020

втг.мо.унр.срб
www.vtg.mod.gov.rs
COBISS.SR-ID 4423938
DOI: 10.5937/VojnotehnickiGlasnik

Власници:
МИНИСТАРСТВО ОДБРАНЕ И ВОЈСКА СРБИЈЕ

Издавач:
УНИВЕРЗИТЕТ ОДБРАНЕ У БЕОГРАДУ

Ректор
Доц. др Горан Радовановић, генерал-потпуковник

ГЛАВНИ И ОДГОВОРНИ УРЕДНИК ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА

мр Небојша Гаћеша, потпуковник

e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs, tel.: 011/3603-260, 066/87-00-123, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

- генерал-мајор проф. др Бојан Зрнић, Универзитет одбране у Београду, Војна академија, председник Уређивачког одбора, <http://orcid.org/0000-0002-0961-993X>,
- генерал-мајор проф. др Младен Вуруна, Министарство одбране Републике Србије, Управа за одбрамбене технологије Сектора за материјалне ресурсе, заменик председника Уређивачког одбора, <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>,
- пуковник проф. др Миленко Андрић, Универзитет одбране у Београду, Војна академија, <http://orcid.org/0000-0001-9038-0876>,
- мр Сергеј А. Аргунов, Хидрографско друштво, Санкт-Петербург, Руска Федерација, <http://orcid.org/0000-0002-5264-6634>,
- проф. др Исмаил Бег, Економски факултет у Лахореу, Лахоре, Пакистан, <http://orcid.org/0000-0002-4191-1498>,
- проф. др Стеван М. Бербер, Универзитет у Окланду, Одсек за електротехничко и рачунарско инжењерство, Окланд, Нови Зеланд, <http://orcid.org/0000-0002-2432-3088>,
- проф. др Сања Вранеш, Институт „Михајло Пупин“, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-7054-6928>,
- проф. др Леонид И. Гречихин, Белоруска државна ваздухопловна академија, Минск, Република Белорусија, <http://orcid.org/0000-0002-5358-9037>,
- академик Иван Гутман, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, <http://orcid.org/0000-0001-9681-1550>,
- проф. др Александар В. Дорохов, Национални економски универзитет у Харкову, Харков, Украјина, <http://orcid.org/0000-0002-0737-8714>,
- проф. др Жељко Ђуровић, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, <http://orcid.org/0000-0002-6076-442X>,
- др Никола Жегарац, Српска академија изумитеља и научника, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-1766-8184>,
- проф. др Алекса Ј. Зејак, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, <http://orcid.org/0000-0001-5114-2867>,
- проф. др Вукица М. Јовановић, Old Dominion University Норфолк, САД, <http://orcid.org/0000-0002-8626-903X>,
- проф. др Бранко Ковачевић, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, <http://orcid.org/0000-0001-9334-9639>,
- др Сања Јб. Корица, Универзитет Унион - Никола Тесла, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-7915-9430>,
- научни саветник др Ана И. Костов, Институт за рударство и металургију, Бор, <http://orcid.org/0000-0003-1893-7187>,
- ванр. проф. др Славољуб С. Лекић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, <http://orcid.org/0000-0002-4834-3550>,
- др Василије М. Мановић, Combustion and CCS Centre, Универзитет у Кранфилду, Кранфилд, Велика Британија, <http://orcid.org/0000-0002-8377-7717>,
- потпуковник ванр. проф. др Јаромир Марес, Универзитет одбране у Брну, Чешка Република, <http://orcid.org/0000-0002-1337-3821>,
- академик Градимир В. Миловановић, Српска академија наука и уметности, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-3255-8127>,
- ванр. проф. др Penumarthy Parvateesam Murthy, University Guru Ghasidas Vishwavidyalaya, Department of Pure and Applied Mathematics, Биласпур (Chhattisgarh), Индија, <http://orcid.org/0000-0003-3745-4607>,
- научни саветник др Предраг Петровић, Институт за телекомуникације и електронику ИРИТЕЛ АД, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-0455-7506>,
- проф. др Славко Ј. Покорни, Висока школа за информационе технологије, рачунарски дизајн и савремено пословање, Београд, <http://orcid.org/0000-0002-3173-597X>,
- проф. др Стојан Раденовић, Универзитет у Београду, Машински факултет, <http://orcid.org/0000-0001-8254-6688>,
- проф. др Андреја Самчовић, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, <http://orcid.org/0000-0001-6432-2816>,
- проф. др Николај И. Сидњаев, Московски државни технички универзитет „Н. Е. Бауман“, Москва, Руска Федерација, <https://orcid.org/0000-0002-5722-4553>,
- проф. др Јонел Старецу, Трансилванијски универзитет у Брашову, Румунија, <http://orcid.org/0000-0001-5947-7557>,
- научни саветник др Срећко С. Стојић, RWTH Aachen University, Faculty for Georesourcen and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Ахен, СР Немачка, <http://orcid.org/0000-0002-1752-5378>,
- проф. др Мирослав Д. Трајановић, Универзитет у Нишу, Машински факултет, <http://orcid.org/0000-0002-3325-0933>,
- доц. др Вадим Л. Хајков, Краснодар, Руска Федерација, <http://orcid.org/0000-0003-1433-3562>,
- проф. др Владимир Г. Чернов, Државни универзитет у Владимиру, Владимир, Руска Федерација, <http://orcid.org/0000-0003-1830-2261>,
- потпуковник мр Небојша Н. Гаћеша, уредник Војнотехничког гласника, секретар Уређивачког одбора, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>.

Адреса редакције: ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК, Вељка Лукића Курјака 33, 11042 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

<https://doaj.org/toc/2217-4753>

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

Претплата на штампано издање: e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs; тел. 066/87-00-123

Рукописи се не враћају

Часопис излази тромесечно

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

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

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

Штампа: Војна штампарија – Београд, Ресавска 406, e-mail: vojna.stamparija@mod.gov.rs



Собственники:

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ И ВООРУЖЁННЫЕ СИЛЫ РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ

Издательство:

УНИВЕРСИТЕТ ОБОРОНЫ В Г. БЕЛГРАД

РЕКТОР

Генерал-лейтенант доц. д-р Горан Радованович

ГЛАВНЫЙ И ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА «ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК»

Кандидат технических наук Небойша Гачеша, подполковник

e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs, тел.: +381 11 3603 260, +381 66 87 00 123, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Генерал-майор профессор д-р Боян Зрнич, Университет обороны в г. Белград, Военная академия, председатель Редакционной коллегии, <http://orcid.org/0000-0002-0961-993X>,
- Генерал-майор профессор д-р Младен Вуруна, начальник Управления оборонительных технологий при Департаменте материальных ресурсов Министерства обороны Республики Сербия, заместитель председателя Редакционной коллегии, <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>,
- Полковник профессор д-р Миленко Андрич, Университет обороны в г. Белград, Военная академия, <http://orcid.org/0000-0001-9038-0876>,
- Кандидат наук Сергей А. Аргунов, Гидрографическое общество, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, <http://orcid.org/0000-0002-5264-6634>,
- Профессор д-р Исмаил Бег, Экономический факультет в г. Лахор, шт. Пенджаб, Пакистан, <http://orcid.org/0000-0002-4191-1498>,
- Д-р Стеван М. Бербер, Оклендский университет, Департамент электроники и компьютерной инженерии, г. Окленд, Новая Зеландия, <http://orcid.org/0000-0002-2432-3088>,
- Профессор д-р Саня Вранеш, Институт «Михайло Пупин», г. Белград, <http://orcid.org/0000-0002-7054-6928>,
- Профессор д-р Леонид И. Гречихин, Белорусская государственная академия авиации, г. Минск, Республика Беларусь, <http://orcid.org/0000-0002-5358-9037>,
- Академик Иван Гутман, Университет в г. Крагуевац, Естественно-математический факультет, <http://orcid.org/0000-0001-9681-1550>,
- Профессор д-р Александр В. Дорохов, Харьковский национальный экономический университет, г. Харьков, Украина, <http://orcid.org/0000-0002-0737-8714>,
- Профессор д-р Желько Джурович, Белградский университет, Электротехнический факультет, <http://orcid.org/0000-0002-6076-442X>,
- Д-р Никола П. Жегарац, Сербская академия изобретателей и ученых, г. Белград, <http://orcid.org/0000-0002-1766-8184>,
- Профессор д-р Алекса Зейак, Университет в г. Нови Сад, Факультет технических наук, <http://orcid.org/0000-0001-5114-2867>,
- Д-р Вукмица М. Йованович, Университет Олд Доминион, г. Норфолк, шт. Виргиния, США, <http://orcid.org/0000-0002-8626-903X>,
- Профессор д-р Бранко Ковачевич, Белградский университет, Электротехнический факультет, <http://orcid.org/0000-0001-9334-9639>,
- Д-р Саня Л. Корица, Университет «Унион – Никола Тесла», г. Белград, <http://orcid.org/0000-0002-7915-9430>,
- Научный советник д-р Анна Костов, Институт горного дела и металлургии, г. Бор, <http://orcid.org/0000-0003-1893-7187>,
- Д-р Славолюб С. Лекич, Белградский университет, Сельскохозяйственный факультет, <http://orcid.org/0000-0002-4834-3550>,
- Д-р Василил М. Манович, Центр горения, сбора и хранения углерода, Университет Кранфилд, г. Кранфилд, Великобритания, <http://orcid.org/0000-0002-8377-7717>,
- Подполковник д-р Яромир Марес, Университет обороны в г. Брно, Чешская Республика, <http://orcid.org/0000-0002-1337-3821>
- Академик Градимир В. Милованович, Сербская академия наук, г. Белград, <http://orcid.org/0000-0002-3255-8127>,
- Д-р Пенумарти Гарватеесам Мурти, Университет Гуру Гхасидас Вишавидьялая, департамент фундаментальной и прикладной математики, г. Биласпур, шт. Чхаттисгарх, Индия, <http://orcid.org/0000-0003-3745-4607>,
- 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 дизайнера и современного бизнеса, г. Белград, <http://orcid.org/0000-0002-3173-597X>,
- Профессор д-р Стоян Раденович, Белградский университет, Факультет машиностроения, <http://orcid.org/0000-0001-8254-6688>,
- Профессор д-р Андрея Самчович, Белградский университет, Факультет транспорта, <http://orcid.org/0000-0001-6432-2816>,
- Профессор д-р Николай И. Сидняев, Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация, <https://orcid.org/0000-0002-5722-4553>,
- Профессор д-р Йонел Старецу, Трансильванский университет в г. Брашов, Румыния, <http://orcid.org/0000-0001-5947-7557>,
- Научный советник д-р Сречко С. Стопич, Рейнско-Вестфальский технический университет г. Ахен, ФРГ, <http://orcid.org/0000-0002-1752-5378>,
- Профессор д-р Мирослав Траянович, Университет в г. Ниш, Факультет машиностроения, <http://orcid.org/0000-0002-3325-0933>,
- Кандидат технических наук, доцент Вадим Л. Хайков, г. Краснодар, Российская Федерация, <http://orcid.org/0000-0003-1433-3562>,
- Профессор д-р Владимир Г. Чернов, Владимирский государственный университет, г. Владимир, Российская Федерация, <http://orcid.org/0000-0003-1830-2261>,
- Подполковник кандидат наук Небойша Гачеша, редактор журнала «Военно-технический вестник», секретарь Редакционной коллегии, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>.

Адрес редакции: ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК, Ул. Велька Лукича Куряка 33, 11042 Белград,

Республика Сербия

<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

<https://doaj.org/toc/2217-4753>

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

Подписка на печатную версию журнала: e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs; тел. +381 66 87 00 123

Присланные в редакцию журнала статьи не возвращаются.

Журнал выпускается ежеквартально.

Первый номер журнала «Военно-технический вестник» 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.

Типография: Војна штампарија – Белград, Ресавска 406, e-mail: vojna.stamparija@mod.gov.rs



Owners:

MINISTRY OF DEFENCE and SERBIAN ARMED FORCES

Publisher:

UNIVERSITY OF DEFENCE IN BELGRADE

Rector

Lieutenant General Goran Radovanović, PhD, Assistant Professor

EDITOR IN CHIEF OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Lt Col Nebojša Gaćeša MSc

e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs, tel: +381 11 3603 260, +381 66 87 00 123, <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

EDITORIAL BOARD

- Major General Bojan Zrnčić, PhD, Professor, University of Defence in Belgrade, Military Academy, Belgrade (Head of the Editorial Board), <http://orcid.org/0000-0002-0961-993X>
- Major General Mladen Vuruna, PhD, Professor, Ministry of Defence, Head of the Department for Defence Technologies, Material Resources Sector, Belgrade (Deputy Head of the Editorial Board), <http://orcid.org/0000-0002-3558-4312>
- Colonel Milenko Andrić, PhD, Professor, University of Defence in Belgrade, Military Academy, <http://orcid.org/0000-0001-9038-0876>
- Sergej A. Argunov, MSc, Hydrographic society, St. Petersburg, Russian Federation, <http://orcid.org/0000-0002-5264-6634>
- Professor Ismat Beg, PhD, Lahore School of Economics, Lahore, Pakistan, <http://orcid.org/0000-0002-4191-1498>
- Stevan M. Berber, PhD, The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand, <http://orcid.org/0000-0002-2432-3088>
- Professor Vladimir G. Chernov, DSc, Vladimir State University, Department of Management and Informatics in Technical and Economic Systems, Vladimir, Russian Federation, <http://orcid.org/0000-0003-1830-2261>
- Professor Aleksandr V. Dorohov, PhD, Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine, <http://orcid.org/0000-0002-0737-8714>
- Professor Željko Đurović, PhD, University in Belgrade, Faculty of Electrical Engineering, <http://orcid.org/0000-0002-6076-442X>
- Professor Leonid I. Gretchihin, PhD, Belarusian State Academy of Aviation, Minsk, Republic of Belarus, <http://orcid.org/0000-0002-5358-9037>
- Academician Ivan Gutman, University of Kragujevac, Faculty of Science, <http://orcid.org/0000-0001-9681-1550>
- 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>
- Associate professor Vadim L. Khaikov, PhD, Krasnodar, Russian Federation, <http://orcid.org/0000-0003-1433-3562>,
- Assistant Professor Sanja Lj. Korica, PhD, University Union - Nikola Tesla, Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-7915-9430>
- Scientific Advisor Ana Kostov, PhD, Institute of Mining and Metallurgy, Bor, Serbia, <http://orcid.org/0000-0003-1893-7187>
- Professor Branko Kovačević, PhD, University of Belgrade, Faculty of Electrical Engineering, <http://orcid.org/0000-0001-9334-9639>
- Associate Professor Slavoljub S. Lekić, PhD, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, <http://orcid.org/0000-0002-4834-3550>
- Vasilije M. Manović, PhD, Combustion and CCS Centre, Cranfield University, Cranfield, UK, <http://orcid.org/0000-0002-8377-7717>
- Lt Colonel Jaromir Mares, PhD, Associate Professor, University of Defence in Brno, Czech Republic, <http://orcid.org/0000-0002-1337-3821>
- Academician 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>
- Associate Professor Penumarthy Parvateesam Murthy, PhD, University Guru Ghasidas Vishwavidyalaya, Department of Pure and Applied Mathematics, Bilaspur (Chhattisgarh), India, <http://orcid.org/0000-0003-3745-4607>
- 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>
- Professor Stojan N. Radenović, PhD, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, <http://orcid.org/0000-0001-8254-6688>
- Professor Andreja Samčović, PhD, University of Belgrade, Faculty of Transport, <http://orcid.org/0000-0001-6432-2816>
- Professor Nikolay I. Sidnyaev, PhD, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5722-4553>
- Professor Ionel Staretu, PhD, Transilvania University of Brasov, Romania, <http://orcid.org/0000-0001-5947-7557>
- Scientific Advisor Srećko S. Stojić, 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, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, <http://orcid.org/0000-0002-3325-0933>
- Professor Sanja Vraneš, PhD, Institute "Mihajlo Pupin", Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-7054-6928>
- Professor Aleksa Zejak, PhD, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, <http://orcid.org/0000-0001-5114-2867>
- Nikola P. Žegarac, PhD, Serbian Academy of Inventors and Scientists, Belgrade, <http://orcid.org/0000-0002-1766-8184>
- Lt Colonel Nebojša Gaćeša, MSc, Editor of the Military Courier, (Secretary of the Editorial Board), <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>.

Address: VOJNOTEHNIČKI GLASNIK/MILITARY TECHNICAL COURIER, Veljka Lukića Kurjaka 33, 11042 Belgrade, Republic of 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

<https://doaj.org/toc/2217-4753>

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

Subscription to print edition: e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs; Tel. +381 66 87 00 123

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 – Belgrade, Resavska 40b, e-mail: vojna.stamparija@mod.gov.rs



САДРЖАЈ

ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ РАДОВИ

Иван Гутман

Нова ограничења за Лапласову енергију 1-7

Александар Н. Шијко, Анатолиј М. Пављученко, Алексеј А. Обухов

Прорачун силе трења и топлотног утицаја млаза млазног
мотора на унутрашњу површину лансирне цеви 8-27

Драган С. Памучар, Лазар М. Савин

Вишекритеријумски BWM-COPRAS модел за избор оптималног
теренског возила за превоз путника 28-64

ПРЕГЛЕДНИ РАДОВИ

Срећко Р. Стопић, Бернд Г. Фридрих

Таложење силицијум-диоксида у хидрометалуршким процесима 65-78

*Марјан А. Миленков, Влада С. Соколовић,
Владимир Р. Миловановић, Марија Д. Милић*

Улога, значај и приступи изучавању логистике 79-106

СТРУЧНИ РАДОВИ

Хатиџа А. Бериша

Развој националне логистике у подршци Ратном ваздухопловству
Војске Србије – дугорочне перспективе 107-130

ОПОЗИВИ

Редакција Војнотехничког гласника

ОПОЗИВ: Рмуш, В. 2017. Конструкције квадратуре круга,
удвајања коцке и трисекције угла.
Војнотехнички гласник/Military Technical Courier, 65(3), стр.617-640.... 131-136

САВРЕМЕНО НАОРУЖАЊЕ И ВОЈНА ОПРЕМА 137-157

Милош М. Јевтић, Драган М. Вучковић

ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА 158-174

СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА 175-193

ИЗЈАВА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА О ЕТИЧКОМ ПОСТУПАЊУ ... 194-205

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Иван Гутман

Новые ограничения Лапласовой энергии 1-7

Александр Н. Шийко, Анатолий М. Павлюченко, Алексей А. Обухов

Расчет силового и термического воздействия струи двигателя реактивного
снаряда на внутреннюю поверхность трубчатой направляющей..... 8-27

Драган С. Памучар, Лазар М. Савин

Многокритериальная модель выбора оптимального внедорожного
транспортного средства для осуществления перевозки
пассажира: BWM-COPRAS модель 28-64

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

Сречко Р. Стопич, Бернд Г. Фридрих

Отложение кремния в гидрометаллургических процессах..... 65-78

*Марьян А. Миленков, Влада С. Соколович,
Владимир Р. Милованович, Мария Д. Милич*

Роль, значимость и методы изучения логистики..... 79-106

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Хатиджа А. Бериша

Развитие национальной логистики, поддерживающей
Военно-воздушные силы Республики Сербия – долгосрочные
перспективы..... 107-130

ОТЗЫВ СТАТЕЙ (РЕТРАКЦИЯ)

Редакция журнала «Военно-технический вестник»

ОТЗЫВ СТАТЬИ (РЕТРАКЦИЯ): Рмуш, В. 2017. Конструкции
квадратуры круга, удвоение куба и трисекции угла.
Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, 65(3), с.617-640 131-136

СОВРЕМЕННОЕ ОРУЖИЕ И ВОЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 137-157

Милош М. Евтич, Драган М. Вучкович

ПРИГЛАШЕНИЕ И ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ АВТОРОВ РАБОТ 158-174

СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ ЖУРНАЛА

«ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК» 175-193

КОДЕКС ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЭТИКИ ЖУРНАЛА

«ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК» 194-205

CONTENTS

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS

Ivan Gutman

New bounds for Laplacian energy 1-7

Oleksandr M. Shyiko, Anatoly M. Pavlyuchenko, Olexii A. Obukhov

Calculating friction force and thermal action of a jet engine jet on the inner surface of a tubular guide..... 8-27

Dragan S. Pamučar, Lazar M. Savin

Multiple-criteria model for optimal off-road vehicle selection for passenger transportation: BWM-COPRAS model 28-64

REVIEW PAPERS

Srećko R. Stopić, Bernd G. Friedrich

Deposition of silica in hydrometallurgical processes 65-78

*Marjan A. Milenkov, Vlada S. Sokolović,
Vladimir R. Milovanović, Marija D. Milić*

Logistics - its role, significance and approaches 79-106

PROFESSIONAL PAPERS

Hatidža A. Beriša

Development of national logistics in support of the Serbian Air Force - long-term prospects 107-130

RETRACTIONS

Editorial Office of the Military Technical Courier

RETRACTION: Rmuš, V. 2017. Constructions of squaring the circle, doubling the cube and angle trisection. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 65(3), pp.617-640 131-136

MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT 137-157

Miloš M. Jevtić, Dragan M. Vučković

CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS 158-174

LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER 175-193

PUBLICATION ETHICS STATEMENT 194-205


NEW BOUNDS FOR LAPLACIAN ENERGY

Ivan Gutman

University of Kragujevac, Faculty of Science,

Kragujevac, Republic of Serbia,

e-mail: gutman@kg.ac.rs,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0001-9681-1550>

DOI: 10.5937/vojtehg68-24257; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-24257>

FIELD: Mathematics (Mathematics Subject Classification: primary 05C50, secondary 05C90)

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

ARTICLE LANGUAGE: English

Abstract:

Introduction/purpose: The Laplacian energy (LE) is the sum of absolute values of the terms $\mu_i - 2m/n$, where μ_i , $i=1,2,\dots,n$, are the eigenvalues of the Laplacian matrix of the graph G with n vertices and m edges. The basic results of the theory of LE are outlined, and some new obtained.

Methods: Spectral theory of Laplacian matrices is applied.

Results: A new class of lower bounds for LE is derived.

Conclusion: The paper contributes to the Laplacian spectral theory and to the theory of graph energies.

Keywords: spectral graph theory, Laplacian spectrum (of graph), Laplacian energy.

Introduction

Throughout this paper, we are concerned with simple graphs, i.e. graphs without directed, multiple, or weighted edges, and without loops. Let G be such a graph, possessing n vertices and m edges. For details of the graph theory see (Harary, 1969), (Cvetković, 1981).

Let the vertices of the graph G be labeled by v_1, v_2, \dots, v_n . Let $\deg(v_i)$ be the degree (= number of first neighbors) of the vertex v_i . Then the Laplacian matrix of G , denoted by $L(G)$, is the square matrix of the order n , whose (i,j) -element is equal to -1 if the vertices v_i and v_j are adjacent, it is 0 when the vertices v_i and v_j are not adjacent, and $\deg(v_i)$ if $i=j$. The eigenvalues of $L(G)$, denoted by μ_i , $i=1,2,\dots,n$, form the Laplacian spectrum of the graph G . For details of the theory of Laplacian matrices and their spectra see (Grone et al, 1990), (Merris, 1994).

The (ordinary) *energy* of a graph is defined as the sum of absolute values of the eigenvalues of the adjacency matrix (Li et al, 2012), (Gutman & Furtula, 2019). Extending this concept to Laplacian eigenvalues, the *Laplacian energy* was defined as (Gutman & Zhou, 2006):

$$LE = \sum_{i=1}^n \left| \mu_i - \frac{2m}{n} \right|. \quad (1)$$

For details on the mathematical properties of the Laplacian energy see (Andriantiana, 2016), (Gutman & Furtula, 2019).

Preparations and the main results

The Laplacian eigenvalues μ_i , $i=1,2,\dots,n$, are non-negative real numbers. If the underlying graph G is connected, then exactly one of these eigenvalues is equal to zero (and the other $n-1$ eigenvalues are positive-valued). The following relations

$$\sum_{i=1}^n \mu_i = 2m \quad (2)$$

and

$$\sum_{i=1}^n \mu_i^2 = 2m + \sum_{i=1}^n \deg(v_i)^2 \quad (3)$$

are well known (Grone et al, 1990). At this point, we note that the sum of squares of vertex degrees is the much studied first Zagreb index; for details see (Borovičanin et al, 2017) and the references cited therein.

Combining Eqs. (2) and (3), we directly obtain

$$\sum_{i=1}^n \left| \mu_i - \frac{2m}{n} \right|^2 = 2M \quad (4)$$

where

$$M = m - \frac{2m^2}{n} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \deg(v_i)^2$$

Numerous upper and lower bounds for the Laplacian energy are known (Gutman & Zhou, 2006), (Andriantiana, 2016), of which we mention here

$$2\sqrt{M} \leq LE \leq 2M$$

and the McClelland-type upper bound

$$LE \leq \sqrt{2Mn}. \quad (5)$$

In this paper, we offer four new lower bounds for LE , namely

$$LE > \frac{abn + 2M}{a + b} \quad (6)$$

$$LE > \frac{2m}{n} + \frac{ab(n-1) + 2M - \left(\frac{2m}{n}\right)^2}{a + b} \quad (7)$$

$$LE > \frac{2\sqrt{ab}}{a + b} \sqrt{2Mn} \quad (8)$$

$$LE > \frac{2m}{n} + \frac{2\sqrt{ab}}{a + b} \sqrt{\left[2M - \left(\frac{2m}{n}\right)^2\right](n-1)} \quad (9)$$

For connected graphs with at least four vertices, all bounds (6)-(9) are strict.

The meaning of the parameters a and b is explained in the subsequent section. Observe that the multiplier in (8) and (9) is the ratio between the geometric and arithmetic means of a and b .

Proofs of bounds (6)-(9)

In order to avoid trivialities, we assume that the graphs considered are connected and have more than three vertices. Let

$$\left| \mu_i - \frac{2m}{n} \right| = X_i$$

and label the Laplacian eigenvalues of the considered graph so that

$$X_1 \geq X_2 \geq \dots \geq X_n.$$

In addition, let $X_1 = a$ and $X_n = b$. Then

$$(a - X_i)(b - X_i) = ab - (a + b)X_i + X_i^2 \leq 0 \quad (10)$$

holds for all $i=1,2,\dots,n$, and is strictly negative for at least one value of i . Summing (10) over all i , and bearing in mind Eqs. (1) and (4), we get

$$abn - (a + b)LE + 2M < 0$$

from which inequality (6) directly follows.

For connected graphs, exactly one Laplacian eigenvalue is equal to zero. Therefore, one X -value is equal to $2m/n$. Let this be $X_{\#}$.

If we sum (10) over all i , except $i = \#$, then we arrive at

$$ab(n-1) - (a+b) \left(LE - \frac{2m}{n} \right) + \left[2M - \left(\frac{2m}{n} \right)^2 \right] < 0$$

which implies inequality (7).

Applying the relation $P + Q \geq 2\sqrt{PQ}$, which holds for any positive real numbers P, Q , with equality if and only if $P=Q$, we can transfer inequality (6) into inequality (8). In the very same manner, bound (9) is obtained from (7).

It is worth noting that the lower bound (8) has a similar algebraic form as the upper bound (5). Thus (5) and (8) estimate the Laplacian energy from both sides in an analogous, McClelland-type manner.

It can be shown that among the lower bounds (6)-(9), bound (7) is the best. In addition, (6) is better than (8), whereas (7) is better than (9). Numerical testing shows that bound (6) is sharper than (9). However, to verify this by exact mathematical methods seems to be a tough task and remains an open problem.

A special case: regular graphs

A graph is said to be regular if all its vertices have equal degrees. Let, thus, the considered graph G be regular, and let $\deg(v_i)=r$ for all $i=1,2,\dots,n$. Then

$$\sum_{i=1}^n \deg(v_i) = nr, \quad \sum_{i=1}^n \deg(v_i)^2 = nr^2, \quad \frac{2m}{n} = r, \quad M = m.$$

Bearing this in mind, for regular graphs, inequalities (6)-(9) reduce to:

$$LE > \frac{(ab+r)n}{a+b} \quad (6a)$$

$$LE > r + \frac{ab(n-1) + r(n-r)}{a+b} \quad (7a)$$

$$LE > \frac{2\sqrt{ab}}{a+b} n\sqrt{r} \quad (8a)$$

$$LE > r + \frac{2\sqrt{ab}}{a+b} \sqrt{r(n-r)(n-1)} \quad (9a)$$

For regular graphs, the Laplacian and ordinary energies coincide. Therefore, bounds (6a)-(9a) hold also for the ordinary energy of regular graphs. Bounds of this kind (for ordinary graph energy) were recently communicated (Oboudi, 2019), (Gutman, 2019).

References

Andriantiana, E.O.D. 2016. Laplacian energy. In: Gutman, I. & Li, X. (Eds.), *Graph Energies - Theory and Applications*. Kragujevac: University of Kragujevac, pp.49-80.

Borovićanin, B., Das, K.C., Furtula, B., & Gutman, I. 2017. Bounds for Zagreb indices. *MATCH Communications in Mathematical and in Computer Chemistry*, 78(1), pp.17-100 [online]. Available at: http://match.pmf.kg.ac.rs/electronic_versions/Match78/n1/match78n1_17-100.pdf. [Accessed: 30 November 2019]

Cvetković, D. 1981. *Teorija grafova i njene primene*. Belgrade: Naučna knjiga (in Serbian).

Grone, R., Merris, R., & Sunder, V.S. 1990. The Laplacian Spectrum of a Graph. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 11(2), pp.218-238. Available at: <https://doi.org/10.1137/0611016>.

Gutman, I. 2019. Oboudi-type bounds for graph energy. *Mathematics Interdisciplinary Research*, 4(2), pp.151-155 [online]. Available at: http://mir.kashanu.ac.ir/article_96938_35e2a0e7a15dcdd1e796325b33542469.pdf. [Accessed: 30 November 2019]

Gutman, I., & Furtula, B. 2019. *Graph Energies: Survey, Census, Bibliography*. Kragujevac: Centar SANU. Bibliography.

Gutman, I., & Zhou, B. 2006. Laplacian energy of a graph. *Linear Algebra and its Applications*, 414(1), pp.29-37. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.laa.2005.09.008>.

Harary, F. 1969. *Graph Theory*. Addison-Wesley. Reading.

Li, X., Shi, Y., & Gutman, I. 2012. Introduction. In: *Graph Energy*. New York, NY: Springer Science and Business Media LLC., pp.1-9. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4220-2_1.

Merris, R. 1994. Laplacian matrices of graphs: A survey. *Linear Algebra and its Applications*, 197-198, pp.143-176. Available at: [https://doi.org/10.1016/0024-3795\(94\)90486-3](https://doi.org/10.1016/0024-3795(94)90486-3).

Oboudi, M.R. 2019. A new lower bound for the energy of graphs. *Linear Algebra and its Applications*, 580, pp.384-395. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.laa.2019.06.026>.

НОВЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ЛАПЛАСОВОЙ ЭНЕРГИИ

Иван Гутман

Университет в г. Крагуевац, Естественно-математический факультет,
г. Крагуевац, Республика Сербия

РУБРИКА ГРНТИ: 27.00.00 МАТЕМАТИКА

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

Резюме:

Введение/цель: Лапласова энергия (ЛЭ) графа является суммой абсолютных величин термина $\mu_i - 2t/n$, при чем μ_i , $i=1,2,\dots,n$, представляют собственные значения матрицы Лапласа графа G с n узлами и t ветвями. Кроме основных результатов теории Лапласа, в работе приведены и некоторые нововыявленные.

Методы: В работе применялась спектральная теория матриц Лапласа.

Результаты: Выявлен новый класс предельных значений энергии Лапласа.

Выводы: Данная работа делает вклад в развитие спектральной теории Лапласа и теории энергии графов.

Ключевые слова: спектральная теория графов, лапласовский спектр (графа), энергия Лапласа.

НОВА ОГРАНИЧЕЊА ЗА ЛАПЛАСОВУ ЕНЕРГИЈУ

Иван Гутман

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет,
Крагујевац, Република Србија

ОБЛАСТ: математика

ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни рад

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

Сажетак:

Увод/сврха: Лапласова енергија (LE) графа је сума апсолутних вредности израза $\mu_i - 2m/n$, где μ_i , $i=1,2,\dots,n$, представљају сопствене вредности Лапласове матрице графа G са n чворова и m грана. Поред основних резултата теорије Лапласове енергије дати су и неки новодобијени.

Метод: Коришћена је спектрална теорија Лапласових матрица.

Резултати: Изводи се нова класа доњих ограничења за Лапласову енергију.

Закључак: Рад даје допринос Лапласовој спектралној теорији као и теорији енергија графа.

Кључне речи: спектрална теорија графова, Лапласов спектар (графа), Лапласова енергија.

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 01.12.2019.

Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы / Датум достављања исправки рукописа: 20.12.2019.

Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум коначног прихватања чланка за објављивање: 22.12.2019.

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).



CALCULATING FRICTION FORCE AND THERMAL ACTION OF A JET ENGINE JET ON THE INNER SURFACE OF A TUBULAR GUIDE

Oleksandr M. Shyiko^a, Anatoly M. Pavlyuchenko^b,
Olexii A. Obukhov^c

^a National Agricultural University, Sumy, Ukraine,
e-mail: shyikoa@ukr.net, **corresponding author**,
ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-4297-911X>

^b National Agricultural University, Sumy, Ukraine,
e-mail: apavluenko22@gmail.com,
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0827-2847>

^c Research Center of Rocket Forces and Artillery, Sumy, Ukraine,
e-mail: obukhov.olexii@gmail.com,
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0846-2288>

DOI: 10.5937/vojtehg68-24619; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-24619>

FIELD: Mechanics, Artillery and Rocket Weapons

ARTICLE TYPE: Original scientific paper

ARTICLE LANGUAGE: English

Summary:

Introduction/purpose: To study the dynamics of launchers with sources of high-energy gas jets, it is relevant to calculate shear forces from the action of a high-temperature supersonic jet on the inner surface of a cylindrical channel and the temperature of the channel walls. The aim of this work is to develop a comprehensive method for calculating aerodynamic friction and heating on the inner surface of a tubular guide of a rocket.

Methods/results: The research method is based on the theory of supersonic gas flows in cylindrical channels and the theory of the boundary layer. The gas jet is considered continuous, stationary and axisymmetric. The system of differential equations of motion of the projectile in the guide integrates numerically over time. The flow parameters in the pipe sections are found according to the dependences of the theory of supersonic gas flows, taking into account friction losses. To calculate shear stress on the guide wall, we use the relations of the asymptotic theory of the turbulent boundary layer, the theory of turbulent spots of Emmons of the transition boundary layer, and data on the Reynolds numbers of the beginning of the laminar-turbulent transition in wind tunnels. At the same time, the differential equation for heating the thin wall of the guide in the range of contact between the surface of the guide and the jet is numerically integrated. The calculations of the distribution of flow parameters, friction force and the temperature of the

wall of the tubular guide during the movement of the projectile inside the jet from the moment the engine is started to the moment the shell exits completely from the guide are performed and graphically presented.

Conclusions: This method of calculating aerodynamic friction and heating on the inner surface of a tubular guide of a rocket due to a high temperature supersonic gas jet - taking into account the effects of nonisothermality, compressibility and laminar-turbulent transition in the boundary layer - can be used to study the dynamics of the launch of rockets from launchers equipped with tubular guides.

Keywords: launcher, tubular guide, rocket, engine jet, boundary layer, friction force of the jet, heating the tubular guide.

Introduction

The movement of certain mechanical objects in cylindrical channels, for example, rockets in tubular guides of launchers (Fig. 1), occurs under the influence of a high-temperature supersonic gas jet. To ensure strength from power and thermal load of the jet, to create physical and mathematical models of the dynamics of propulsion systems with sources of high-energy gas jets, it is relevant to calculate the normal and tangential forces from the action of a high-temperature supersonic jet on the inner surface of the cylindrical channel and the temperature of the channel walls.

Many publications devoted to the oscillations of launchers at the launch of rockets from tubular guides do not take into account the action of gas-dynamic friction forces on the inner surface of the tubular guide from the side of the high-energy high-temperature jet of gases from the rocket engine during its movement inside the tubular guide (Svetlickij, 1986), (Somoia et al, 2007, pp.95-97), (Dziopa et al, 2015, pp.72-73). Some of these publications (Antunevich et al, 2017, pp.209-210), (Svetlickij, 1986) contain an indication of the need to use the pressure of the gas jet in the calculations of launcher oscillations. At the same time, the content embedded in this concept is not disclosed and the method for calculating the force is not described.

In his work, Bogomolov (2003, pp.89-97) describes in detail a method for calculating the friction force of a gas jet of a jet engine on the inner surface of a tubular guide. The disadvantage of the described method is that the calculation of the friction force is based on the equations of an incompressible fluid, without taking into account the compressibility of the jet and heating of the guide wall.



Figure 1 – Mobile launcher with a tubular guide
Рис. 1 – Мобильная пусковая установка с трубчатой направляющей
Слика 1 – Самоходни вишецевни ракетни лансер

Purpose of the research

This work aims at developing a comprehensive method for calculating aerodynamic friction and heating on the inner surface of a rocket tubular guide from the action of a high-temperature supersonic gas jet. The calculation method should take into account the effects of non-isothermality, compressibility and laminar-turbulent transition in the boundary layer on the streamlined inner surface of the tubular guide. The aim is also to perform and graphically present the calculations of the distribution of flow parameters, friction force, and the temperature of the wall of the tubular guide when the projectile moves inside the tubular guide from the moment the engine starts and until the projectile completely leaves the guide.

Presentation of the main material

In this paper, we consider the methodology and the results of calculating the time-variable total friction force on the inner surface of a cylindrical channel and heating a thin channel wall from the passage of a source of a high-temperature supersonic gas jet. The calculation is performed under the following assumptions: the gas jet is continuous, stationary, one-dimensional and axisymmetric; the parameters at the beginning of the jet are determined by the parameters in the outlet

section of the nozzle of the jet source and are constant over the pipe section. Constant along the pipe cross section, the average flow parameters in the channel are found according to the dependences of the theory of adiabatic supersonic gas flows in cylindrical channels of a constant cross section, taking into account friction losses. The calculation of the friction force and heating of the wall of the tubular guide is carried out using the calculation model of the translational motion of the projectile in the guide (Fig. 2).

The system of differential equations for the accelerated motion of the center of mass of the projectile takes into account the action of the engine's traction force \vec{P} , the force of gravity \vec{Mg} , the friction force \vec{F}_T , the support reaction \vec{R} , and the components of the helical groove reaction \vec{N}_x and \vec{N}_y . The system of equations is solved numerically by the Runge-Kutta method. At each next step of numerical integration, there is an elementary movement of the projectile inside the tubular guide and the flow parameters are calculated in the interval between the engine nozzle cross section and the cross section of the tubular guide exit. At the same time, the numerical integration of the differential equation for heating the wall of the tubular guide in this interval occurs. The calculations occur in the following sequence.

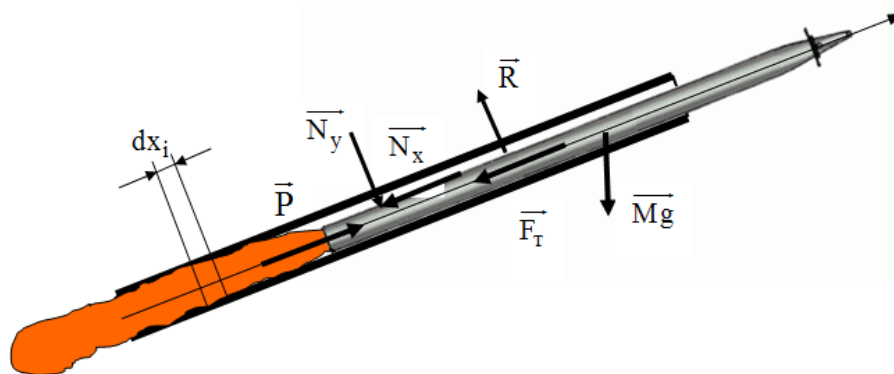


Figure 2 – Calculation model of the movement of the projectile in the tubular guide
 Рис. 2 – Расчетная модель движения снаряда в трубчатой направляющей
 Слика 2 – Модел прорачуна кретања пројектила у лансирној цеви

The gas flow velocity at the nozzle exit of the jet engine will be found by the dependence (Abramovich, 1991)

$$V_a = \lambda_a \cdot a_{kp} = \lambda_a \cdot \sqrt{\frac{2k}{k+1} \cdot R_\mu \cdot T_k} \quad (1)$$

where λ_a – the relative velocity at the nozzle exit of the engine, a_{kp} – the critical velocity of the gas stream; T_k – the temperature in the engine chamber; k – the adiabatic index; and R_μ – the specific gas constant. The pressure, density and temperature of the gas at the nozzle exit of the jet engine will be found from the corresponding known dependencies for the adiabatic flow:

$$p_a = p_c \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda_a^2\right)^{\frac{k}{k-1}}; \rho_a = \rho_c \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda_a^2\right)^{\frac{1}{k-1}};$$

$$T_a = T_k \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda_a^2\right) \quad (2)$$

The relative velocity λ_a at the nozzle exit of the engine is obtained by solving the λ_a equation (Abramovich, 1991)

$$\lambda_a \cdot \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda_a^2\right)^{\frac{1}{k-1}} = q(\lambda_a) \quad (3)$$

In this case, the reduced mass flux density at the nozzle exit $q(\lambda_a)$ is equal to the ratio of the mass flux density ($\rho_a \cdot V_a$) at the nozzle exit to the mass flux density in the critical nozzle section. For the known areas of the critical S_{kp} and output S_a sections of the nozzle, we perform a calculation from the dependence $q(\lambda_a) = S_{kp}/S_a$ (ρ_k, V_k – the density and velocity of the gas flow in the critical section of the nozzle, respectively).

The relative velocity λ_i in the section is related to the relative velocity in the previous section λ_{i-1} by the specific work of the friction forces with the following dependence (Abramovich, 1991):

$$\frac{1}{\lambda_{i-1}^2} - \frac{1}{\lambda_i^2} - \ln\left(\frac{\lambda_i^2}{\lambda_{i-1}^2}\right) = \frac{2k}{k+1} \cdot \xi_{i-1} \cdot \frac{dx_i}{D} \quad (4)$$

The friction drag coefficient of the elementary region ξ_i is determined by the Nikuradze formula for the turbulent adiabatic flow of an incompressible fluid in a technically smooth cylindrical channel

$$\xi_i = 0.0032 + 0.221/Re_i^{0.237}, \quad (5)$$

where the local Reynolds number $Re_i = V_i \cdot D/\nu_i$; V_i, ν_i – average velocity and kinematic viscosity of the flow in the elementary region. In the future, when calculating all other parameters of the gas jet, we will consider them as the average cross section. Due to the constant braking temperature, the critical velocity along the pipe also does not change. In connection with this, the ratio of the relative velocities in the pipe sections is equal to the ratio of velocities and, based on the continuity equation, the inverse ratio of densities. The velocity and density in an arbitrary section is related to the velocity and density in the previous section of the pipe by the given velocities as follows:

$$V_i = V_{i-1} \cdot \frac{\lambda_i}{\lambda_{i-1}}; \quad \rho_i = \rho_{i-1} \cdot \frac{\lambda_{i-1}}{\lambda_i} \quad (6)$$

In this case, the static pressure in an arbitrary section of the tubular guide p_i is expressed through the pressure p_{i-1} in the previous section, the relative velocity in this and the previous section of the pipe in this way (Abramovich, 1991)

$$p_i = p_{i-1} \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda_i^2\right) / \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda_{i-1}^2\right) \cdot \frac{\lambda_{i-1}}{\lambda_i} \quad (7)$$

where λ_i – the relative velocity in the tubular guide section, and λ_{i-1} – the relative velocity in the previous tubular guide section.

The dependence of the kinematic viscosity coefficient ν_i (m²/s) on pressure is taken into account using the dependence (Bogomolov, 2003)

$$\nu_i = 5.35/p_i \quad (8)$$

where p_i is the static pressure p according to (7) in kgf/m².

The elementary friction force is determined using the theory of the boundary layer. Depending on the values of the Reynolds number calculated from the average values of the flow parameters in the channel, the flow in each elementary section of the pipe is considered laminar, transitional or developed turbulent. The calculated value of the Reynolds number of the beginning of the laminar-turbulent transition is taken from the given experiments on the transition in supersonic wind tunnels. The average values of the flow parameters in the guide tube calculated from dependences (6)-(7) are taken as the values of the flow parameters at the outer boundary of the boundary layer (velocity $u_e = V_i$, static pressure $p_e = p_i$, density $\rho_e = \rho_i$).

To determine the local coefficient of friction in the boundary layer on the inner surface of the tubular guide in the case of a laminar boundary layer, the known dependences are used for the longitudinal flow around a flat plate taking into account non-isothermality (Kutateladze, 1979)

$$C_{f_l} = C_{f_0} \cdot \psi^{-0,11} \cdot \psi^*^{-0,04} \quad (9)$$

where ψ, ψ^* are the parameters that take into account the non-isothermal flow around the flat plate with the laminar boundary layer; $\psi = T_w / T_{r,e}$ – the temperature factor, $\psi^* = T_{r,e} / T_e$ – the kinetic temperature factor; T_w – the temperature of the surface of the channel wall; T_e – the temperature at the outer boundary of the boundary layer; $T_{r,e}$ – the temperature recovery boundary layer; C_{f_0} – the local coefficient of friction for the laminar boundary layer of an incompressible fluid on a flat longitudinally streamlined plate with the same Reynolds number on the outer boundary of the boundary layer, which can be calculated, for example, according to the Blasius formula (Kutateladze, 1979)

$$C_{f_0} = \frac{0,664}{\sqrt{Re_e}}; \quad Re_{x,e} = \frac{\rho_e \cdot u_e \cdot X}{\mu_e} \quad (10)$$

where X is the distance from the nozzle exit of the gas stream source to the place of determination of the Reynolds number of the elementary section of the channel and μ_e is the dynamic coefficient of viscosity of fuel combustion products at the outer boundary of the boundary layer.

The recovery temperature $T_{r,e}$ calculated from the parameters T_e and M_e at the outer boundary of the laminar boundary layer (Kutateladze, 1979) is

$$T_{r,e} = T_e \cdot \left(1 + r_n \frac{k-1}{2} \cdot M_e^2 \right); \quad r_n = \sqrt{Pr} \quad (11)$$

For gases, the Prandl number practically does not change with temperature (for diatomic gases $Pr \geq 0.72$, for triatomic and polyatomic gases $0.75 \leq Pr \leq 1$). We find the Mach number M_e at the outer boundary of the boundary layer by recalculating relative velocity in the elementary section λ_i , determined by dependence (4), into the Mach number in this section, assuming the indicated gas flow parameters to be constant along the length of the guide elementary section:

$$M_e^2 = M_i^2 = \left(\frac{2}{k+1} \cdot \lambda_i^2 \right) / \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda_i^2 \right) \quad (12)$$

The non-isothermal flow of a high-temperature supersonic gas stream around the inner surface of the tubular guide is taken into account using the temperature of the guide wall, which is included in the expressions for the temperature factor $\psi = T_w / T_{r,e}$, using the differential heat balance equation for a thin wall (Leontiev & Pavlyuchenko, 2008):

$$\rho_w \cdot c_w \cdot \delta_w \cdot \frac{dT_w}{d\tau} = \alpha \cdot (T_{r,e} - T_w) \quad (13)$$

where T_w – the wall temperature; τ – the time; ρ_w, c_w, δ_w – the wall density, heat capacity and thickness; α – the heat transfer coefficient for external laminar or turbulent flow.

In the case of a laminar flow regime, the heat transfer coefficient α_l according to the formula containing the Stanton number St (Kutateladze, 1979) reads:

$$\alpha_l = St_l \cdot \rho_e \cdot u_e \cdot c_{p,e}, \quad (14)$$

where

$$St_l = \frac{0,332}{\sqrt{Re_{x,e}}} \cdot \frac{\sqrt{\psi_l}}{Pr^{2/3}}; \quad \psi_l = \psi^{-0,22} \cdot \psi^*^{-0,08},$$

$\rho_e, u_e, c_{p,e}$ – the density, speed and heat capacity, respectively, of the fuel combustion products in the solid propellant rocket engine at the outer boundary of the boundary layer in the guide tube at constant pressure.

To calculate the local coefficient of friction and the heat transfer coefficient in the boundary layer on the inner surface in the guide tube in the case of a turbulent boundary layer, we use the results of the asymptotic theory of the turbulent boundary layer by academicians S.S. Kutateladze and A.I. Leontiev. The theory is valid both for Reynolds numbers $Re \rightarrow \infty$ and for their arbitrarily large finite values. Based on this theory, the method of calculating heat transfer and friction has demonstrated its effectiveness in solving complex problems of heat transfer and turbulent friction both in internal flow conditions (nozzles, heat exchangers, etc.) and in solving aerodynamic problems in external flow. An important advantage of the method is its efficiency and, to a certain extent, universality, which is determined by the possibility of separately accounting for the influence on heat transfer and friction of compressibility, non-isothermal and longitudinal pressure gradient by the corresponding relative laws of friction when calculating heat transfer and surface friction resistance in a boundary turbulent layer.

In accordance with (Kutateladze et al, 1985), the local coefficient of friction for a non-isothermal compressible turbulent boundary layer can be calculated from the dependence:

$$C_{fT} = C_{f0} \cdot (\Psi_M \cdot \Psi_t)^{0.8} \cdot \left(\frac{\mu_w}{\mu_e} \right)^{0.2}, \quad C_{f0} = 0,0576 \cdot Re_{x,e}^{-0.2}, \quad Re_{x,e} = \frac{\rho_e \cdot u_e \cdot x}{\mu_e}, \quad (15)$$

C_{f0} – the local coefficient of friction for a turbulent boundary layer of an incompressible fluid on a flat plate is the same $Re_{x,e}$; μ_w , μ_e – the value of the dynamic viscosity coefficient of the liquid at the wall temperature T_w and the flow temperature at the outer boundary of the boundary layer T_e , respectively; $Re_{x,e}$ – the Reynolds number at the outer boundary of the boundary layer, which is determined taking into account the dependence of the velocity u_e on the longitudinal pressure gradient $gradP_x$; Ψ_M and Ψ_t – relative laws of friction resistance, taking into account compressibility and non-isothermality in the boundary layer, respectively

$$\Psi_M = \left[\frac{\arctg \left\{ M_e \cdot \sqrt{r_T \cdot \frac{k-1}{2}} \right\}}{M_e \cdot \sqrt{r_T \cdot \frac{k-1}{2}}} \right]^2; \quad \Psi_t = \left[\frac{2}{\sqrt{\frac{T_w}{T_{r,e}} + 1}} \right]^2, \quad (16)$$

$T_{r,e}$ – the recovery temperature calculated by the parameters T_e and M_e at the outer boundary of the turbulent boundary layer; $r_T = \sqrt[3]{Pr}$ – the coefficient of temperature recovery for a turbulent boundary layer; Pr – the Prandtl number; $k = 1.25$ (Bogomolov, 2003) is the adiabatic index of the propellant products of solid propellant combustion. The Stanton number, which determines the heat transfer in a non-isothermal compressible turbulent boundary layer to the surface of the streamlined body, in accordance with (Kutateladze et al, 1985), can be calculated from the following relationships:

$$St_T = St_0 \cdot (\Psi_M \cdot \Psi_t)^{0.8} \cdot \left(\frac{\mu_w}{\mu_e}\right)^{0.2}; \quad St_0 = 0,0288 \cdot Re_{e,x}^{-0,2} \cdot Pr^{-2/3}, \quad (17)$$

In this case, the heat transfer coefficient for a non-isothermal compressible turbulent boundary layer has the expression:

$$\alpha_T = St_T \cdot \rho_e \cdot u_e \cdot c_{p,e} \quad (18)$$

The calculation of the local values of the coefficient of friction and the heat transfer coefficient on the inner surface of the tubular guide under conditions of laminar-turbulent transition is carried out using the theory of turbulent spots of Emmons (Emmons, 1951, p.490). According to Emmons, the transition region is characterized by the alternating appearance of turbulent spots which do not interact with each other and which, expanding along the flow, merge to form a turbulent boundary layer. The intermittency of turbulent spots relative to a streamlined surface is characterized by the alternation of laminar and turbulent flows in the transition zone. This process is quantified using the intermittency coefficient γ . The expressions for γ , which varies from 0 to 1, are used in calculating the coefficients of friction and heat transfer resistance in the region of the laminar-turbulent transition using the values of the friction and heat transfer coefficients for the laminar and turbulent flow regimes under given conditions at the outer boundary of the boundary layer.

In (Chen & Thyson, 1971, p.821), on the basis of the theory of Emmons's turbulent spots and the established relationship between the spot formation rate and the Reynolds number at the beginning of the transition zone, an expression was obtained for the intermittency coefficient which is valid for a laminar-turbulent flow around a thermally insulated surface:

$$\gamma = 1,0 - \exp\left[-G_1 \cdot (x - x_H)^2 / u_e\right], \quad (19)$$

$$G_1 = \frac{3,507}{A^2} \cdot Re_{tr}^{-1,34} \cdot \frac{u_e^3 \cdot \rho_e^2}{\mu_e^2}, \quad A = 60 + 4,68 \cdot M_e^{1,92}$$

where G_1 – the velocity of formation of turbulent spots; x_H – the longitudinal coordinate of the point of the beginning of the laminar-turbulent transition in the boundary layer; Re_{tr} – the Reynolds number at the beginning of the transition zone.

In the case of the laminar-turbulent transition in the supersonic boundary layer, the heat balance equation for a thin wall under the Biot criterion $Bi \ll 1.0$ has the form (Leontiev & Pavlyuchenko, 2008)

$$\rho_w \cdot c_w \cdot \delta_w \cdot \frac{dT_w}{d\tau} = [\alpha_l \cdot (1 - \gamma) + \alpha_T \cdot \gamma] \cdot (T_{r,e} - T_w) \quad (20)$$

where α_l and α_T are the heat transfer coefficients for laminar and turbulent flows in the boundary layer, respectively, according to dependences (14) and (18).

If the Reynolds numbers at the points of the streamlined surface reach the beginning of the laminar-turbulent transition Re_{tr} , the calculation of the local friction coefficient in the transition zone should be carried out according to

$$C_f = C_{fl} \cdot (1 - \gamma) + C_{fT} \cdot \gamma, \quad (21)$$

where C_{fl} and C_{fT} are the local friction coefficients for the laminar and turbulent boundary layer and γ is the intermittency coefficient according to dependence (19). The elementary friction force of a gas jet in a section of a rocket tube guide with a diameter D is determined by the local coefficient of friction, the velocity-head of the stream, calculated from the parameters at the outer boundary of the boundary layer, and the area of the elementary section of the inner surface of the tubular guide:

$$F_i = c_f \cdot \frac{\rho_i \cdot V_i^2}{2} \cdot S_i = 0,5 \cdot \pi \cdot D_i \cdot c_f \cdot \rho_i \cdot V_i^2 \cdot dx_i \quad (22)$$

Using the above dependencies, the distribution of the average parameters of the gas flow from the jet engine inside the tubular guide, the friction force on the inner surface of the tubular guide, and the temperature of the wall of the tubular guide from the action of a high-temperature gas jet were calculated for the following parameters: the inner diameter of the guide $D = 0.122$ m, the length of the guide $L = 3.0$ m, the estimated time of the projectile in the guide $\tau = 0.131$ s., the critical sectional area of the nozzle of the solid propellant motor $S_{kr} = 19.6 \cdot 10^{-4}$ m², and the cut-off area of the nozzle of the solid propellant motor $S_a = 75.2 \cdot 10^{-4}$ m². The pressure in the chamber of the rocket engine $p_c = 13$ mPa, the temperature in the chamber of the rocket engine $T_k = 2200$ K, the density of the products of combustion of rocket powder in the combustion chamber of the engine $\rho_c = 17.06$ kg/m³, the specific gas constant for the products of combustion of rocket powder $R_\mu = 346.42$ J/(kg·K), the adiabatic index for the products of combustion of rocket powder $k=1,25$, the Prandtl number $Pr = 0.75$, and the Reynolds number at the beginning of the transition zone $Re_{tr} = 5 \cdot 10^6$.

The relative velocity at the nozzle exit of the engine is found from equation (3) by the method of successive approximations. The average flow parameters over the pipe cross section are found according to the theory of supersonic one-dimensional adiabatic gas flows in cylindrical channels of constant cross section, taking into account viscous friction losses in accordance with the Darcy-Weisbach formula and the friction coefficient calculated by the Nikuradze formula (5). The relative velocity at each elementary section of the tubular guide is found from equation (4) by the method of successive approximations. The friction force is calculated on the basis of the theory of a compressible boundary layer taking into account the non-isothermal flow around the inner surface of the tubular guide, the use of relations for friction and heat transfer of the laminar boundary layer, the asymptotic theory for the turbulent boundary layer S. S. Kutateladze and A. I. Leontyev, the theory of turbulent spots of Emmons of the transition boundary layer, and the data on the Reynolds numbers of the beginning of the laminar-turbulent transition obtained in wind tunnels.

Fig. 3 shows the results of the calculations of the friction force of a gas jet on the inner surface of a tubular guide.

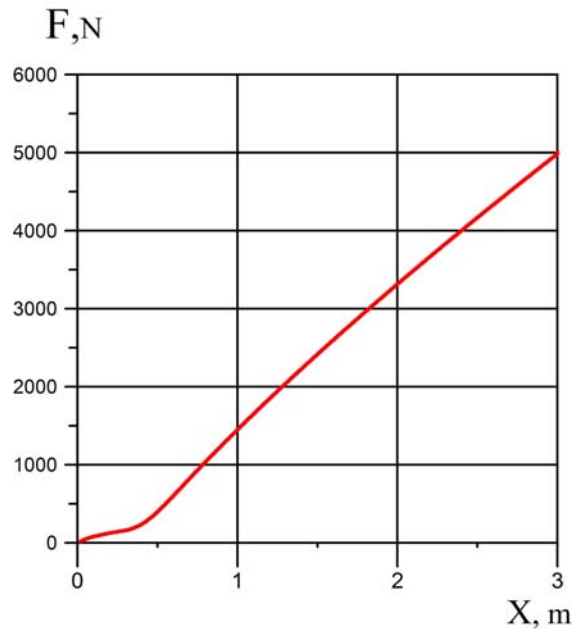


Figure 3 – Calculated dependences of the friction force F of the gas jet on the inner surface of the tubular guide on the displacement X of the nozzle of the projectile's engine inside the guide (the projectile moves from left to right)

Рис. – 3 Расчетная зависимость силы трения F газовой струи на внутренней поверхности трубчатой направляющей от перемещения X среза сопла двигателя снаряда внутри направляющей (снаряд движется слева направо)

Слика – 3 Израчуната зависност силе трења F млаза гаса на унутрашњој површини лансирне цеви од кретања X пресека млазнице мотора пројектила унутар водилице (пројектил се помера са леве на десну страну)

In Fig. 4, the calculated dependence of the Mach number and the relative flow velocity λ along the length of the tubular guide at the moment the projectile leaves the guide is shown. The dependences for the velocity and density of the gas flow along the length of the pipe are shown in Fig. 5. Fig. 6 shows the calculated distribution of the dependence of the intermittency coefficient γ along the tubular guide length. Fig. 7 presents the calculated dependence of the tubular guide length on its wall temperature calculated using the differential equation for a thin wall, taking into account fluid compressibility and non-isothermality in the boundary layer. The temperature distribution corresponds to the moment the projectile leaves the guide.

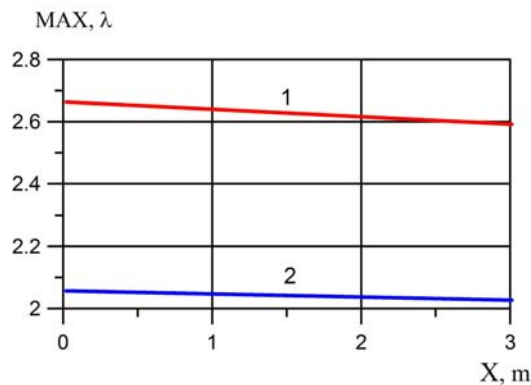


Figure 4 – Calculated dependence of the Mach number M (1) and the relative velocity of the gas stream λ (2) along the length of the tubular guide at the moment the projectile leaves the guide (the flow moves from right to left)

Рис. 4 – Расчетная зависимость числа Маха M (1) и относительной скорости газового потока λ (2) по длине трубчатой направляющей в момент выхода снаряда из направляющей (поток движется справа налево)

Слика 4 – Израчуната зависност маховог броја M (1) и релативне брзине протока гаса λ (2) дуж лансирне цеви у тренутку избацавања пројектила из цеви (поток се креће са десне на леву страну)

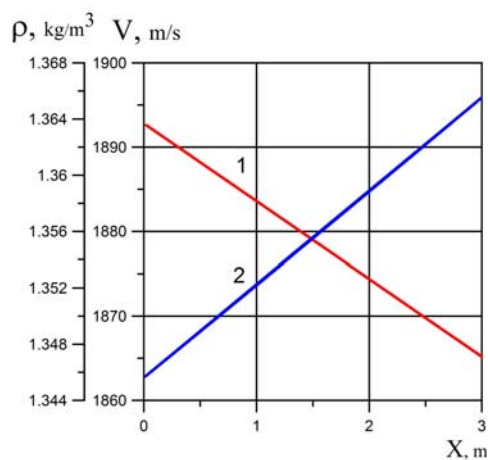


Figure 5 – Calculated dependence of the velocity V (1) and density ρ (2) along the length of the tubular guide at the moment the projectile leaves the guide (the flow moves from left to right)

Рис. 5 – Расчетная зависимость скорости V (1) и плотности ρ (2) по длине трубчатой направляющей в момент выхода снаряда из направляющей (поток движется слева направо)

Слика 5 – Процењена зависност брзине V (1) и густине ρ (2) дуж лансирне цеви у тренутку избацавања пројектила из цеви (поток се помера са леве на десну страну)

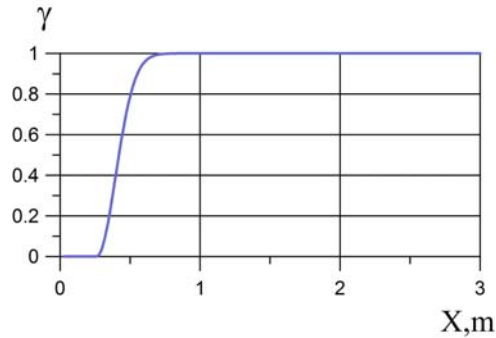


Figure 6 – Calculated dependence of the intermittency coefficient γ along the length of the tubular guide at the moment the projectile leaves the guide (the flow moves from left to right)

Рис. 6 – Расчетная зависимость коэффициента перемежаемости γ по длине трубчатой направляющей в момент выхода снаряда из направляющей (поток движется слева направо)

Слика 6 – Процењена зависност коефицијента испрекиданости дуж лансирне цеви у тренутку избацивања пројектила из цеви (поток се помера са леве на десну страну)

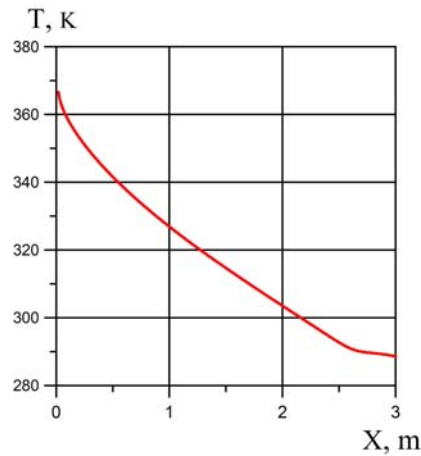


Figure 7 – Calculated dependence for the temperature of the wall T_w of the tubular guide along its length at the moment the projectile leaves the guide (the flow moves from right to left)

Рис. 7 – Расчетные значения температуры стенки трубчатой направляющей T_w по ее длине в момент выхода снаряда из направляющей (поток движется справа налево)

Слика 7 – Прорачунате вредности температуре зида лансирне цеви T_w дуж цеви у тренутку избацивања пројектила из цеви (поток се креће са десне на леву страну)

Conclusions

1. A complex method has been developed for calculating aerodynamic friction and heating on the inner surface of a rocket-guiding tube due to the action of a high temperature supersonic gas jet, taking into account the effects of non-isothermality, compressibility and laminar-turbulent transition in the boundary layer on the streamlined inner surface of the tubular guide.

2. The developed method is based on the use of relations for the laminar boundary layer, the asymptotic theory for the turbulent boundary layer of S.S. Kutateladze and A.I. Leontyev, the theory of turbulent spots of Emmons of the transition boundary layer and the data from the Reynolds numbers of the beginning of the laminar-turbulent transition obtained in wind tunnels.

3. The obtained numerical results show calculating the friction force of a high-temperature gas jet on the inner surface of the tubular guide and the temperature of the thin-walled tubular guide when moving inside the guide of a missile with a working engine in real time.

4. The results of the calculations of the gas jet friction force, obtained on the basis of the developed method, can be used to study the dynamics of the launch of rockets from launchers equipped with tubular guides.

References

Abramovich, G.N. 1991. *Prikladnaja gazovaja dinamika*. Moscow: Nauka, Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury (in Russian). (In the original: Абрамович, Г.Н. 1991. Прикладная газовая динамика. Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы).

Antunovich, A.L., Il'jov, I.G., Goncharenko, V.P.& Mironov, D.N. 2017. Application of mathematical models for the analysis of complex mechanical system undergoing heterogeneous variable actions. *Repository of Belarusian National Technical University*, pp.207-213 (in Russian). (In the original: Антуневич, А.Л., Ильёв, И.Г., Гончаренко, В.П., Миронов, Д.Н. 2017. Применение математической модели для анализа сложной механической системы, подверженной неоднородным переменным воздействиям. Репозиторий БНТУ, с.207-213). [online]. Available at: <http://rep.bntu.by/handle/data/28261>. [Accessed: 21 December 2019].

Bogomolov, A. I. 2003. *Osnovaniya ustrojstva i raschet reaktivnyh system*. Penza: Penza Artillery Engineering Institute (in Russian). (In the original: Богомолов, А.И. 2003. Основания устройства и расчет реактивных систем. Пенза: Пензенский артиллерийский инженерный институт).

Chen, K.K., & Thyson, N.A. 1971. Extension of Emmons' spot theory to flows on blunt bodies. *AIAA Journal*, 9(5), pp.821-825. Available at: <https://doi.org/10.2514/3.6281>.

Dziopa, Z., Buda, P., Nyckowski, M., & Pawlikowski, R. 2015. Dynamics of an unguided missiles launcher. *Journal of theoretical and applied mechanics*, 53(1), pp.69-80. Available at: <https://doi.org/10.15632/jtam-pl.53.1.69>.

Emmons, H.W. 1951. The Laminar-Turbulent Transition in a Boundary Layer. Part I. *Journal of the Aeronautical Sciences*, 18(6), p.490. Available at: <https://doi.org/10.2514/8.2010>.

Kutateladze, S.S. 1979. *Osnovy teorii teploobmena*. Moscow: Atomizdat (in Russian). (In the original: Кутателадзе, С.С. 1979. Основы теории теплообмена. Москва: Атомиздат).

Kutateladze, S.S. et al. 1985. *Teplomassoobmen i trenie v turbulentnom pograničnom sloe*. Moscow: Jenerģija (in Russian). (In the original: Кутателадзе, С.С. и др. 1985. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. Москва: Энерģия).

Leontiev, A.I., & Pavlyuchenko, A.M. 2008. Investigation of laminar-turbulent transition in supersonic boundary layers in an axisymmetric aerophysical flight complex and in a model in a wind tunnel in the presence of heat transfer and suction of air. *High Temperature*, 46(4), pp.542-565. Available at: <https://doi.org/10.1134/s0018151x08040159>.

Somoiaĝ, P., Moraru, F., Safta, D., & Moldoveanu, C. 2007. A Mathematical Model for the Motion of a Rocket-Launching Device System on a Heavy Vehicle. *WSEAS transactions on applied and theoretical mechanics*, 4(2), pp.95-101 [online]. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/261708644>. [Accessed: 21 December 2019].

Svetlickij, V.A. 1986. *Dinamika starta letatelnyh apparatov*. Moscow: Nauka (in Russian). (In the original: Светлицкий, В.А. 1986. Динамика старта летательных аппаратов. Москва: Наука).

РАСЧЕТ СИЛОВОГО И ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРУИ ДВИГАТЕЛЯ РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА НА ВНУТРЕННЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ ТРУБЧАТОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ

Александр Н. Шийко, **корреспондент**^а, Анатолий М. Павлюченко^а, Алексей А. Обухов^б

^а Национальный аграрный университет, Сумы, Украина

^б Научно-исследовательский центр ракетных войск и артиллерии, Сумы, Украина

РУБРИКА ГРНТИ: 78.25.16 Вооружение и техника ракетных войск;
78.25.17 Вооружение и техника войск ПВО

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

Резюме:

Введение/цель: Для исследования динамики пусковых установок с источниками высокоэнергетических газовых струй актуальным является расчет касательных усилий от действия высокотемпературной сверхзвуковой струи на внутреннюю поверхность цилиндрического канала и температуры стенок канала. Целью данной работы является разработка комплексного метода расчета аэродинамического трения и нагрева на внутренней поверхности трубчатой направляющей реактивного снаряда.

Методы/результаты: Метод исследования основывается на теории сверхзвуковых газовых течений в цилиндрических каналах и теории пограничного слоя. Газовая струя считается непрерывной, стационарной и осесимметричной. Система дифференциальных уравнений движения снаряда в направляющей интегрируется численно по времени. Параметры потока в сечениях трубы расположены по зависимостям теории сверхзвуковых газовых течений с учетом потерь на трение. Для расчета касательного напряжения на стенке направляющей используются соотношения асимптотической теории турбулентного пограничного слоя, теория турбулентных пятен Эммонса переходного пограничного слоя и данные о числах Рейнольдса начала ламинарно-турбулентного перехода в аэродинамических трубах. В то же время численно интегрируется дифференциальное уравнение нагрева тонкой стенки направляющей в интервале контакта поверхности направляющей со струей. Выполнены и графически представлены расчеты распределения параметров потока, силы трения и температуры стенки трубчатой направляющей при движении снаряда внутри направляющей с момента запуска двигателя и до момента полного выхода снаряда из направляющей.

Выводы: Данный метод расчета аэродинамического трения и нагрева на внутренней поверхности трубчатой направляющей реактивного снаряда от высокотемпературной сверхзвуковой газовой струи с учетом эффектов неизотермичности, сжимаемости, ламинарно-турбулентного перехода в пограничном слое, может быть использован при исследовании динамики старта реактивных снарядов из пусковых установок, оборудованных трубчатыми направляющими.

Ключевые слова: пусковая установка, трубчатая направляющая, ракета, реактивный двигатель, пограничный слой, сила трения струи, нагрев трубчатой направляющей.

ПРОРАЧУН СИЛЕ ТРЕЊА И ТОПЛОТНОГ УТИЦАЈА МЛАЗА МЛАЗНОГ МОТОРА НА УНУТРАШЊУ ПОВРШИНУ ЛАНСИРНЕ ЦЕВИ

Александар Н. Шијко, **аутор за преписку**^а, Анатолиј М. Пављученко^а,
Алексеј А. Обухов^б

^а Национални пољопривредни универзитет, Суми, Украјина

^б Научно-истраживачки центар артиљеријско-ракетних јединица,
Суми, Украјина

ОБЛАСТ: механика, артиљеријско-ракетно наоружање

ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни рад

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

Сажетак:

Увод/циљ: За проучавање динамике лансера са изворима млазева гаса велике енергије важно је израчунати силе смицања услед дејства суперсоничног млаза високе температуре на унутрашњу површину цилиндричног канала и температуру зидова канала. Циљ овог рада јесте развијање свеобухватне методе израчунавања аеродинамичког трења и загревања на унутрашњој површини вишецевног ракетног лансера.

Методе/резултати: Метода истраживања заснована је на теорији струјања гаса при суперсоничним брзинама у цилиндричним каналима и на теорији граничног слоја. Полази се од претпоставке да је млаз гаса непрекидан, стационаран и осносиметричан. Систем диференцијалних једначина кретања пројектила у лансеру нумерички се интегрише с временом. Параметри струјања у деловима цеви утврђују се у зависности од теорије струјања гаса при суперсоничним брзинама, узимајући у обзир губитке због трења. Да би се израчунао напон смицања на зиду лансера, користили су се: однос асимптотске теорије турбулентног граничног слоја, Емонсова теорија турбулентних тачака прелазног граничног слоја, као и подаци о Рејнолдсовим бројевима почетка ламинарно-турбулентне транзиције у аеро-тунелима. Истовремено се интегрише диференцијална једначина загревања танког зида лансирне цеви у распону контаката између површине лансера и млаза. Израчуната је расподела параметара струјања, сила трења и температура зида лансирне цеви током кретања пројектила од тренутка покретања мотора до тренутка када пројектил потпуно излази из лансера, што је и графички представљено.

Закључци: Узимајући у обзир ефекте неизотермичности и стишљивости при прелазу из ламинарног у турбулентни гранични слој, ова метода прорачуна аеродинамичког трења и загревања на унутрашњој површини ракетног лансера, услед

дејства суперсоничног млаза гаса велике енергије, може да се користи за проучавање динамике лансирања ракета из ракетних лансера који су опремљени лансирним цевима.

Кључне речи: лансер, лансирна цев, ракета, млазни мотор, гранични слој, сила трења млаза, загревање лансирне цеви.

Дата получения статьи / Paper received on / Датум пријема чланка: 30.12.2019.
Дата получения откорректированной версии статьи / Manuscript corrections submitted on / Датум достављања исправки рукописа: 14.01.2020.
Дата окончательного согласования статьи / Paper accepted for publishing on / Датум коначног прихватања чланка за објављивање: 16.01.2020.

© 2020 Авторы. Опубликовано в журнале "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/>).

© 2020 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/>).

© 2020 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 лиценцом (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

MULTIPLE-CRITERIA MODEL FOR OPTIMAL OFF-ROAD VEHICLE SELECTION FOR PASSENGER TRANSPORTATION: BWM-COPRAS MODEL


Dragan S. Pamučar^a, Lazar M. Savin^b

University of Defence in Belgrade, Military Academy,
Department of Logistics, Belgrade, Republic of Serbia,

^a e-mail: dragan.pamucar@va.mod.gov.rs, **corresponding author**,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0001-8522-1942>

^b e-mail: lazarsavin96@gmail.com,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0002-6121-936X>

DOI: 10.5937/vojtehg68-22916; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-22916>

FIELD: Mathematics, Transport, Logistics

ARTICLE TYPE: Original scientific paper

ARTICLE LANGUAGE: English

Abstract:

Introduction/purpose: Adequate evaluation and choice of off-road vehicles used in performing various types of assignments is a very important factor which affects user mobility and safety as well as the quality and efficiency of carrying out transportation activities in the Serbian Armed Forces (SAF).

Methods: This paper thus proposes the BWM (Best Worst Method) and the COPRAS (Compressed Proportional Assessment) models for the selection of the optimal off-road vehicle for the needs of the SAF. The relative weight of the criteria used to assess potential off-road vehicles was established using the BWM method. In addition to the COPRAS method which is a component of the basic decision-making model, in this paper, the MABAC (MultiAttributive Border Approximation Area Comparison) and MAIRCA (MultiAttributive Ideal-Real Comparative Analysis) methods were also applied through result validation.

Results: By testing the BWM-COPRAS model on the example of optimal off-road vehicle selection in the SAF, a high rank correlation was achieved. The results were validated through the statistical processing of the results obtained through the implementation of various multi-criteria techniques by applying the Spearman's rank correlation coefficient.

Conclusion: The results display stability of the results of the proposed model in ranking alternatives and prove the feasibility of the proposed approach to handle multi-criteria decision making problems.

Key words: BWM, COPRAS, MABAC, MAIRCA, vehicle selection, multi-criteria decision making.

Introduction

When observing the efficiency of units in off-road conditions in both peace and war, it is impossible to miss its high dependence on adequate vehicle selection for carrying out a mission, for it is precisely this process that represents an important factor which directly influences the lowering of risk and time involved in performing this activity. Proper assessment and selection of the right vehicle provides proper conditions for efficient performance of tasks set before the units of the Serbian Armed Forces (SAF). Taking into consideration the aforementioned, the optimal off-road vehicle selection process is of great importance for successful and safe transport of units. Identifying actions that have the biggest impact on the efficiency of vehicles during task performance enables the users (units) to modify the operation accordingly and reduce the time needed to perform these activities. This research paper presents the multi-criteria BWM-COPRAS model for evaluation and optimal off-road vehicle selection for the units of the Serbian Armed Forces. The hybrid BWM-COPRAS model is carried out in three phases. The first phase of the model includes calculating the optimal values of weight coefficients by applying the non-linear model in BWM. The second phase is where the COPRAS model is applied. The values put into the COPRAS model represent the values of the BWM weight coefficients, and the elements of the basic Decision matrix. The third phase includes the validation of the obtained results through: (1) the comparison of the results with other multi-criteria (MCDM) models, (2) the analysis of the result stability in a dynamic environment, and (3) the analysis of the result stability when the weight coefficients of the criteria are changed.

Through research and development of the models, several goals have been set in this paper. The first goal pertains to the advancement and enhancement of the optimal vehicle selection methodology in the area of multi-criteria decision making through development and introduction of a new FUCOM-COPRAS approach. The second goal of this paper is to bridge the gap that currently exists in the evaluation and adequate vehicle selection methodology within the military as a whole. The third goal of the paper is a possibility of enhancing the efficiency and lowering the risks of performing SAF assignments by defining models for adequate vehicle selection. And the fourth goal of this paper is the popularization and affirmation of the idea of multi-criteria decision making in reaching complex decisions in the SAF through a presentation of the BWM-COPRAS model.

The authors of this paper have opted for the use of the hybrid BWM-COPRAS model due to its following advantages. (1) Use of the BWM and COPRAS models enables a successful simulation of the decision-making processes, starting from defining the goal, criteria and alternatives, to comparison of the criteria, i.e. establishing the priority of each of the alternatives over the set goal. (2) Application of the BWM-COPRAS model breaks down the concrete decision making process by taking apart the problem into a hierarchy of its elements. A hierarchical examination of the decision making process allows for easier control over the consistency of estimates while paying attention to the entirety of the problem and functional interactions between criteria and alternatives. (3) Using the BWM-COPRAS model enables the integration of the qualitative and quantitative factors into decision making, because most real problems most often occur as a combination of qualitative and quantitative elements. (4) The BWM-COPRAS model successfully identifies and points to the inconsistency of the decision-maker by tracking the inconsistencies of estimates during the entire process, and calculating the index and ratio of consistency. (5) Redundancy of pair comparison makes the BWM-COPRAS model less sensitive to estimation errors. (6) The implementation of the BWM-COPRAS model in group decision making significantly improves communication between group members. In case of a discussion, a group must agree on every joint estimate that is to be entered into the matrix. This helps in structuring the discussion and reaching a consensus.

The BWM-COPRAS model also has certain limitations which the users might encounter while using it, such as: (1) insufficiently large scale (Saaty scale of relative importance) for comparison of elements in pairs, related to some decision making problems; (2) the number of necessary pair comparisons which is not negligible in most problems; (3) frequent difficulty in achieving an acceptable consistency ratio; and (4) the complexity of the mathematical algorithm which can be a limiting factor for widespread use of the model.

This paper contains a total of six sections, the first of which refers to introducing the problem of adequate vehicle selection for the SAF. The second, containing the literature review, takes a closer look at the already existing research on similar topics in which multi-criteria decision making models were applied. The third section briefly introduces the previously used models and lays out the algorithm of the hybrid BWM-COPRAS model. The fourth section displays a study of the case in which vehicle evaluation was performed by using the BWM-COPRAS model. The fifth section is a discussion of the results which includes a result

stability check through the change of the weight coefficients of the criteria in the BWM, and the validation of the obtained results through comparison with other MCDM models. The sixth section shows the key contributions of the developed model and the performed research, as well as suggestions for future research.

Literature review

Based on research from the most important indexes of international science journals (SCOPUS and Web of Science), a literature analysis has been performed which demonstrates the implementation of MCDM models in transport and logistics optimization. It analyzes the period between 2008 and 2018. During this period, only two papers on the topic of vehicle selection in the military were published (Pamučar, et al, 2013); (Starčević, et al, 2019). Starčević et al (2019) have presented the selection of military vehicles for use in multinational operations by using the hybrid AHP-DEA (Analytic Hierarchy Process – Data Envelopment Analysis) models, while Pamučar et al (2013) have shown the application of the neuro-fuzzy system for the selection of military motor vehicles used for performing transportation assignments in the SAF. Due to scarcity of papers on the topic of application of the MCDM models for military off-road vehicle selection, this paper analyzes papers from the domain of transport and logistics which deal with similar topics. For example, Jeon et al (2010) showed the application of the MCDM methods in the sustainable transport plan selection based on the sustainability index. In the research, the authors used the Weighted Sum Model. Cadena & Magro (2015) presented a new methodology for assigning the weight coefficients of the sustainability criteria in transport projects. In order to solve the problem of imprecision and subjectivity, the authors applied the MCDM models in fuzzy environment.

Given that the traffic system is the life force of every country and one of the bases for its economic development, Barić et al (2016) suggest that the AHP method be applied when choosing the best project in the realization of city traffic projects. The model has been tested on a real system and has yielded reliable results. Barić et al (2016) have also pointed out the main drawback of applying the AHP model which is a large number of inputs making the validation of the obtained results more difficult. In order to solve this problem, Inti & Tandon (2017) presented a modified AHP method characterized by additive transitivity of fuzzy relations. The model was tested in choosing a contractor for the construction of transportation infrastructure.

In order to improve sustainability in transport, one of the solutions is to use various alternative fuels and vehicle propulsion systems. In this way, with the help of the sustainability index, Mitropoulos & Prevedouros, (2016) make estimates of vehicle characteristics. The identified indicators were grouped into five categories of sustainability: Environment, Technology, Energy, Economy and Users, and then they were aggregated using the WSM method. Also, Safaei Mohamadabadi et al (2009) have selected the types of propulsion fuel for vehicles based on three basic sustainability aspects. For ranking the alternatives based on the five criteria, the PROMETHEE method was used. Intermodal transportation can greatly improve the sustainability of a transportation system. It is necessary to choose the optimal location of terminals based on different requirements of different partakers in a transportation process. With that aim, Zečević et al (2017) have suggested a new hybrid MCDM model for selecting locations. Sustainable transport systems have today become a necessity, especially in large cities because of various harmful effects on the environment. An approach for choosing the best alternative of transport systems based on 24 criteria grouped in three categories was defined in (Awasthi et al, 2011). The abovementioned approach contains three steps, and the TOPSIS method is applied in a combination with fuzzy theory with the aim to assess the criteria and choose an alternative. Castillo & Pitfield (2010) suggest the Evaluative and Logical Approach to Sustainable Transport Indicator Compilation (ELASTIC) framework for choosing a sustainable transport system indicator with the help of AHP and SAW methods. Although the improvements of transport planning methods over the past few years are visible, according to López & Monzón (2010), in order to improve the sustainability level in transport, it is necessary to apply a multidisciplinary approach based on GIS. In addition to that, it is necessary to integrate methods of multi-criteria decision making within the suggested approach.

An estimate of transport system sustainability in individual European countries based on selected economic, ecological and social indicators was presented in Bojković et al (2010). The ELECTRE (ELimination and Choice Expressing Reality) method was used together with its modification based on the Absolute Significance Threshold (AST). The framework for selecting sustainable transport projects in urban areas of developing countries was proposed in Jones et al (2013). The choice of alternatives is performed based on the Localized Sustainability Score index whereby the AHP method is used. In addition to the AHP method, assessing the sustainability of different transport solutions such as mode

sharing, multimodal transport, intelligent transportation systems, Awasthi & Chauhan (2011) use the Dempster-Shafer theory in the proposed hybrid approach. While the AHP method is primarily used for ranking criteria based on their weight, the Dempster-Shafer theory enables a synthesis of multiple information sources. Dimić et al (2016) have developed a model for strategic transport steering based on the SWOT analysis, fuzzy Delphi and DEMATEL – ANP method.

There are a certain number of studies which contemplate the application of different theories of uncertainty in multi-criteria models for solving numerous logistical and transportation problems. For example, Sremac et al (2018) have shown the ranking of logistical providers by using the Rough SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) and Rough WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) models, while Badi et al (2018) demonstrated the use of the CODAS model. Later, Badi & Ballem (2018) and Stević et al (2017) demonstrated the application of rough numbers in multi-criteria models for vehicle rationalization within the inner transport of logistical companies. The paper puts forward a new approach based on the combination of the Simple Additive Weighing (SAW) method and the rough BMW. Radović et al (2018) showed the use of rough numbers for valuating performance indicators which was applied in three different countries: Bosnia and Herzegovina, Libya and Serbia. The multi-criteria model includes the use of the rough ARAS (Additive Ratio Assessment) approach for performance indicator valuation in nine transportation companies from the three countries. Pamučar et al (2019) have shown the possibilities of applying the multi-criteria models based on Linguistic Neutrosophic Numbers (LNN) in managing human resources in the process of transporting hazardous substances. The application of the LNN-WASPAS model for the evaluation of security advisors when transporting hazardous substances on Serbian soil was demonstrated. Pamučar et al (2016) showed a green p -median problem combined with a fuzzy multi-criteria model which processes environmental parameters, sociological parameters and the expenses of logistical distributors and applies their influence on the planning of the city logistical terminal location in a discrete traffic network.

Sustainability is a very important concept in logistics, and reverse logistics as one of its sub-branches can greatly improve the efficiency and the ecological aspect of doing business. Wang et al (2018) have presented a method for choosing returnable product collectors. The hybrid approach based on the AHP and Entropy Weight (AHP-EW) methods is used in order to estimate the weight of certain criteria, while

the Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC) method is used for ranking the alternatives. Different initiatives for city logistics (e.g. proper location of distribution centers) can significantly contribute to improving the degree of sustainability in a city. This is precisely the research topic in (Awasthi & Chauhan, 2012). Out of the MCDM methods, the aforementioned paper uses the AHP and Fuzzy TOPSIS. With the help of the Fuzzy Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) and Fuzzy MOORA, Mavi et al, (2017) perform a selection of a third-person provider of reverse logistics services in the plastic industry. Later, Badi and Ballem, (2018) showed the possibilities of applying the BWM and MAIRCA models for selecting a third-person provider for reverse logistics services in the pharmaceutical industry. Pamučar & Ćirović, (2015) demonstrated the application of the hybrid DEMATEL-MABAC model in the process of making investment decisions about the acquisition of manipulative vehicles in logistics centers. The DEMATEL method was used for obtaining the weight coefficient of criteria, while the valuation and selection of forklifts was done by using the MABAC model. The following table (*Table 1*) shows an overview of fields which most frequently employ the MCDM models.

Table 1 – MCDM methods in the transport and logistics subfield
Таблица 1 – MCDM методе в области транспорта и логистики
Табела 1 – BKO методе у области транспорта и логистике

Field of application for the MCDM method	MCDM method	Literature
Determining the impacts of ecological transport measures on city sustainability	AHP; AHP-EW; MABAC; FUCOM	(Awasthi et al, 2011); (Zečević et al, 2017); (Fazlollahtabar et al, 2019); (Stanković et al, 2019); (Nunić, 2018)
Logistical provider assessment with acknowledging the risks and sustainability	Fuzzy SWARA, Fuzzy MOORA	(Mavi et al, 2017)
Identification of interactions between manufacturing and logistical industries	Grey DANP	(Jiang et al, 2018)
Transport management	WSM; REMBRANDT; Delphi; Fuzzy TOPSIS; AHP; SAW; PROMETHEE;	(Jeon et al, 2010); (Cadena & Magro, 2015); (Awasthi & Chauhan, 2011); (Castillo & Pitfield,

Field of application for the MCDM method	MCDM method	Literature
	ELECTRE I; Modified ELECTRE I; Fuzzy Delphi; DEMATEL – ANP	2010); (Simongáti, 2010); (Bojković et al, 2010); (Dimić et al, 2016); (Awasthi & Chauhan, 2012)
Vehicle evaluation	WSM; PROMETHEE;	(Mitropoulos & Prevedouros, 2016); (Safaei Mohamadabadi et al, 2009)
Location Evaluation Problem for Logistical Center Construction	Fuzzy Delphi; Fuzzy Delphi ANP; Fuzzy Delphi VIKOR; Fuzzy MAGDM; Fuzzy ARAS; AHP; DEMATEL-MAIRCA	(Zečević et al, 2017); (Rao et al, 2015); (Turskis & Zavadskas, 2010); (Pamučar et al, 2018a); (Nouredine & Ristic, 2019); (Puška et al, 2018); (Fazlollahtabar, 2018)
Assessment and construction of transport infrastructure	AHP; FAHP; REMBRANDT; WASPAS	(Barić et al, 2016); (Inti & Tandon, 2017); (López & Monzón, 2010); (Jones et al, 2013); (Stanujkić & Karabašević, 2018); (Pamučar et al, 2018b)
Selection and ranking of military vehicles	AHP-DEA; neuro-fuzzy sistem	(Starcevic et al, 2019); (Pamucar et al, 2013)

Based on the presented literature analysis, we can conclude that the most frequently used method for solving problems in the field of transport and logistics in the past ten years was the AHP method. However, the AHP method requires the use of $n(n-1)/2$ comparison of criteria pairs. A large number of comparisons makes the application of the model more complicated, especially in cases with a larger number of criteria. For this reason, the use of this method is not advised in cases with a larger number of criteria. The model which eliminates the abovementioned drawback of the AHP method is the BWM method. But even with this

fact, and the numerous advantages of the BWM over the AHP method we can see that the BWM has not been used in the field in question. Therefore, a logical need arises for the development of MCDM models which imply the implementation of all BWM advantages. In addition to the BWM method, by analyzing the literature, we can see that the COPRAS (COMpressed Proportional Assessment) method has not been used either, even though it falls into models which yield stable results. Considering that in the presented literature there are no examples of either BWM or COPRAS models for off-road vehicle assessment in either civilian or military organizations, the need for their application is imposed. The application of the BWM-COPRAS model fills the gap that exists in the literature which deals with this field.

BWM-COPRAS multi-criteria model

As previously emphasized, the BWM-COPRAS implies the use of two methods, the BWM method for determining the weight coefficients of criteria, and the COPRAS method for assessing, i.e. ranking alternatives (Figure 1)

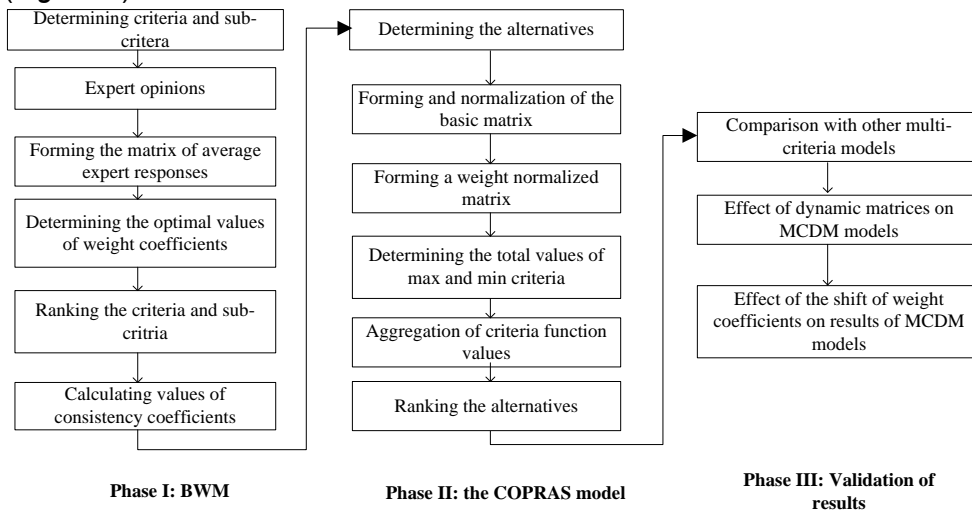


Figure 1 – BWM-COPRAS multi-criteria model
 Рус. 1 – BWM-COPRAS многокритериальная модель
 Слика 1 – BWM-COPRAS вишекритеријумски модел

The model contains three phases. Phase one calculates the optimal values of the weight coefficients of criteria through the application of the BWM. The end results of the BWM method are the values of the weight coefficients of criteria. The output results of the BWM, the weight

coefficients, are further processed through the COPRAS method algorithm. In phase two, the COPRAS method is used to rank the alternatives. Phase three is the validation of the results. The next section shows the algorithms of the BWM and COPRAS methods.

Best-Worst method

The following section contains the algorithm of the BWM method for determining the weight coefficients of evaluation criteria (Rezaei, 2015), (Stević et al, 2018).

Algorithm: BWM

Input: Expert pairwise comparison of criteria

Output: Optimal values of the weight coefficients of criteria/sub-criteria

Step 1: The identification of the selected criteria as a set of the criteria related to the topic. The set of the criteria can be evaluated as $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_n$.

Step 2: Finding the best and the worst criteria. As mentioned above, it should be done by experts and the involved decision-makers.

Step 3: The creation of a matrix of the preference of the best criterion over all the other criteria (BO vector) by applying numbers between 1 and 9:

$$A_b = (a_{1B}, a_{2B}, a_{3B}, \dots, a_{nB})$$

Step 4: The creation of a matrix of the preference of the worst criterion over all the other criteria (OW vector) by applying numbers between 1 and 9.

$$A_w = (a_{1W}, a_{2W}, a_{3W}, \dots, a_{nW})$$

Step 5: Generating the relative importance of the criteria through calculating the final and optimal weights for the criteria. The weights will show the same as: $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$.

min ξ

s.t.

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi, \forall j$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jW} \right| \leq \xi, \forall j$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

$$w_j \geq 0 \quad \forall j$$

Step 6: The same as with the AHP, there is a consistency index shown in Table 2. The consistency ratio should be calculated as follows:

$$Consistency = \frac{\xi}{Consistency\ index}$$

For different values $a_{BW} \in \{1, 2, \dots, 9\}$ we get the maximum values $\xi(\max \xi)$. Table 2 contains the maximum values of ξ for different values of $a_{BW} \in \{1, 2, \dots, 9\}$.

Table 2 – Consistency Index values (CI)
Таблица 2 – Значения степени надежности (CI)
Табела 2 – Вредности степена конзистентности (CI)

a_{BW}	1	2	...	7	8	9
CI (max ξ)	0.00	0.44	...	3.73	4.47	5.23

Based on CI, we get the consistency ratio (CR) which takes the values of interval [0, 1], where the values closer to zero indicate a high consistency, and the CR values closer to one indicate a low consistency.

COPRAS Method

Within the decision-making theory, there is a large number of multi-criteria decision making methods (MCDM) which support us in solving different problems. The COPRAS method (Zavadskas & Kaklauskas, 1996) is one of newer methods which is increasingly used in literature (Chatterjee et al, 2018), (Pamučar et al, 2018a), (Mukhametzyanov & Pamučar, 2018). Each MCDM method is characterized by a specific mathematical apparatus. The COPRAS method is partly characterized by a more complicated procedure of criteria function value aggregation, and the simplified procedure of data normalization (the nature of the criteria is irrelevant – min/max). The following section succinctly displays the mathematical apparatus of the COPRAS method.

The problem is formally presented by choosing one of the m options (alternatives), $A_i, i=1, 2, \dots, m$ which are assessed and compared among each other based on the n criterion ($X_j, j=1, 2, \dots, n$) whose values are familiar. The alternatives are presented as vectors x_{ij} where x_{ij} is the value of the i alternative according to the j criteria. Since the criteria have varying impacts on the final assessment of the alternatives, each criterion is assigned a weight coefficient $w_j, j=1, 2, \dots, n$ (where $\sum_{j=1}^n w_j = 1$) which reflects its relative value in assessing the alternatives.

Step 1. Normalization of the basic matrix. The first step of the COPRAS method includes the normalization of the elements of the basic decision-making matrix (X).

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

The main goal of criteria value normalization is the transformation of different values of criteria (“benefit” or “cost”) into values which allow mutual comparison. The normalization values are shown in the matrix D .

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

The elements of the normalized matrix (x'_{ij}) are obtained by applying additive normalization:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (3)$$

where x_{ij} represents the elements of the basic decision-making matrix (X), x'_{ij} represents the normalized values of the elements from the basic decision-making matrix, and m represents the total number of alternatives.

Step 2. Forming of the weighted normalized matrix. In the second step, a weighted normalized matrix (Z), obtained by multiplying the elements of the normalized matrix (D) with the weight coefficients of the criteria (w_j), is constructed.

$$Z = \begin{matrix} & \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix} \\ = & \begin{bmatrix} w_1 \cdot x_{11} & w_2 \cdot x_{12} & \dots & w_n \cdot x_{1n} \\ w_1 \cdot x_{21} & w_2 \cdot x_{22} & \dots & w_n \cdot x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 \cdot x_{m1} & w_2 \cdot x_{m2} & \dots & w_n \cdot x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

where n is the total number of criteria, and m is the total number of alternatives.

Step 3. In the following, third step, the values of the Z matrix are summed up in columns. The values are summed up depending on which

criteria group they belong to (“benefit” →max or “cost” → min). The values of the *benefit* criterion (higher criterion value is desirable) are obtained by applying formula (5) or formula (6):

$$S_i^+ = \sum_{z_i=+} z_{ij} \quad (5)$$

where $z_i = +$ is the sum of the *benefit* criteria, or:

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^k x_{ij} \cdot q_j \quad (6)$$

where k is the total number of the *benefit* criteria.

The values of the *cost* criterion (lower criterion value is desirable) is obtained by applying formula (7) or formula (8):

$$S_i^- = \sum_{z_i=-} z_{ij} \quad (7)$$

where $z_i = -$ is the aggregate of the *cost* criteria, or:

$$S_i^- = \sum_{j=1}^p \tilde{x}_{ij} \cdot q_j \quad (8)$$

where p is the total number of the *cost* criteria.

Step 4. Aggregation of the criteria function values. In step four, by applying formula (9), we determine the significance (influence) of each of the given alternatives from the set of the compared alternatives:

$$Q_i = S_i^+ + \frac{S_{\min}^- \sum_{i=1}^m S_i^-}{S_i^- \sum_{i=1}^m \left(\frac{S_{\min}^-}{S_i^-} \right)} = S_i^+ + \frac{\sum_{i=1}^m S_i^-}{S_i^- \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_i^-}} \quad (9)$$

Step 5. Ranking of alternatives. In the final, fifth step, the ranking of alternatives is performed based on the values of the criterion function which is assigned to each alternative. The end-values of the criteria functions of alternatives are gained by applying formula (10):

$$N_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \cdot 100\% \quad (10)$$

Application of the BWM-COPRAS model to off-road vehicle selection in the SAF

Military cargo motor vehicles for passenger transport are only one of the vehicles categories used in the SAF. Since this paper deals only with this vehicle category, the following section will briefly introduce the

classification of vehicles in the SAF and the types of vehicles used in the SAF as well as in other militaries across the world.

Classification of vehicles

The classification of motor vehicles and other means of transportation that use liquid fuels in the MoD and the SAF (except waterborne vessels, aircraft, stationary aggregates and boiler rooms), aims to group the encompassed vehicles according to the criterion of purpose or according to similar technical characteristics.

The classification includes the division of vehicles into classes, types, groups and the assignment of numbers for marking them: I – classes of vehicles are marked with numbers 1-9; II –types of vehicles within classes are marked with numbers 01-99 and III –groups of vehicles within types are marked with numbers 01-99. This paper deals with vehicles that belong to the first group of the aforementioned classification as shown in *Table 3*.

Table 3 – Classification of off-road vehicles for passenger transport in the SAF
Таблица 3 – Классификация внедорожных транспортных средств для перевозки пассажиров в ВСРС

Табела 3 – Класификација теренских возила за транспорт путника у ВС

Mark	Vehicle description
1.04	01 Off-road vehicle for passenger transport, up to 5 seats;
	02 Off-road vehicle for passenger transport, 6 to 8 seats;
	03 Off-road vehicle for passenger transport, more than 8 seats;
	04 Off-road vehicle for passenger transport, with protection.

The supply of this vehicle category from the SAF fleet is low and amounts to approximately 43%, while the total number (of vehicles from the prescript fleet) is 92%. The structure of vehicles from this category in the SAF is also inhomogeneous, i.e. they are of different brands and types, mostly obtained more than 30 years ago. The most prominent brands of manufacturers are: PUCH (around 33%), PINZGAUER (around 27%), LADA (around 14%) and LANDROVER (around 10%). The inhomogeneity of the fleet vehicles complicates the maintenance process of these vehicles. The average functionality of off-road vehicles for passenger transport in the SAF is approximately 66%. The average age of off-road vehicles for passenger transport in SAF units is 26.9 years. It is especially important to stress that approximately 80% of this category is older than 12 years, which is also the designed lifespan of these vehicles. In addition to the abovementioned statistical data, it is

necessary to point out that an average off-road vehicle for passenger transport in SAF has crossed approximately 141,000 kilometers, where the vehicles older than 12 years have on average crossed 162,728 km, and vehicles less than 12 years old 56,000 km.

Defining the criteria for off-road vehicle selection and characteristics of alternatives

Given that in the publicly available literature there are not a large number of papers dealing with the topic of military off-road vehicle selection, the criteria have been defined based on the available literature, internal regulations and requirements of the SAF. The chosen criteria are shown in *Figure 2*. In addition to the abovementioned criteria, criteria such as equipment with the AC, GPS, traction-control system, etc. were excluded.

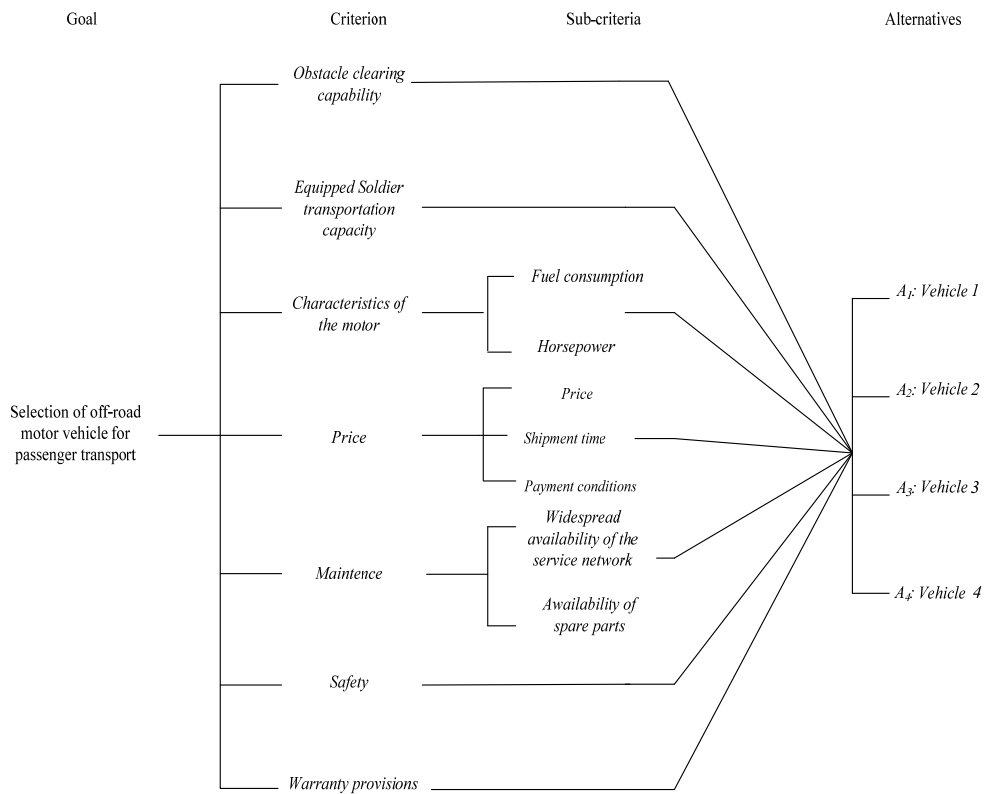


Figure 2 – Hierarchical model for vehicle selection
Рис. 2 – Иерархическая модель для выбора транспортного средства
Слика 2 – Хијерархијски модел за избор возила

The first level represents a goal which is a choice between the given vehicle types, while the second level includes 7 criteria for vehicle selection: obstacle clearing capability (C1), equipped soldier transportation capacity (C2), characteristics of the motor (C3), price (C4), maintenance (C5), safety (C6), and warranty provisions (C7). The third level consists of seven sub-criteria that are sorted within the group of the main criteria, while the potential vehicle types are shown on the fourth level.

By comparing the characteristics of the vehicles used by the SAF and modern vehicles used for the same purpose, a conclusion is drawn that a modernization of SAF's fleet vehicles is needed. Modern vehicles have significantly improved characteristics when looking at maneuverability, tank capacity and horsepower. Since there is no consensus among manufacturers concerning the evaluation of the abovementioned vehicle types, as well as because of data confidentiality policies, this paper will not talk about specific types of vehicles – instead, the vehicles will be marked as *vehicle 1* – *vehicle 4*.

Vehicle 1 (A1) has the following technical characteristics: its ability to clear obstacles is higher than that of *vehicle 2* and lower than that of *vehicle 4*; the vehicle can simultaneously carry four persons; the level of passenger and cargo security is higher compared to other given types of vehicles; it has 190 HP, and fuel consumption is 23.75 l/km; the price of the vehicle is 15,785,100 RSD with the possibility of payment in 18 installments without interest; the shipment deadline is 6 months and it has a 24 month guarantee; and the availability of the service network and spare parts is poorer than for other given vehicle types.

Vehicle 2 (A2) has the following technical characteristics: the ability to clear obstacles is the lowest with this vehicle; the vehicle can simultaneously carry 6 persons, and the security of the passengers and cargo is on a high level; the engine has 122 HP, and consumes fuel at the rate of 10.1 l/km; the price of the vehicle is 13,702,500 RSD with the possibility of payment in 18 installments without interest; the shipment deadline is 4 months and it has a 24-month guarantee; the widespread availability of the service network and the availability of spare parts is better than for *vehicle 1*, but worse than for other given types of vehicles.

Vehicle 3 (A3) has the following technical characteristics: this vehicle's ability to clear obstacles is the same as with *vehicle 1*; the

vehicle can simultaneously carry 4 persons, the security of passengers and cargo is lower compared to *vehicle 1* and *vehicle 2*; the engine has 177 HP, and consumes fuel at the rate of 10.4 l/km; the price of the vehicle is 14,210,000 RSD with the possibility of payment in 12 installments without interest; the shipment deadline is 4 months, and it has a 12-month guarantee; the widespread availability of the service network and the availability of spare parts is better than with all other given vehicles.

Vehicle 4 (A4) has the following characteristics: the ability to clear obstacles is on a higher level than with other vehicles; the vehicle can simultaneously carry 6 persons; the level of passenger and cargo security is the lowest compared to all other vehicle types; the engine has 268 HP and consumes power at the rate of 9.5 l/km; the price of the vehicle is 10,380,000 RSD with the possibility of payment in 24 installments without interest; the shipment deadline is 6 months, and it has a 60-month guarantee; the widespread availability of the service network and the availability of spare parts is better than with *vehicle 1* and *vehicle 2*, but worse than with *vehicle 3*.

Vehicle assessment through the application of the BWM-COPRAS model

This research includes three groups of experts. Within every criteria/sub-criteria group experts have defined the best (B) and worst (W) criterion/sub-criterion. Based on this, the BO and OW vectors were defined for B and W criteria/sub-criteria. The criteria/sub-criteria assessment was performed through the application of [1,9] scale: 1 – very low influence; 2 – low influence;...; 8 – high influence; 9 – very high influence. The values of BO and OW vectors within the groups of criteria/sub-criteria are shown in *Table 4*.

The optimal values of the weight coefficients of the criteria/sub-criteria vectors are calculated based on the defined ratios from *Table 5*. This is how the four non-linear models for calculating the optimal values of the criteria/sub-criteria weight coefficients were formed.

Table 4 – BO and OW vectors
Таблица 4 – BO и OW векторы
Табела 4 – BO и OW вектори

Criteria			
The best: C4 (Price)	Expert evaluation	The worst: C3 (Characteristics of the motor)	Expert evaluation
C1 (Obstacle clearing capability)	5; 6; 6	C1 (Obstacle clearing capability)	4; 4; 4
C2 (Equipped soldier transportation capacity)	7; 7; 8	C2 (Equipped soldier transportation capacity)	3; 2; 2
C3 (Characteristics of the motor)	9; 9; 9	C4 (Price)	9; 9; 9
C5 (Maintenance)	2; 2; 2	C5 (Maintenance)	7; 7; 7
C6 (Safety)	3; 5; 2	C6 (Safety)	5; 5; 7
C7 (Warranty provisions)	3; 4; 4	C7 (Warranty provisions)	5; 6; 6
C3 (Characteristics of the motor)			
The best: C31 (Fuel consumption)	Expert evaluation	The best: C32 (horsepower)	Expert evaluation
C32 (horsepower)	4; 3; 2	C31 (Fuel consumption)	2; 4; 3
C4 (price)			
The best: C41 (Price)	Expert evaluation	The best: C42 (shipment time)	Expert evaluation
C42 (shipment time)	6; 5; 5	C41 (price)	6; 5; 7
C43 (payment conditions)	3; 3; 2	C43 (payment conditions)	4; 2; 6
C5 (maintenance)			
The best: C51 (widespread availability of the service network)	Expert evaluation	The best: C52 (availability of spare parts)	Expert evaluation
C52 (availability of spare parts)	2; 3; 3	C51 (widespread availability of the service network)	2; 3; 5

Medium values of expert evaluations are shown in *Table 5*.

Table 5 – Medium values of the BO and OW vectors
Таблица 5 – Средние значения BO и OW векторов
Табела 5 – Средње вредности BO и OW вектора

Criteria			
The best : C4 (Price)	Medium value	The worst: C3 (Characteristics of the motor)	Medium value
C1 (Obstacle clearing capability)	5.7	C1 (Obstacle clearing capability)	4
C2 (Equipped soldier transportation capacity)	7.33	C2 (Equipped soldier transportation capacity)	2.33
C3 (Characteristics of the motor)	9	C4 (Price)	9
C5 (Maintenance)	2	C5 (Maintenance)	7
C6 (Safety)	3.33	C6 (Safety)	5.67
C7 (Warranty provisions)	3.67	C7 (Warranty provisions)	5.67
C3 (Characteristics of the motor)			
The best: C31 (fuel consumption)	Medium value	The worst: C32 (horsepower)	Medium value
C32 (horsepower)	3	C31(fuel consumption)	3
C4 (price)			
The best: C41 (price)	Medium value	The worst: C42 (shipment time)	Medium value
C42 (shipment time)	5.33	C41 (price)	6
C43 (payment conditions)	6.67	C43 (payment conditions)	4
C5 (maintenance)			
The best: C51 (widespread availability of the service network)	Medium value	The worst: C52 (availability of spare parts)	Medium value
C52 (availability of spare parts)	2.67	C51 (widespread availability of the service network)	3.33

Model 1 (Criteria)

$$\min \xi$$

s.t.

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \frac{w_4}{w_1} - 5.67 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_1}{w_3} - 4 \right| \leq \xi \\ \left| \frac{w_4}{w_2} - 7.33 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_2}{w_3} - 2.33 \right| \leq \xi \\ \left| \frac{w_4}{w_3} - 9 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_4}{w_3} - 9 \right| \leq \xi; \\ \left| \frac{w_4}{w_5} - 2 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_5}{w_3} - 7 \right| \leq \xi \\ \left| \frac{w_4}{w_6} - 3.33 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_6}{w_3} - 5.67 \right| \leq \xi; \\ \left| \frac{w_4}{w_7} - 3.66 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_7}{w_3} - 5.67 \right| \leq \xi; \\ \sum_{j=1}^7 w_j = 1 \\ w_j \geq 0, \quad \forall j = 1, 2, \dots, 7 \end{array} \right.$$

Model 2 (Characteristics of the motor)

$$\min \xi$$

s.t.

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \frac{w_{31}}{w_{32}} - 3 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_{32}}{w_{31}} - 3 \right| \leq \xi; \\ \sum_{j=1}^2 w_j = 1 \\ w_j \geq 0, \quad \forall j = 1, 2 \end{array} \right.$$

Model 3 (Price)

$$\min \xi$$

s.t.

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \frac{w_{41}}{w_{42}} - 5.33 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_{41}}{w_{42}} - 6 \right| \leq \xi; \\ \left| \frac{w_{41}}{w_{43}} - 6.67 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_{43}}{w_{42}} - 4 \right| \leq \xi; \\ \sum_{j=1}^3 w_j = 1 \\ w_j \geq 0, \quad \forall j = 1, 2, 3 \end{array} \right.$$

Model 4 (Maintenance)

$$\min \xi$$

s.t.

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \frac{w_{51}}{w_{52}} - 2.67 \right| \leq \xi; \left| \frac{w_{51}}{w_{52}} - 3.33 \right| \leq \xi \\ \sum_{j=1}^2 w_j = 1 \\ w_j \geq 0, \quad \forall j = 1, 2 \end{array} \right.$$

The optimal values of the weight coefficients were obtained based on the aforementioned models, *Table 6*.

Table 6 – Optimal values of the sub-criteria
Таблица 6 – Оптимальные значения субкритериев
Табела 6 – Оптималне вредности поткритеријума

Criteria/Sub-criteria	Local weights	Global weights	Rank
C1	0.077	0.077	5
C2	0.059	0.059	6
C3	0.033	-	-
C31	0.750	0.025	10
C32	0.250	0.008	11
C4	0.365	-	-
C41	0.754	0.276	1
C42	0.097	0.035	9
C43	0.149	0.054	7
C5	0.217	-	-
C51	0.750	0.163	2
C52	0.250	0.054	8
C6	0.130	0.130	3
C7	0.118	0.118	4

Table 6 shows the global and local values of the criteria/sub-criteria weight coefficients. The global values were obtained through multiplication of the weight criteria coefficients and the weight sub-criteria coefficients. The global weight values are further used to assess the alternatives in the multi-criteria model.

By solving the non-linear models the values $\xi_{\text{Критеријума}}^* = 0.06868$, $\xi_{\text{Каракт. мотора}}^* = 0$, $\xi_{\text{Цена}}^* = 0.238385$ and $\xi_{\text{Одржавање}}^* = 0.33$ are obtained. The ξ^* values are used for defining the consistency coefficients. Using the

obtained values of ξ^* , the values of the consistency index and the consistency ratio were defined, *Table 7*.

*Table 7 – Values of the Consistency index and the Consistency ratio
Таблица 7 – Значения степени надежности и индекса надежности
Табела 7 – Вредности степена и индекса конзистентности*

Sub-criteria level	$C_{criteria}$	$C_{characteristics\ of\ the\ motor}$	C_{price}	$C_{maintenance}$
a_{BW}	9	3	6.67	3.33
CI	5.23	1.00	3.335	1.11
CR	0.013	0.000	0.071	0.297

After obtaining the weight coefficient values, the COPRAS method is used for choosing the best alternative. The first step is to form the basic matrix (X)

$$X = \begin{matrix} & \begin{matrix} C1 & C2 & C3 & C4 & C5 & C6 & C7 & C8 & C9 & C10 & C11 \end{matrix} \\ \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 6 & 4 & 23.75 & 190 & 15785100 & 6 & 18 & 2 & 2 & 8 & 24 \\ 4 & 6 & 10.1 & 122 & 13702500 & 4 & 18 & 4 & 4 & 6 & 24 \\ 6 & 4 & 10.4 & 177 & 14210000 & 4 & 12 & 8 & 8 & 4 & 12 \\ 8 & 6 & 9.5 & 268 & 10380000 & 6 & 24 & 6 & 6 & 2 & 60 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

In the first phase, by applying formula (3), the normalization of the basic decision-making matrix (X) is performed. This is how we get the normalized matrix (D).

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} C1 & C2 & C3 & C4 & C5 & C6 & C7 & C8 & C9 & C10 & C11 \end{matrix} \\ \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.250 & 0.200 & 0.442 & 0.008 & 0.292 & 0.300 & 0.25 & 0.1 & 0.1 & 0.4 & 0.2 \\ 0.167 & 0.300 & 0.188 & 0.005 & 0.253 & 0.200 & 0.25 & 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.250 & 0.200 & 0.193 & 0.005 & 0.263 & 0.200 & 0.167 & 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.333 & 0.300 & 0.177 & 0.008 & 0.192 & 0.300 & 0.333 & 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0.5 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

In the second phase, we perform the multiplication of the value of the matrix (D) with the weight coefficients by applying formula (4) and form the weight-normalized matrix (Z).

$$Z = \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{matrix} \begin{bmatrix} C1 & C2 & C3 & C4 & C5 & C6 & C7 & C8 & C9 & C10 & C11 \\ 0.019 & 0.012 & 0.011 & 0.000 & 0.081 & 0.011 & 0.014 & 0.016 & 0.005 & 0.052 & 0.024 \\ 0.013 & 0.018 & 0.005 & 0.000 & 0.070 & 0.007 & 0.014 & 0.033 & 0.011 & 0.039 & 0.024 \\ 0.019 & 0.012 & 0.005 & 0.000 & 0.073 & 0.007 & 0.009 & 0.065 & 0.022 & 0.026 & 0.012 \\ 0.026 & 0.018 & 0.004 & 0.000 & 0.053 & 0.011 & 0.018 & 0.049 & 0.016 & 0.013 & 0.059 \end{bmatrix}$$

In the third phase, we sum up the values of the Z matrix by columns. The values are summed up based on which criterion group they belong to (max or min). The total values of the max and min criteria are shown in the following matrix.

$$\begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{matrix} \begin{bmatrix} Si+ & Si- \\ 0.2037 & 0.0403 \\ 0.1786 & 0.0531 \\ 0.1679 & 0.0812 \\ 0.1890 & 0.0774 \end{bmatrix}$$

In the fourth phase, we apply formula (9) to define the significance of each of the considered alternatives from the set of alternatives being compared. In the end, the ranking of the alternatives is performed based on the value of the criterion function that is assigned to every alternative. The final values of the COPRAS method and the alternative ranks are shown in the Q matrix.

$$Q = \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{matrix} \begin{bmatrix} Qi & Pi & Ранг \\ 0.294504 & 100.00 & 1 \\ 0.247505 & 84.04 & 2 \\ 0.212909 & 72.29 & 4 \\ 0.236293 & 80.23 & 3 \end{bmatrix}$$

Based on the criteria function values, the final rank of the alternatives is defined: $A1 > A2 > A4 > A3$.

Validation of the results

Before making a decision, it is necessary to perform a validation of the obtained results. In this paper, the validation of the results is

performed in three phases. In phase one, the initial rank of the alternatives gained by applying the BWM-COPRAS model is compared to the ranks obtained through the MIRCA (Chaterjee et al, 2018) and MABAC (Pamučar & Ćirović, 2015) methods (Figure 3).

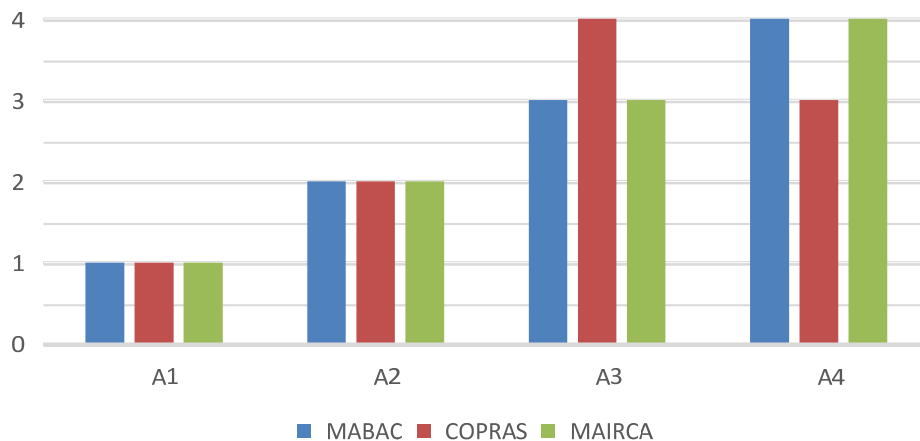


Figure 3 – Ranks of alternatives
 Рис. 3 – Ранг альтернатив
 Слика 3 – Ранг алтернатива

Compared to other methods, the rank of the alternatives A1 and A2 remained unchanged. The results obtained through the COPRAS method differ from those obtained through the MABAC and MAIRCA methods only in the position of the A3 and A4 alternatives. In order to determine the statistical significance between the ranks obtained through the BWM-COPRAS model and through other approaches, the Spearman’s rank correlation coefficient was used (SRCC). The SRCC is the coefficient of the basic linear correlation between ranks. The Spearman’s rank correlation coefficient is a non-parametrical method for ascertaining the strength of the correlation applied when (Pamučar et al, 2018b): (1) the data for at least one of the variables is displayed as ordinal data or in ranks, (2) at least one of the variables does not have a normal distribution, and (3) the ratio among variables is not linear. The value of the rank correlation coefficients is obtained through formula (11):

$$R = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_a^2}{n(n^2 - 1)} \in [-1, 1] \quad (11)$$

where D represents the variance in the ranks and n the number of the units of the analysis. The results of the rank comparison through the application of the SRCC are shown in *Table 8*.

Table 8 – Rank correlation of the tested methods
Таблица 8 – Ранговая корреляция тестируемых методов
Табела 8 – Корелација рангова тестираних метода

MCDM method	COPRAS	MAIRCA	MABAC
SRCC	0.800	1.000	1.000

From *Table 8*, we see that the results of the MABAC and MAIRCA methods are in complete correlation, while the results of the COPRAS method have also shown a high level of correlation when compared to other methods. Since the lowest level of correlation is 0.8 and the middle value is 0.9, we can conclude that the suggested rank is confirmed and credible.

The second phase of the result validation is a performance analysis of the proposed model in the dynamic basic matrix environment. In the dynamic basic matrix, for every scenario, a change in the number of alternatives was performed and the obtained ranks were analyzed. The matrices are formed by removing the lowest-ranking alternative, and then by ranking the remaining ones based on the newly-obtained basic decision-making matrix. By applying the BWM-COPRAS model, the solution $A1 > A2 > A4 > A3$ was obtained. Given that the $A3$ alternative is the worst in the modified matrix, $A3$ is eliminated from the set of alternatives. The new decision-making matrix is solved again and we get a new rank $A1 > A2 > A4$. After this, the worst alternative ($A4$) is once again eliminated, and with the application of the BWM-COPRAS model the final rank $A1 > A2$ is obtained.

Based on the obtained results, we can conclude that, by eliminating the worst method, the rank of the remaining alternatives stays the same through all three scenarios. Alternative $A1$ has stayed the best ranked through all scenarios which has confirmed the robustness of the ranks obtained in a dynamic environment.

The third phase of result validation is performed by changing the weight criteria. The goal of this phase of the result validation is to estimate the influence of the most influential criterion on the performances of ranking the proposed model. After determining the weight coefficients of the criteria by applying the BWM-COPRAS method for the purposes of sensitivity analysis, the “most important criterion” is

identified. By applying formula (12), the weight proportionality is defined during the sensitivity analysis.

$$w_c = (1 - w_s) \times (w_c^o / W_c^o) = w_c^o - \Delta x \alpha_c \quad (12)$$

where w_c is the shift in the weight criteria within the sensitivity analysis, w_s represents the weight of the most important criterion, w_c^o represents the original values of the weight criteria and W_c^o represents the sum of the original weight criteria values that are changing. The α_c parameter is defined as the weight coefficient of elasticity that expresses a relative compensation of other weight coefficient values compared to the given changes in the weight of the most important criterion. The α_c value is obtained through formula (13) (Kahraman, 2002).

$$\alpha_c = w_c^o / W_c^o \quad (13)$$

The assumptions during the performance of sensitivity analysis are as follows: (1) the value of the weight coefficient of elasticity for the most significant criterion is defined as one; (2) the ratio of the variable weights stays constant during the entirety of the sensitivity analysis (Kirkwood, 1997). The Δx parameter (formula (12)) represents the amount of change applied to the set of weight coefficients depending on their weight coefficients of elasticity. The change of weights of the most important criteria should be limited. Otherwise, the weights can take on negative values which would lead to a disturbance in limiting the weight proportionality. The Δx parameter can be (1) positive, which is indicated by the increase of the relative significance or (2) negative, as indicated by the decrease of the relative significance. The limits of Δx are defined as the greatest change in weight of the most important criterion in the negative and positive direction. The boundary values of Δx are defined by applying formula (14).

$$-w_s^o \leq \Delta x \leq \min \{ w_c^o / \alpha_c \} \quad (14)$$

After defining the boundary values of Δx , new criteria weights are calculated according to the previously established parameters for the sensitivity analysis. The set of these new weight coefficient values is calculated using formulas (15) and (16).

$$w_s = w_s^o + \alpha_s \Delta x \quad (15)$$

$$w_c = w_c^o - \alpha_c \Delta x \quad (16)$$

where w_s^o is the initial weight of the criteria subjected to the sensitivity analysis, w_c^o je the original value of the variable weights. This new set of criteria always satisfies the universal state of weigh coefficient proportionality that $\sum w_s + \sum w_c = 1$. Based on the newly-obtained criteria values, new ranks of alternatives for the given scenario are calculated.

In this research, the C5 criterion is identified as the most influential one because it has the highest weight coefficient value $w_2 = 0.276$. In the next step, the coefficient of weight elasticity of the most important criterion is determined (α_s) (Table 9) and the boundary values for the weight coefficient change of the most important criterion (Δx) are defined.

Table 9 – Elasticity coefficient for changing weights
Таблица 9 – Коэффициент гибкости главных критериев
Табела 9 – Коэффициент еластичности најзначајнијег критеријума

Criteria labels	α_s
C1	0.1070
C2	0.0820
C3	0.0350
C4	0.0110
C5	1.0000
C6	0.0480
C7	0.0747
C8	0.2254
C9	0.0747
C10	0.1798
C11	0.1632

That is how the boundary values of the C5 criterion were obtained and they are $-0.2760 \leq \Delta x \leq 0.723$. Based on the defined boundaries of the weight coefficient change for the most important criterion, the scenarios for the sensitivity analysis were determined. The $-0.2760 \leq \Delta x \leq 0.723$ interval was divided into a total of 21 scenarios. After defining the boundary values of the most influential criterion, new weight coefficient values were defined for the 21 scenarios, Table 10.

The influence of the new weight coefficient values on the change of the ranks of alternatives is shown in Figure 4.

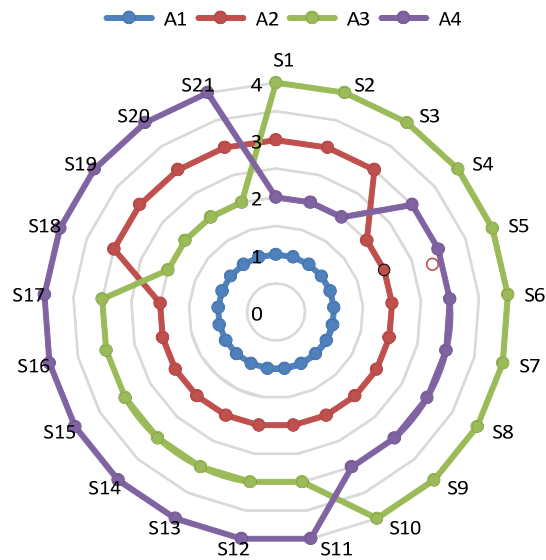


Figure 4 – Sensitivity analysis of alternative ranks through 21 scenarios
 Рис. 4 – Анализ чувствительности альтернативных рангов по 21 сценарию
 Слика 4 – Анализа осетљивости рангова алтернатива кроз 21 сценарио

The final step is the review of the SRCC for all scenarios (Figure 5) by using formula (21).

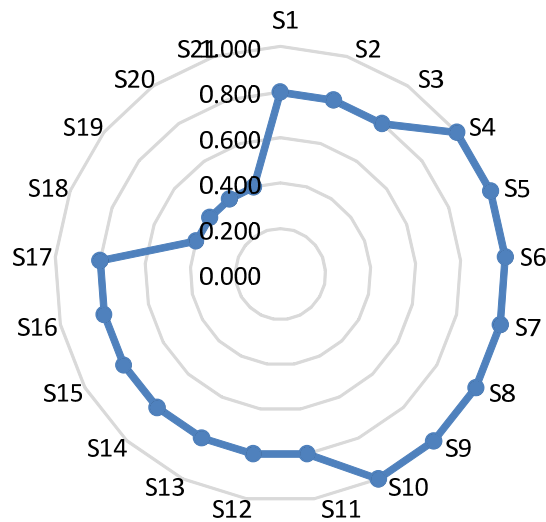


Figure 5 – Correlation coefficient for each scenario
 Рис. 5 – Коэффициент корреляции по каждому сценарию
 Слика 5 – Коэффициент корелације за сценарије

Table 10 – Weights of the new criteria
Таблица 10 – Коэффициент важности (весов) новых критериев
Табела 10 – Тежински коефицијенти новог скупа критеријума

Scenario	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
S1	0.107	0.082	0.035	0.011	0.000	0.048	0.075	0.225	0.075	0.180	0.163
S2	0.101	0.078	0.033	0.011	0.050	0.046	0.071	0.214	0.071	0.171	0.155
S3	0.096	0.073	0.031	0.010	0.100	0.044	0.067	0.203	0.067	0.162	0.147
S4	0.091	0.069	0.029	0.009	0.150	0.041	0.063	0.192	0.063	0.153	0.139
S5	0.085	0.065	0.028	0.009	0.200	0.039	0.060	0.180	0.060	0.144	0.131
S6	0.080	0.061	0.026	0.008	0.250	0.036	0.056	0.169	0.056	0.135	0.122
S7	0.075	0.057	0.024	0.008	0.300	0.034	0.052	0.158	0.052	0.126	0.114
S8	0.069	0.053	0.022	0.007	0.350	0.031	0.049	0.147	0.049	0.117	0.106
S9	0.064	0.049	0.021	0.007	0.400	0.029	0.045	0.135	0.045	0.108	0.098
S10	0.059	0.045	0.019	0.006	0.450	0.027	0.041	0.124	0.041	0.099	0.090
S11	0.053	0.041	0.017	0.006	0.500	0.024	0.037	0.113	0.037	0.090	0.082
S12	0.048	0.037	0.016	0.005	0.550	0.022	0.034	0.101	0.034	0.081	0.073
S13	0.043	0.033	0.014	0.004	0.600	0.019	0.030	0.090	0.030	0.072	0.065
S14	0.037	0.029	0.012	0.004	0.650	0.017	0.026	0.079	0.026	0.063	0.057
S15	0.032	0.024	0.010	0.003	0.700	0.015	0.022	0.068	0.022	0.054	0.049
S16	0.027	0.020	0.009	0.003	0.750	0.012	0.019	0.056	0.019	0.045	0.041
S17	0.021	0.016	0.007	0.002	0.800	0.010	0.015	0.045	0.015	0.036	0.033
S18	0.016	0.012	0.005	0.002	0.850	0.007	0.011	0.034	0.011	0.027	0.024
S19	0.011	0.008	0.003	0.001	0.900	0.005	0.007	0.023	0.007	0.018	0.016
S20	0.005	0.004	0.002	0.001	0.950	0.002	0.004	0.011	0.004	0.009	0.008
S21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.999	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

The medium value of the correlation coefficient for all scenarios is 0.752 - with this we conclude that the scenarios show a high degree of correlation. Given that A1 remained the highest ranked through all three phases of the result validation of alternatives, we can conclude that the proposed rank is confirmed and credible.

Conclusion

This research created the hybrid BWM-COPRAS model for the assessment of off-road vehicles for the units of the SAF. For the evaluation of alternatives, seven criteria used in the first hierarchical level were broken down into seven additional sub-criteria on the second hierarchical level. The key contribution of this paper is the new BWM-

COPRAS model for the assessment of vehicles in the SAF, as well as the original BWM-MABAC and BWM-MAIRCA models which were created for the needs of result verification. The presented model enables the inclusion of subjectivities which arise in the process of group decision making through linguistic validation of evaluation criteria. In addition to this, though the model presented in this paper, new methodological bases for SAF vehicle evaluation were introduced, which simultaneously contributes to the betterment of the theoretical bases of multi-criteria decision making as a whole. The developed approach enables the bridging of the gap that currently exists within the methodology for off-road vehicle assessment for the units of the SAF. By choosing the optimal off-road vehicle, the risk of performing tasks for the SAF units is significantly lowered and their efficiency is greatly enhanced.

The hybrid BWM-COPRAS model has been applied for the assessment of the four vehicles considered for use in the SAF units. The obtained results were checked through the discussion of the results for different scenarios in which a dynamic environment was simulated through the application of weight criteria values. The stability of the model was verified through the statistical coefficient of correlation which showed a high correlation of the ranks in all scenarios. The research presented in this paper can serve as a methodology for decision making when choosing the optimal off-road vehicle. Also, the results can be used in the analysis of the certain criteria influence on the selection of the military vehicle, which can serve as a systematical approach to path defining in a model of the authority's decision making in the process of vehicle selection, in the military as well as in other complex systems.

References

Awasthi, A., & Chauhan, S.S. 2011. Using AHP and Dempster–Shafer theory for evaluating sustainable transport solutions. *Environmental Modelling and Software*, 26(6), pp.787-796. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.11.010>.

Awasthi, A., & Chauhan, S.S. 2012. A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning. *Applied Mathematical Modelling*, 36(2), pp.573-584. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.07.033>.

Awasthi, A., Chauhan, S.S., & Omrani, H. 2011. Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportation systems. *Expert Systems with Applications*, 38(10), pp.12270-12280. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.005>.

Badi, I.A., Abdulshahed, A.M., & Shetwan, A.G. 2018. A Case Study Of Supplier Selection For A Steelmaking Company In Libya By Using The Combinative Distance-Based Assessment (Codas) Model. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(1), pp.1-12. Available at: <https://doi.org/10.31181/dmame180101b>.

Badi, I., & Ballem, M. 2018. Supplier Selection using Rough BWM-MAIRCA model: A case study in Pharmaceutical Supplying in Libya. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(2) [online]. Available at: <https://www.dmame.org/index.php/dmame/article/view/12/11>. [Accessed: 21 August 2019]

Barić, D., Pilko, H., & Strujić, J. 2016. An Analytic Hierarchy Process Model To Evaluate Road Section Design. *Transport*, 31(3), pp.312-321. Available at: <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1157830>.

Bojković, N., Anić, I., & Pejčić-Tarle, S. 2010. One solution for cross-country transport-sustainability evaluation using a modified ELECTRE method. *Ecological Economics*, 69(5), pp.1176-1186. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.01.006>.

Cadena, P.C.B., & Magro, J.M.V. 2015. Setting The Weights Of Sustainability Criteria For The Appraisal Of Transport Projects. *Transport*, 30(3), pp.298-306. Available at: <https://doi.org/10.3846/16484142.2015.1086890>.

Castillo, H., & Pitfield, D.E. 2010. ELASTIC – A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(4), pp.179-188. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.09.002>.

Chatterjee, K., Pamucar, D., & Zavadskas, E.K. 2018. Evaluating the performance of suppliers based on using the R'AMATEL-MAIRCA method for green supply chain implementation in electronics industry. *Journal of Cleaner Production*, 184, pp.101-129. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.186>.

Dimić, S., Pamučar, D., Ljubojević, S., & Đorović, B. 2016. Strategic Transport Management Models—The Case Study of an Oil Industry. *Sustainability*, 8(9), p.954. Available at: <https://doi.org/10.3390/su8090954>.

Fazlollahtabar, H. 2018. Operations and inspection Cost minimization for a reverse supply chain, *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), pp.91-107 [online]. Available at: <http://www.oresta.org/index.php/oresta/article/view/8/8>. [Accessed: 21 August 2019]

Fazlollahtabar, H., Smailbašić, A., & Stević, Ž. 2019. FUCOM method in group decision-making: Selection of forklift in a warehouse. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 2(1), pp.49-65 [online]. Available at: <https://www.dmame.org/index.php/dmame/article/view/26/24>. [Accessed: 21 August 2019]

Inti, S., & Tandon, V. 2017. Application of Fuzzy Preference–Analytic Hierarchy Process Logic in Evaluating Sustainability of Transportation Infrastructure Requiring Multicriteria Decision Making. *Journal of Infrastructure Systems*, 23(4), p.4017014. Available at: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)jis.1943-555x.0000373](https://doi.org/10.1061/(asce)jis.1943-555x.0000373).

Jeon, C.M., Amekudzi, A.A., & Guensler, R.L. 2010. Evaluating Plan Alternatives for Transportation System Sustainability: Atlanta Metropolitan Region. *International Journal of Sustainable Transportation*, 4(4), pp.227-247.

Jiang, P., Hu, Y., Yen, G., Jiang, H., & Chiu, Y. 2018. Using a Novel Grey DANP Model to Identify Interactions between Manufacturing and Logistics Industries in China. *Sustainability*, 10(10), p.3456. Available at: <https://doi.org/10.3390/su10103456>.

Jones, S., Tefe, M., & Appiah-Opoku, S. 2013. Proposed framework for sustainability screening of urban transport projects in developing countries: A case study of Accra, Ghana. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 49, pp.21-34. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.003>.

Kahraman, Y.R. 2002. *Robust sensitivity analysis for multi-attribute deterministic hierarchical value models*. Ohio: Storming Media.

Kirkwood, C.W. 1997. *Strategic decision making: Multi-objective decision analysis with Spreadsheets*. Belmont: Duxbury Press.

López, E., & Monzón, A. 2010. Integration of Sustainability Issues in Strategic Transportation Planning: A Multi-criteria Model for the Assessment of Transport Infrastructure Plans. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 25(6), pp.440-451. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2010.00652.x>.

Mavi, R.K., Goh, M., & Zarbakhshnia, N. 2017. Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(5-8), pp.2401-2418. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9880-x>.

Mitropoulos, L.K., & Prevedouros, P.D. 2016. Incorporating sustainability assessment in transportation planning: an urban transportation vehicle-based approach. *Transportation Planning and Technology*, 39(5), pp.439-463. Available at: <https://doi.org/10.1080/03081060.2016.1174363>.

Mukhametzhanov, I., & Pamučar, D. 2018. A Sensitivity analysis in MCDM problems: A statistical approach. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(2) [online]. Available at: <https://www.dmame.org/index.php/dmame/article/view/14/14>. [Accessed: 21 August 2019]

Noureddine, M., & Ristic, M. 2019. Route planning for hazardous materials transportation: Multicriteria decision making approach. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 2(1), pp.66-85 [online]. Available at: <https://www.dmame.org/index.php/dmame/article/view/29/25>. [Accessed: 21 August 2019]

Nunić, Z. 2018. Evaluation and selection of the PVC carpentry Manufacturer using the FUCOM-MABAC model. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), pp.13-28 [online]. Available at: <https://www.oresta.org/index.php/oresta/article/view/3/3>. [Accessed: 21 August 2019]

Pamučar, D., Badi, I., Sanja, K., & Obradović, R. 2018a. A Novel Approach for the Selection of Power-Generation Technology Using a Linguistic Neutrosophic CODAS Method: A Case Study in Libya. *Energies*, 11(9), p.2489. Available at: <https://doi.org/10.3390/en11092489>.

Pamučar, D., & Ćirović, G. 2015. The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, 42(6), pp.3016-3028. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.11.057>.

Pamučar, D., Lukovac, V., Božanić, D., Komazec, N. 2018b. Multi-criteria FUCOM-MAIRCA model for the evaluation of level crossings: case study in the Republic of Serbia. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), pp.108-129 [online]. Available at: <http://www.oresta.org/index.php/oresta/article/view/10/9>. [Accessed: 21 August 2019]

Pamučar, D., Lukovac, V., & Pejčić-Tarle, S. 2013. Application Of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System In The Process Of Transportation Support. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 30(02), p.1250053. Available at: <https://doi.org/10.1142/s0217595912500534>.

Pamučar, D., Sremac, S., Stević, Ž., Ćirović, G., & Tomić, D. 2019. New multi-criteria LNN WASPAS model for evaluating the work of advisors in the transport of hazardous goods. *Neural Computing and Applications*, 31(9), pp.5045-5068. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00521-018-03997-7>

Pamucar, D.S., Tarle, S.P., & Parezanovic, T. 2018a. New hybrid multi-criteria decision-making DEMATEL-MAIRCA model: Sustainable selection of a location for the development of multimodal logistics centre. *Economic Research/Ekonomika Istraživanja*, 31(1), pp.1641-1665.

Pamučar, D., Vasin, L., Atanasković, P., & Miličić, M. 2016. Planning the City Logistics Terminal Location by Applying the Green p -Median Model and Type-2 Neurofuzzy Network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, , pp.1-15. Available at: <https://doi.org/10.1155/2016/6972818>.

Puška, A., Maksimović, A., Stojanović, I. 2018. Improving organizational learning by sharing information through innovative supply chain in agro-food companies from Bosnia and Herzegovina. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), pp.76-90 [online]. Available at: <http://www.oresta.org/index.php/oresta/article/view/7/7>. [Accessed: 21 August 2019]

Radović, D., Stević, Ž., Pamučar, D., Zavadskas, E., Badi, I., Antuchevičiene, J., & Turskis, Z. 2018. Measuring Performance in Transportation Companies in Developing Countries: A Novel Rough ARAS Model. *Symmetry*, 10(10), p.434. Available at: <https://doi.org/10.3390/sym10100434>.

Rao, C., Goh, M., Zhao, Y., & Zheng, J. 2015. Location selection of city logistics centers under sustainability. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 36, pp.29-44. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.008>.

Rezaei, J. 2015. Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53(June), pp.49-57. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>.

Safaei Mohamadabadi, H.S., Tichkowsky, G., & Kumar, A. 2009. Development of a multi-criteria assessment model for ranking of renewable and non-renewable transportation fuel vehicles. *Energy*, 34(1), pp.112-125. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.09.004>.

Simongáti, G. 2010. Multi-Criteria Decision Making Support Tool For Freight Integrators: Selecting The Most Sustainable Alternative. *Transport*, 25(1), pp.89-97. Available at: <https://doi.org/10.3846/transport.2010.12>.

Sremac, S., Stević, Ž., Pamučar, D., Arsić, M., & Matic, B. 2018. Evaluation of a Third-Party Logistics (3PL) Provider Using a Rough SWARA–WASPAS Model Based on a New Rough Dombi Agregator. *Symmetry*, 10(8), p.305. Available at: <https://doi.org/10.3390/sym10080305>.

Stanković, M., Gladović, P., & Popović, V. 2019. Determining the importance of the criteria of traffic accessibility using fuzzy AHP and rough AHP method. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 2(1), pp.86-104 [online]. Available at: <https://www.dmame.org/index.php/dmame/article/view/27/26>. [Accessed: 21 August 2019]

Stanujkić, D., & Karabašević, D. 2018. An extension of the WASPAS method for decision-making problems with intuitionistic fuzzy numbers: a case of website evaluation. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), pp.29-39 [online]. Available at: <http://www.oresta.org/index.php/oresta/article/view/4/4>. [Accessed: 21 August 2019]

Starcevic, S., Bojovic, N., Skrickij, V., & Junevičius, R. 2019. AHP method and data envelopment analysis application in terrain vehicle selection for the purposes of military units engagement in multinational operations. *Transport*, in press.

Stević, Ž., Pamučar, D., Kazimieras, Z.E., Čirović, G., & Prentkovskis, O. 2017. The Selection of Wagons for the Internal Transport of a Logistics Company: A Novel Approach Based on Rough BWM and Rough SAW Methods. *Symmetry*, 9(11), p.264. Available at: <https://doi.org/10.3390/sym9110264>.

Stević, Ž., Pamučar, D., Subotić, M., Antuchevičiene, J., & Zavadskas, E.K. 2018. The Location Selection for Roundabout Construction Using Rough BWM-Rough WASPAS Approach Based on a New Rough Hamy Agregator. *Sustainability*, 10(8), p.2817. Available at: <https://doi.org/10.3390/su10082817>.

Turskis, Z., & Zavadskas, E.K. 2010. A New Fuzzy Additive Ratio Assessment Method (Aras-F). Case Study: The Analysis Of Fuzzy Multiple Criteria In Order To Select The Logistic Centers Location. *Transport*, 25(4), pp.423-432. Available at: <https://doi.org/10.3846/transport.2010.52>.

Wang, H., Jiang, Z., Zhang, H., Wang, Y., Yang, Y., & Li, Y. 2018. An integrated MCDM approach considering demands-matching for reverse logistics. *Journal of Cleaner Production*, 208, pp.199-210. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.131>.

Zavadskas, E.K., & Kaklauskas, A. 1996. *Multiple Criteria Evaluation of Buildings*. Vilnius: Technika (in Lithuanian).

Zečević, S., Tadić, S., & Krstić, M. 2017. Intermodal Transport Terminal Location Selection Using a Novel Hybrid MCDM Model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 25(06), pp.853-876. Available at: <https://doi.org/10.1142/s0218488517500362>.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО
ВНЕДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ: BWM-COPRAS
МОДЕЛЬ

Драган С. Памучар, корреспондент, Лазар М. Савин

Университет обороны в г. Белград, Военная академия,
Департамент логистики, г. Белград, Республика Сербия

РУБРИКА ГРНТИ: 28.17.31 Моделирование процессов управления

ВИД СТАТЬИ: оригинальная научная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

Резюме:

Введение/цель: Соответствующее развитие и выбор внедорожных транспортных средств с целью выполнения различных видов задач являются весьма важными факторами, которые влияют на мобильность пользователей, качество передвижения и безопасность при выполнении транспортной деятельности в рамках Вооруженных сил Республики Сербия (ВСРС), а также на эффективность ее осуществления.

Методы: В данной работе представлена модель для выбора оптимального внедорожного транспортного средства для нужд ВСРС, с применением BWM (Best Worst Method) и COPRAS (Compressed Proportional Assessment) моделей. Определение относительной сложности критериев на основании, которых производится оценка потенциальных внедорожных транспортных средств выполнено с помощью BWM метода. Наряду с COPRAS методом, который является неотъемлемой частью основной модели принятия решений, в данной работе в части валидации результатов применялись и MABAC (MultiAttributive Border Approximation area Comparison) и MAIRCA (MultiAttributive Ideal-Real Comparative Analysis) методы.

Результаты: Испытание BWM-COPRAS модели проведено на примере выбора оптимального внедорожного транспортного средства в ВСС в результате чего был получен высокий коэффициент корреляции рангов. Валидация результатов выполнена с помощью статистической обработки данных, полученных благодаря применению различных

многокритериалних метода, в том числе коэффициента корреляций рангов Спирмена.

Выводы: Полученные результаты показывают устойчивость результатов предлагаемой модели при ранжировании альтернатив и доказывают ее применимость для решений многокритериальных задач.

Ключевые слова: BWM, COPRAS, MABAC, MAIRCA, выбор автомобиля, принятие многокритериальных решений.

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКИ BWM-COPRAS МОДЕЛ ЗА ИЗБОР ОПТИМАЛНОГ ТЕРЕНСКОГ ВОЗИЛА ЗА ПРЕВОЗ ПУТНИКА

Драган С. Памучар, аутор за преписку, Лазар М. Савин

Универзитет одбране у Београду, Војна академија,
Катедра логистике, Београд, Република Србија

ОБЛАСТ: математика, саобраћај, логистика

ВРСТА ЧЛАНКА: оригинални научни рад

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

Сажетак:

Увод/циљ: Адекватна евалуација и избор теренског возила за извршење различитих врста задатака веома је важан фактор који утиче на мобилност корисника, њихову безбедност, као и на квалитет и ефикасност извршавања транспортних активности у Војсци Србије (ВС).

Метод: Стога је за избор оптималног теренског возила за потребе ВС, у овом раду предложен BWM (Best Worst Method) и COPRAS (Compressed Proportional Assessment) модел. Одређивање релативних тежина критеријума, на основу којих се врши вредновање потенцијалних теренских возила, извршено је применом BWM методе. Поред COPRAS методе, која је саставни део основног модела за доношење одлуке, у овом раду су, кроз валидацију резултата, примењене и методе MABAC (MultiAttributive Border Approximation area Comparison) и MAIRCA (MultiAttributive Ideal-Real Comparative Analysis).

Резултати: Тестирањем BWM-COPRAS модела на примеру избора оптималног теренског возила у ВС добијена је висока корелација рангова. Валидација резултата извршена је статистичком обрадом резултата добијених различитим вишекритеријумским техникама, применом Спирмановог коефицијента корелације.

Закључак: Резултати показују стабилност резултата предложеног модела у рангирању алтернатива и доказују његову примењивост за решавање вишекритеријумских проблема.

Кључне речи: BWM, COPRAS, MABAC, MAIRCA, избор возила, доношење вишекритеријумских одлука.

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 23.08.2019.
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы /
Датум достављања исправки рукописа: 14.12.2019.
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум
коначног прихватања чланка за објављивање: 16.12.2019.

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).



DEPOSITION OF SILICA IN HYDROMETALLURGICAL PROCESSES

Srećko R. Stopić^a, Bernd G. Friedrich^b

RWTH Aachen University, IME Process Metallurgy and Metal
Recycling, Aachen, Federal Republic of Germany

^a e-mail: sstopic@ime-aachen.de, **corresponding author**,

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-1752-5378>,

^b e-mail: bfriedrich@ime-aachen.de,

ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-2934-2034>

DOI: 10.5937/vojtehg68-21152; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-21152>

FIELD: Chemical Technology
ARTICLE TYPE: Review Article
ARTICLE LANGUAGE: English

Summary:

Introduction/purpose: Dissolution of nonferrous metals from oxidic ores such as laterite, high silicon bauxite and eudialyte during acidic treatment was connected with silica gel formation.

Methods: Familiarity with behavior of silica in hydrometallurgical processes such as dissolution at atmospheric and high pressure, precipitation, neutralization and filtration is most important for the recovery of metals from water solution.

Results: Gel formation was avoided using dry digestion and a carbonation process of olivine under high pressure in an autoclave.

Conclusion: Fine silica was prepared from olivine in water solution at 175°C and 120 bar for 4 hours in an autoclave using some additives such as sodium bicarbonate and oxalic acid.

Key words: silicon, hydrometallurgy, gel, silica.

Introduction

Nanosilica has sparked strong interest in hydrometallurgy. Controlling silica deposition during hydrometallurgical processes has high significance for metal recovery.

ACKNOWLEDGMENTS: The research leading to these results received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (Call identifier FP7-NMP-2012-LARGE-6) under Grant Agreement n°309373. This publication reflects only the author's view, exempting the Community from any liability. Project website: www.eurare.eu.

During acid pressure leaching of ores containing silicates, pregnant liquor becomes saturated with silica. Nanosilica has caused strong interest among researchers due to its interesting properties for biomedical and catalytic applications. Its synthesis can be realized by using geo-resources like olivin, nickeliferous laterites, bauxite or other high silica containing minerals. In all cases, common acidic leaching leads to gel formation which hinders an efficient synthesis process. This literature review aims at an alternative method avoiding this effect by disclosing the controlling mechanisms. The hypothesis presented is based on the preliminary experimental results accidentally obtained by the carbonation treatment of olivin minerals in the frame of a carbon capture sequestration (CCS) research results.

Silica gel formation

The treatment of silicate based ores with different acids under atmospheric pressure leads to the formation of silica gel and breaking of a leaching process. Silica gel represents an amorphous and porous form of silicon dioxide consisting of an irregular tridimensional framework of alternating silicon and oxygen atoms with nanometer-scale pores (Zulfiqar et al, 2016, pp.91-96). The dissolution of silicon from quartz or amorphous silica involves hydrolysis in the access of water to form monosilicic acid (as shown in Eq. 1). The supersaturation of $\text{Si}(\text{OH})_4$ is required for polymerization (Queneau et al, 1983). The formed precipitate represents polymerized silica in the form of a colloid, a precipitate or a gel, as shown in Figure 1.



Figure 1 – Formation of silica gel
Рис. 1 – Гелеобразование из диоксида кремния
Слика 1 – Формирање гела од силицијум-диоксида

Similarly, high Si content in aluminium laterites makes these resources untreatable with acid leaching routes again due to the formation of silica gel. Alkan et al (2019, pp.266-272) studied the effects when such materials are exposed to sulfuric acid at room temperature. An empirical dry digestion-leaching model was proposed for each starting material in a comparative manner in order to prevent the formation of silica gel using sulfuric acid. As shown in Figure 2, avoiding gel formation is possible using hydrogen peroxide during acidic leaching. Nevertheless, despite this positive result, no nanosilica was formed.

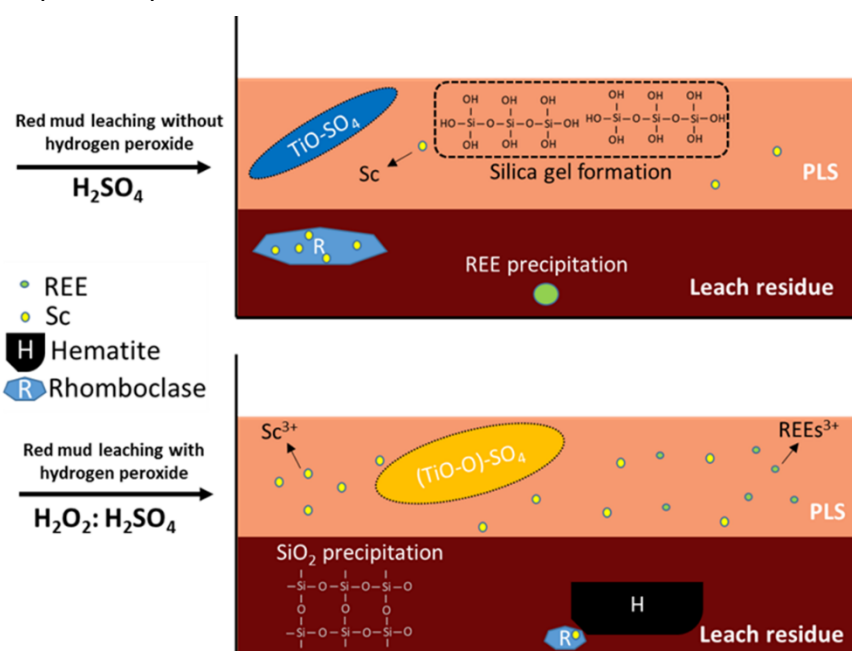


Figure 2 – Silica gel formation mechanism and precipitation (Alkan et al, 2019, pp.266-272)

Рис. 2 – Механизм гелеобразования из диоксида кремния и выделение осадка (Alkan et al, 2019, pp.266-272)

Слика 2 – Механизм формирања гела од силицијум-диоксида и преципитација (Alkan et al, 2019, pp.266-272)

Eudialyte is a further example due to its good solubility in acid as it contains more than 50% of silica. The treatment of eudialyte leads again to strong silica gel formation during a treatment with some acids (Ma et al, 2019, pp.2-13). Ma et al (2018, p.267) studied neural network modeling for the optimization of the extraction process by dry digestion

avoiding the formation of silica gel in the presence of hydrochloric acid, but again without nanosilica presence, as shown in Figure 3.

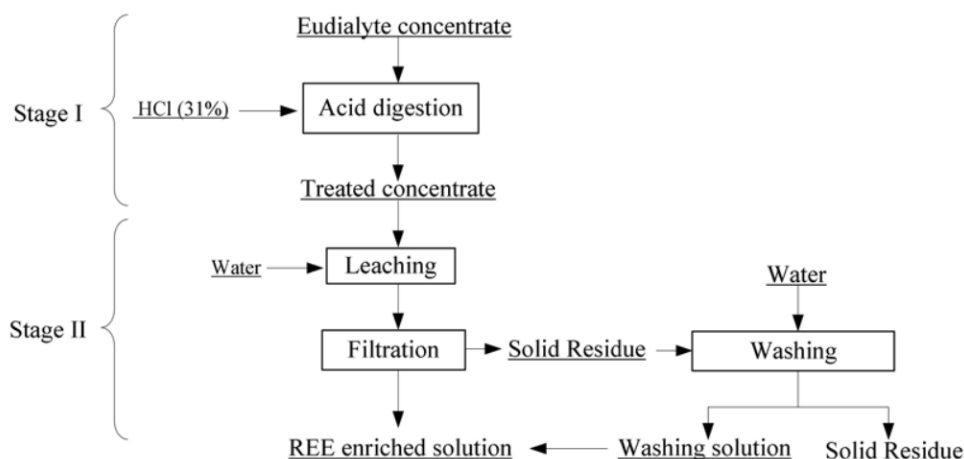


Figure 3 – Avoiding silica gel formation using the dry digestion process for the eudialyte treatment (Ma et al, 2018, p.267)

Рис. 3 – Предотвращение гелеобразования из диоксида кремния во время «Сухого» растворения при обработке эвдиалита (Ma et al, 2018, p.267)

Слика 3 – Избегавање формирања гела од силицијум-диоксида током „сувог“ растварања у третирању еудиалита (Ma et al, 2018, p.267)

In a method by Olerud (1998) for manufacturing silica, the leaching of natural silicates (Olivin) is performed with hydrochloric acid or other mineral acids at 110°C, followed by draining, drying and possibly grinding up of the residue of the product obtained (US Patent 5,780,005), as shown in Fig. 4.

In order to obtain spherical silica with a controlled particle size and surface characteristics, a mineral (Mg_2SiO_4) was used with the highest possible degree of purity. The product is colloidal amorphous silica in the form of a gel. The silica gel is separated from the liquid by pressure filters, washed clean of acid remains, dried and ground. The extraction of silica gel and magnesium compounds from olivine is proposed by Hansen and Zander (2011) who used sulphuric acid in a thermal treatment at temperature between 150 and 400°C (European Patent EP 1373 139 B1) for 4 to 12 hours.

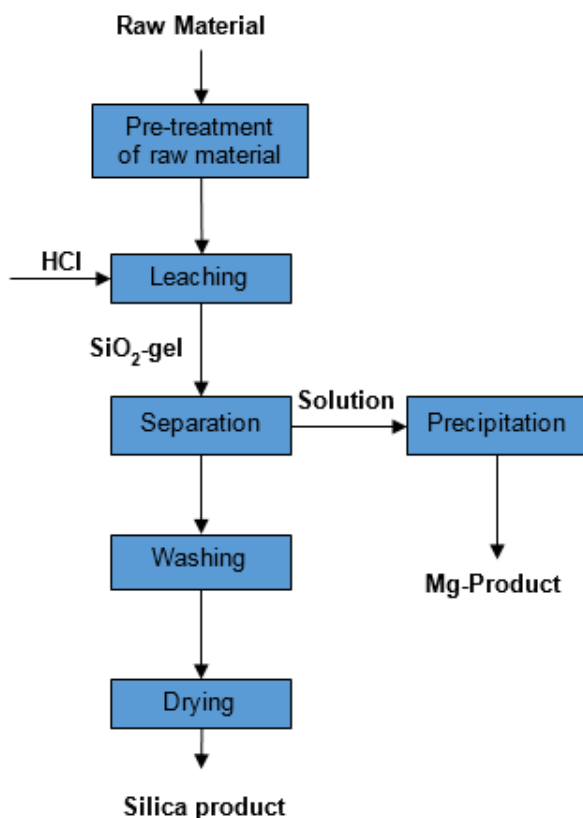


Figure 4 – Acidic method for the synthesis of silica (Olerud, 1998)
 Рис. 4 – Кислотный метод для синтеза диоксида кремния (Olerud, 1998)
 Слика 4 – Синтеза силицијум-диоксида методом растварања оливина киселином (Olerud, 1998)

Current synthesis methods for nanosilica

Development of ceramic nanoparticles such as silica, alumina and titania with improved properties has been studied with much success in several areas such as synthesis and surface science (Hansen & Zander, 2011), (Stopić et al, 2013, pp.3633-3635). Advancement in nanotechnology has led to the production of nanosized silica which has been widely used as a filler in a catalysis and glass industry. Silica particles extracted from natural resources contain metal impurities and are not favorable for advanced scientific and industrial applications.

The sol-gel process is widely applied to produce silica, glass, and ceramic materials due to its ability to form pure and homogenous

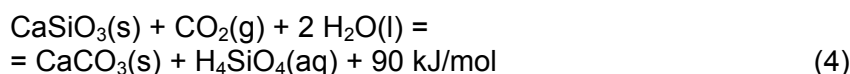
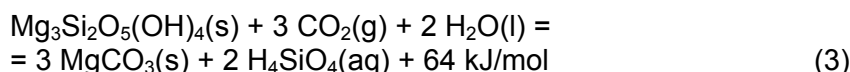
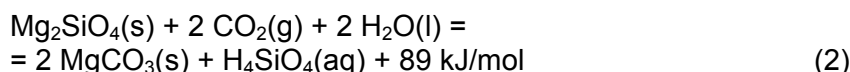
products at mild conditions. The process involves hydrolysis and condensation of metal alkoxides ($\text{Si}(\text{OR})_4$) such as tetraethylorthosilicate (TEOS, $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) or inorganic salts such as sodium silicate (Na_2SiO_3) in the presence of a mineral acid (e.g., HCl) or a base (e.g., NH_3) as a catalyst (Rahman & Padavettan, 2012, pp.1-15). The synthesis of spherical hollow silica particles from the sodium silicate solution with boric acid or urea as an additive was carried out by the ultrasonic spray pyrolysis method. This work dealt with the effect of four parameters (concentration of boric acid and urea, feed rate of a reactant, reaction temperature, and time) on the particle size and the standard deviation. As a result, the mean particle size and the standard deviation decreased with increasing of all parameters except urea (Kim et al, 2005, pp.193-198). Ratanathavorn et al (2018, pp.1-5) studied the silica nanoparticles synthesis by the ultrasonic spray pyrolysis (USP) technique using tetraethylorthosilicate (TEOS) as a precursor in order to produce a fixative material for cream perfume formulation. The results showed that the synthesis temperature of 500 °C provided the smallest size of silica nanoparticles, about 106 nm. The particle size decreased from 347 nm to 106 nm when the synthesis temperature increased from 300 °C to 500 °C.

Ultra-small hollow silica nanoparticles were synthesized using the prepared amorphous calcium carbonate (ACC) particles as a template. The ACC particles were firstly prepared by the carbonation method, where the procedure was conducted in the methanol solvent to form $\text{Ca}(\text{OCH}_3)_2$ layers on ACC particles. The methanol concentration effect on the morphology of ACC particles was also investigated (Nakashima et al, 2018, pp.904-908). ACC particles were prepared by the carbonation method via bubbling CO_2 gas into calcium ions dispersing in the methanol solution. The effect of the methanol concentration on the CaCO_3 formation was investigated. The pH of the ACC preparation was studied in a range of 9.4 and 10. After that, ultra-small HSNPs were synthesized using the prepared ACC particles in the one-pot process. The results suggested that the synthesis of HSNPs using ultra-small ACC particles via the one-pot process is one of the most effective methods to produce ultra-small HSNPs regarding energy and cost savings.

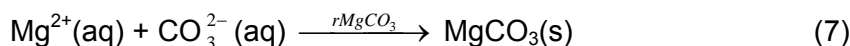
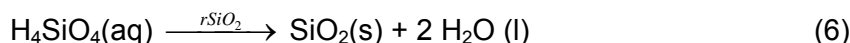
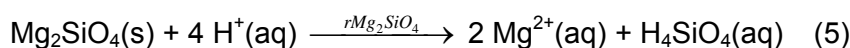
Carbonation of silicate minerals in water solution

For such a mineral carbonation process, all common silicate minerals like forsterite (Mg_2SiO_4), antigorite ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) and

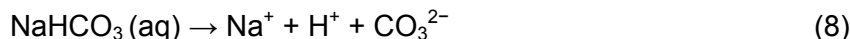
wollastonite (CaSiO_3) and their overall reaction rates are suitable for carbonation. The related reactions are given in Equations (2–4):



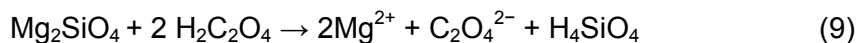
Stopić et al (2018, p.993) have shown the reaction path of direct forsterite carbonation for a synthesis of magnesium carbonate in aqueous solution without any deeper consideration of the formed silica particles as shown in Equations (5–7), but in the presence of additives: sodium bicarbonate, oxalic acid, and ascorbic acid (as shown in Equations (7-8)). Although olivine is a mixed crystalline material ($\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$, for simplicity, olivine consists only of Mg_2SiO_4 , namely forsterite. First, gaseous carbon dioxide dissolves in aqueous solution. Simultaneously, forsterite is dissolved in aqueous solution (Equation (5)) forming aqueous silicic acid, then it precipitates as amorphous silica (Equation (6)) which is a by-product, and lastly, magnesium ions and carbonate form magnesite as shown in Equation (7):



This positive effect of additives may be due to "reaction-driven cracking" in the presence of NaHCO_3 , formation of etch pits, and/or other processes that continually renew the reactive surface area of Mg_2SiO_4 .



The addition of oxalic acid leads to the formation of Mg-ions in the solution, which react with carbonate ions forming magnesium carbonate.



The determination of the process parameters such as temperature, pressure and pH for maximum overall conversion rates is elementary. Direct CO₂ sequestration at high pressure with olivine as a feedstock has already been performed in numerous studies at different temperatures and pressures with or without the use of additives such as carboxylic acid and sodium hydroxide. It is reported that optimal reaction conditions are in the temperature range of 150–185 °C and in the pressure range of 135–150 bar (Rahmani et al, 2014, pp.5953-5958). Additives are reported to have a positive influence on the carbonation rate, but without a study in detail. Optimal addition of additives is reported by (Béarat et al, 2006, pp.4802-4808) in studies about the mechanism that limits aqueous olivine carbonation reactivity under the optimum sequestration reaction conditions observed as follows: 1 M NaCl + 0.64 M NaHCO₃, at 185 °C and P (CO₂) about 135 bar. A reaction limiting silica-rich passivating layer forms on the feedstock grains, slowing down carbonate formation and raising process costs.

Eikeland et al (2015, pp.5258-5264) reported that NaCl does not have significant influence on the carbonation rate, but, in the absence of NaCl, the conversion rate amounted to more than 90% using a NaHCO₃ concentration of 0.5 M. Ideally, the solid phases exist as pure phases without growing together. In reality, different observations are made on the behavior of solid phases. Daval et al (2011, pp.193-209) reported about a high influence of amorphous silica layer formation on the dissolution rate of olivine at 90 °C and at elevated pressure of carbon dioxide. This passivating layer, as shown in Fig. 5, may be either built up from non-stoichiometric dissolution, precipitation of amorphous silica on forsterite particles or from a combination of both.

These results suggest that the formation of amorphous silica layers plays an important role in controlling the rate of olivine dissolution by passivating the surface of olivine, an effect that has yet to be quantified and incorporated into standard reactive-transport codes. Queneau et al (1983) reported that the solubility of silica is sensitive to the pH level in alkaline solution, but relatively insensitive to pH in acid solution. Certain inorganic metallic impurities, particularly aluminium, can sharply reduce the rate of dissolution of silica. Unfortunately, these silica collectors are not effective in the pH range below 3 of concern to leaching of laterites with sulfuric acid. Therefore, a carbonation process of olivine in water solution at 175°C offers a possibility to avoid gel formation.

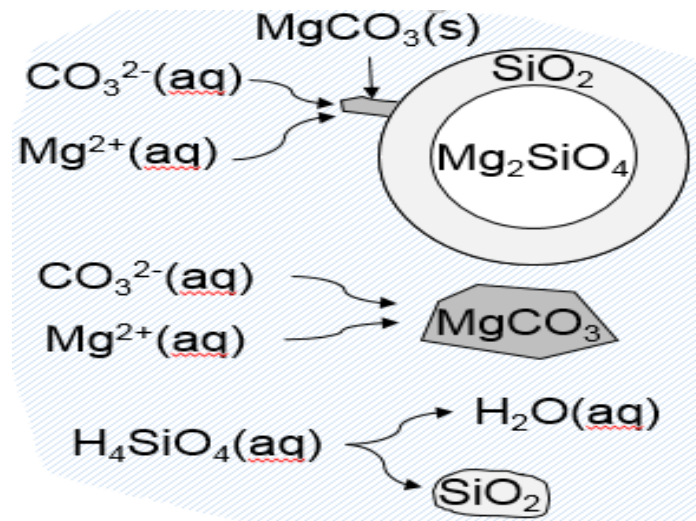


Figure 5 – The formation of the silica passivating layer
 Рис. 5 – Образование слоя диоксида кремния, блокирующего карбонат магния
 Слика 5 – Формирање слоја силицијумдиоксидом, који блокира магнезијум-карбонат

Stopić et al (2019, p.708) used Steinsvik olivine from Norway with a chemical analysis in (wt %): 48.7 SiO_2 , 41.7 MgO , 7.8 Fe_2O_3 , 1.2 NiO , 0.5 Al_2O_3 , 0.4 Cr_2O_3 , 0.2 CaO , 0.1 ZnO for the absorption of gaseous carbon dioxide. The treatment of olivine was performed using the operations such as milling, sieving, carbonation in an autoclave, filtration, and a chemical analysis of solid and liquid samples shown in Figure 6.

The carbonation tests were carried out in the 1500 mL autoclave from Büchi Kiloclave Type 3E, at 175 °C with 117 bar pure grade CO_2 in the presence and the absence of additives such as sodium bicarbonate, oxalic acid, and ascorbic acid in duration of 2–4 h. Sample amount ranging from 100 to 300 g was added to the 1000 mL solution with a mixing rate of 600 revolutions per minute in different experiments. After the reaction, the liquid had very low content of metal cations and was analyzed via the ICP OES analysis. The characterization of the solid products was restricted to the XRD analysis and XRF analyses.

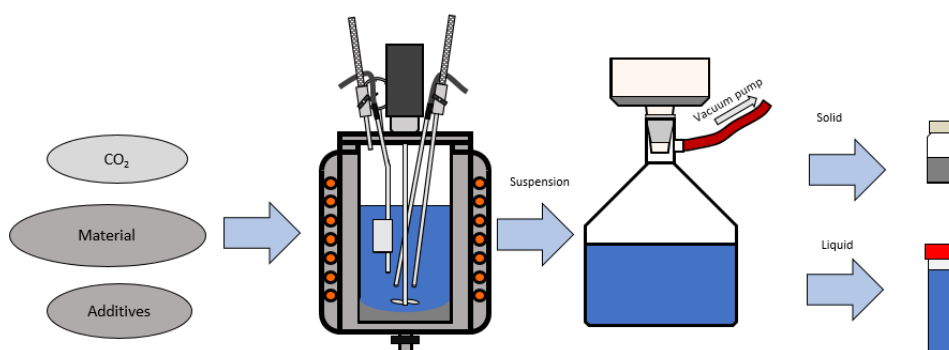


Figure 6 – Carbonation process of olivine and sampling
 Рис. 6 – Процесс карбонизации оливина и отбор проб
 Слика 6 – Процес апсорпције угљен-диоксида и узимање проба

The presence of magnesite and silica was confirmed using the SEM analysis of the solid product, as shown in Figure 7.

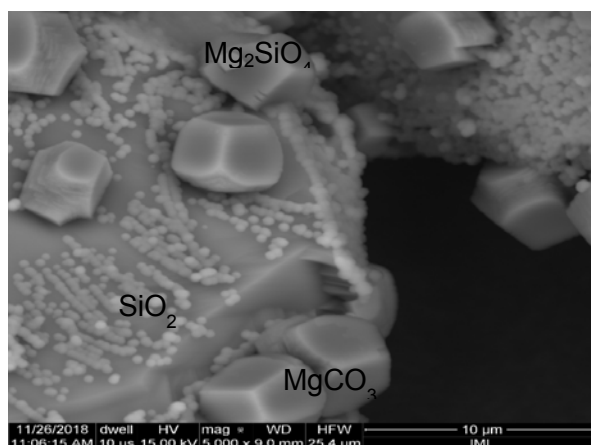


Figure 7 – SEM analysis of the initial olivine sample after carbonation.
 Рис. 7 – СЭМ Сканирующая электронная микроскопия исходного образца оливина после карбонизации
 Слика 7 – Сканирајућа електронска микроскопска слика оливина након апсорпције угљен-диоксида

As illustrated by Figure 7, the SEM-analysis confirmed that very small particles of SiO_2 and magnesite are formed as rhombohedrons or hexagonal prisms at the surface of partially carbonated magnesium silicate. The challenge of future work is the separation of the formed

silica particles from the product and the determination of the ratio of the formed silica.

Conclusion

The acidic leaching of lateritic ores, high silicon bauxite, and eudialyte leads to the formation of silica gel which hinders the leaching process in order to recover nonferrous metals and rare earth elements. Adding sodium fluoride and using dry digestion offer a possibility to prevent gel formation. The second possibility is the carbonation of olivine in water solution under high pressure in an autoclave in the presence of additives such as hydrogen bicarbonate, oxalic acid, and ascorbic acid at 175°C. The formed silica particles are between 200 and 500 nm and have a spherical form. The influence of the parameters such as temperature and pressure, pH-Value and concentration of additives has high importance in controlling the synthesis of nanosilica particles. Furthermore, the best parameter combinations will be studied in future work in order to offer an experimental design for the synthesis of silica particles.

References

- Alkan, G., Yagmurlu, B., Gronen, L., Dittrich, C., Ma, Y., Stopić, S., & Friedrich, B. 2019. Selective silica gel free scandium extraction from Iron-depleted red mud slags by dry digestion. *Hydrometallurgy*, 185, pp.266-272. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.03.008>.
- Béarat, H., McKelvy, M.J., Chizmeshya, A.V.G., Gormley, D., Nunez, R., Carpenter, R.W.,...Wolf, G.H. 2006. Carbon Sequestration via Aqueous Olivine Mineral Carbonation: Role of Passivating Layer Formation. *Environmental Science and Technology*, 40(15), pp.4802-4808. Available at: <https://doi.org/10.1021/es0523340>.
- Daval, D., Sissmann, O., Menguy, N., Saldi, G.D., Guyot, F., Martinez, I.,...Hellmann, R. 2011. Influence of amorphous silica layer formation on the dissolution rate of olivine at 90°C and elevated pCO₂. *Chemical Geology*, 284(1-2), pp.193-209. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2011.02.021>.
- Eikeland, E., Blichfeld, A.B., Tyrsted, C., Jensen, A., & Iversen, B.B. 2015. Optimized Carbonation of Magnesium Silicate Mineral for CO₂ Storage. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 7(9), pp.5258-5264. Available at: <https://doi.org/10.1021/am508432w>.
- Hansen, T., & Zander, N. 2011. *Extraction of silica and magnesium compounds from olivine, European Patent !P 1 373 139 B1*.

Kim, K.D., Choi, K.Y., & Yang, J.W. 2005. Formation of spherical hollow silica particles from sodium silicate solution by ultrasonic spray pyrolysis method. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 254(1-3), pp.193-198. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.12.009>.

Ma, Y., Stopic, S., & Friedrich, B. 2019. Hydrometallurgical Treatment of an Eudialyte Concentrate for Preparation of Rare Earth Carbonate. *Johnson Matthey Technology Review*, 63(1), pp.2-13. Available at: <https://doi.org/10.1595/205651318x15270000571362>.

Ma, Y., Stopic, S., Gronen, L., Milivojevic, M., Obradovic, S., & Friedrich, B. 2018. Neural Network Modeling for the Extraction of Rare Earth Elements from Eudialyte Concentrate by Dry Digestion and Leaching. *Metals*, 8(4), p.267. Available at: <https://doi.org/10.3390/met8040267>.

Nakashima, Y., Takai, C., Razavi-Khosroshahi, H., Suthabanditpong, W., & Fuji, M. 2018. Synthesis of ultra-small hollow silica nanoparticles using the prepared amorphous calcium carbonate in one-pot process. *Advanced Powder Technology*, 29(4), pp.904-908. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apt.2018.01.006>.

Olerud, S. 1998. *Method for Manufacturing spherical silica from olivine, US Patent 5780005*.

Queneau, P.B., Berggren, M.W, Cooperrider, M., & Doane, R.E. 1983. Control of silica deposition during pressure let-down of acidic leach slurries, Hydrometallurgy, Research, Development and Plant Practice. In: *112th AIME Annual Meeting*, March 6.

Rahman, I.A., & Padavettan, V. 2012. Synthesis of Silica Nanoparticles by Sol-Gel: Size-Dependent Properties, Surface Modification, and Applications in Silica-Polymer Nanocomposites - A Review. *Journal of Nanomaterials*, 2012, pp.1-15. Available at: <https://doi.org/10.1155/2012/132424>.

Rahmani, O., Junin, R., Tyrer, M., & Mohsin, R. 2014. Mineral Carbonation of Red Gypsum for CO₂ Sequestration. *Energy and Fuels*, 28(9), pp.5953-5958. Available at: <https://doi.org/10.1021/ef501265z>.

Ratanathavorn, W., Bouhod, N., & Modsuwan, M. 2018. Synthesis of silica nanoparticles by ultrasonic spray pyrolysis technique for cream perfume formulation development. *J. Food Health Bioenviron. Sci.*, 11(3), pp.1-5 [online]. Available at: <https://www.tci-thaijo.org/index.php/sdust/article/view/183837>. [Accessed: 21 December 2019]

Stopic, S., Dertmann, C., Koiwa, I., Kremer, D., Wotruba, H., Etzold, S.,...Friedrich, B. 2019. Synthesis of Nanosilica via Olivine Mineral Carbonation under High Pressure in an Autoclave. *Metals*, 9(6), p.708. Available at: <https://doi.org/10.3390/met9060708>.

Stopic, S., Dertmann, C., Modolo, G., Kegler, P., Neumeier, S., Kremer, D., ...Friedrich, B. 2018. Synthesis of Magnesium Carbonate via Carbonation under High Pressure in an Autoclave. *Metals*, 8(12), p.993. Available at: <https://doi.org/10.3390/met8120993>.

Stopić, S., Friedrich, B., Schroeder, M., & Weirich, T.E. 2013. Synthesis of TiO₂ core/RuO₂ shell particles using multistep ultrasonic spray pyrolysis. *Materials Research Bulletin*, 48(9), pp.3633-3635. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2013.05.050>.

Zulfiqar, U., Subhani, T., & Husain, S.W. 2016. Synthesis and characterization of silica nanoparticles from clay. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 4(1), pp.91-96. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jascer.2015.12.001>.

ОТЛОЖЕНИЕ КРЕМНИЯ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Срећко Р. Стопич, **корреспондент**, Бернд Г. Фридрих
Технический университет города Ахен,
Институт металлургических процессов и рециклирования металлов,
Ахен, Федеративная Республика Германия

РУБРИКА ГРНТИ: 61.13.21 Химические процессы

ВИД СТАТЬИ: обзорная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

Резюме:

Введение/цель: Растворение цветных металлов из оксидных руд, таких как латерит, боксит с высоким содержанием кремния и эвдиалит, во время кислотной обработки было связано с образованием силикагеля.

Методы: Ознакомление с поведением кремнезема в гидрометаллургических процессах, таких как растворение при атмосферном и высоком давлении, осаждение, нейтрализация и фильтрация, оказалось весьма важным при извлечении металлов из водного раствора.

Результаты: Предотвращение гелеобразования стало возможным благодаря использованию раствора с высокой концентрацией кислот («сухой раствор») и абсорбции диоксида углерода из оливина при высоком давлении в автоклаве.

Выводы: Изготовление мелкодисперсного порошка кремнезема из оливина в водном растворе было достигнуто при 175 ° С и 120 бар и в течение 4 часов в автоклаве с использованием добавок, таких как бикарбонат натрия и щавелевая кислота.

Ключевые слова: кремний, гидрометаллургия, гель, диоксид кремния.

ТАЛОЖЕЊЕ СИЛИЦИЈУМ-ДИОКСИДА У ХИДРОМЕТАЛУРШКИМ ПРОЦЕСИМА

Срећко Р. Стопић, **аутор за преписку**, Бернд Г. Фридрих
Технички универзитет у Ахену, Институт за процесну металургију и рециклирање метала, Савезна Република Немачка

ОБЛАСТ: хемијске технологије
ВРСТА ЧЛАНКА: прегледни рад
ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

Сажетак:

Увод/сврха: Растварање обојених метала из оксидних руда, као што су латерити, боксити са високим садржајем силицијума и еудиалит, коришћењем киселина повезано је са стварањем гела од силицијум-диоксида.

Метод: Сличност са понашањем силицијум-диоксида у хидрометалуршким процесима, као што су растварање при атмосферском и високом притиску, таложење, неутрализација и филтрирање, од великог је значаја за извлачење метала из раствора.

Резултати: Избегавање формирања гела омогућено је коришћењем растварања великим концентрацијама киселина („суво растварање“) и апсорпцијом угљен-диоксида од оливина при високом притиску у аутоклаву.

Закључак: Припрема финог праха силицијум-диоксида из оливина у воденом раствору постигнуто је на 175°C и 120 бара за 4 сата у аутоклаву коришћењем додатака као што су натријум-бикарбонат и оксална киселина.

Кључне речи: силицијум, хидрометалургија, гел, силицијум-диоксид.

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 13.11.2019.
Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы / Датум достављања исправки рукописа: 28.12.2019.
Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум коначног прихватања чланка за објављивање: 30.12.2019.

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).



LOGISTICS - ITS ROLE, SIGNIFICANCE AND APPROACHES

Marjan A. Milenkov^a, Vlada S. Sokolović^b,
Vladimir R. Milovanović^c, Marija D. Milić^d
University of Defence in Belgrade, Military Academy,
Belgrade, Republic of Serbia

^a e-mail: marjan.milenkov@va.mod.gov.rs,
ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-2054-0525>

^b e-mail: vlada.sokolovic@va.mod.gov.rs, **corresponding author**,
ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-0782-0506>

^c e-mail: vaci84milovanovic@gmail.com,
ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-6787-4058>

^d e-mail: milicka92@gmail.com,
ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0001-8478-0478>

DOI: 10.5937/vojtehg68-24805; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-24805>

FIELD: Logistics
ARTICLE TYPE: Review paper
ARTICLE LANGUAGE: English

Abstract:

Introduction/purpose: The paper presents the development of logistics as a specific field of military branch, a contemporary field of business and a scientific discipline which inspires many researchers, theorists and practitioners to approach logistical problems from various aspects. The essence of logistics is an integrated approach to all its constituent activities, which reduces costs and increases the efficiency and effectiveness of the logistics system in supporting the primary activities of an organization or a technical system. Due to intensive and multidimensional development of logistics and its applications in various fields, the need for highly educated logistics personnel with specialized knowledge for performing a wide range of activities in the logistics system is becoming increasingly necessary.

Methods: Based on the description of military, business, national and humanitarian logistics and a comparative analysis, their mutual relationship is shown.

Results: Based on the performed analysis, an explanation of the importance of studying logistics as a multidisciplinary science and pointing out the need for specific training of logistics personnel was given.

Conclusion: Logistics is intensively developing in various fields depending on the goals of the system (organizational and technical) it supports. In general, commercial logistics is evolving faster than military logistics, and many innovative commercial logistics solutions are being deployed in

military logistics. However, certain solutions that produce good results in the commercial sector do not produce adequate results in the military. Therefore, it is necessary to carry out research and study of the functioning of logistics systems in different fields and carefully integrate individual solutions into the military logistics system. As the most complex logistics system, military logistics requires specific staffing and training of logistics professionals.

Key words: logistics, military logistics, business logistics, logistics system, logistics support, integrated logistics support, education, logistics personnel.

Introduction

Logistics, through its defense, commercial and academic aspects, is intensively changing, reforming and developing in accordance with the best world standards, scientific and practical achievements. It is an area that covers numerous and very complex and responsible business and functional activities in various systems, with a high degree of importance, so in recent years logistical problems have been receiving increasing attention.

Modern needs, high and fast technical and technological development and innovative approaches in the business operations of companies and the functioning of modern armies and technical systems have led to the creation of more specific approaches to the problems covered by logistics, so that it has become a subject of constant study and improvement. Logistics, most often, is viewed, studied and implemented as a practical tool to support the business and functioning of various organizational and technical systems in achieving their goals. In addition, logistics is a field of knowledge that leads to the development of numerous approaches, methodological procedures, methods, techniques and tools to solve increasingly complex logistics problems, that is, to find rational and optimal practical solutions for managing logistics systems and processes.

Logistics issues are increasingly inspiring many researchers, theorists and practitioners to approach logistical phenomena and problems with different motives, which is why numerous terminological definitions and definitions of logistical concepts appear in the scientific and professional literature. Numerous aspects of studying logistics phenomena and solving logistic problems have led to the development of various logistics strategies, concepts, principles, processes and structures of logistics systems, that is, to the development of logistics as

a concrete practical skill and specific scientific discipline (Milenkov et al, 2015).

Although business (commercial) logistics is evolving more rapidly today than military logistics, military logistics is still far more complex than many commercial companies and plays a primary role in studying the logistics system (Pawelczyk, 2018).

The emerging conditions in which combat and non-combat operations are conducted require that the armed forces significantly improve their operational capabilities over the previous period, which also leads to a change in military logistics models and ways of providing logistics support. There is a need to modify and align the logistics system's structure with the operational philosophy of the combat forces, improve the flexibility of planning and reallocating logistics resources, and develop a logistical support model that incorporates best practices from business practice and advanced information and transportation technology while adapting to the capabilities and conditions on the ground (Acero et al, 2020).

Many facts indicate that military logisticians need to be well aware of many definitions of logistics concepts and specific applications of certain logistics solutions that come from many authors, scientific and professional associations, organizations and institutions in various areas of public and commercial sectors. It is important to emphasize that some of the innovative solutions that led to the revolution in commercial logistics do not always produce the desired results in military logistics (Beaumont, 2017).

Logistics, regardless of which sphere it belongs to, is a very complex area, generating large costs and losses, and considerable financial resources are earmarked for its functioning (Erbel & Kinsey, 2015). Logistics is therefore the area with the greatest potential to create savings and improve the business and functioning of every military, business organization and technical system. Modern armies and business organizations strive to improve and increase their values precisely by the adequate use of their logistics personnel potentials and by introducing certain technical, technological and organizational changes in the logistics system (Erbel & Kinsey, 2018), (Pînzariu & Mînea, 2019).

The aim of this paper is to present the role, importance and trends of logistics development in modern conditions, as well as to present different approaches to the study of logistics, and approaches in the education and development of military logistics professionals.

The role and importance of logistics

The intensive development of logistics over the last few decades and the need for increasing study and implementation of logistics approaches in practice have led to the emergence of a number of definitions of logistics and its concepts, proposed by both logistics professionals individually and their professional (academic and professional) associations. This has all influenced that logistics, as well as the concepts associated with it, are defined through numerous approaches, which is a consequence of the high dynamic and complex nature of the logistics context itself (different areas covered by logistics and the dynamics of the environment in which the logistics activities take place).

In current theory and practice, logistics concepts are often used with not very clearly defined differences, which further complicates such a complex field in terms of self-understanding of certain terminological definitions, and even to their misinterpretation and misapplication in practice. The study, understanding, and definition of logistics and its concepts, in essence, depends on the angle of observation of logistics phenomena by the actors themselves (researchers, theorists, practitioners).

It is well known that numerous approaches and disciplines from different fields and with different aspects deal with the problem of defining, designing, analyzing the work and supporting the work of organizational, technical and other systems. However, it is logistics that provides a comprehensive analysis and integration of numerous practical approaches and scientific disciplines and achievements into a single system, making it a distinct multidisciplinary scientific field and specific practical skill (Andrejić & Milenkov, 2012).

In practical terms, the term "logistics" means a skill that addresses the problems of securing resources and providing support in achieving the goals and functions of a supported system. In the scientific sense, the term "logistics" means a certain discipline that seeks to find methods of

planning, managing and optimizing flows of materials, services, energy, information and capital in order to achieve certain effects¹.

Logistics, as a scientific discipline, enables the integration of a wide range of logistical activities into a single logistics system, using various scientific and practical achievements. In this way, efficient management of logistics requirements and logistic activities is achieved, from the place and time of their occurrence to the place and time of their satisfaction, with the possibility of adding additional value along the logistics flow (Fugate et al, 2011). Thus, logistics seeks to find rational and optimal practical solutions through the integration of many technical, technological, organizational, economic, legal, environmental and other disciplines, using various mathematical methods, heuristic rules, information technologies, experience and expertise. For this reason, logistics in scientific circles is classified as a multidisciplinary scientific discipline (Milenkov et al, 2015).

In order to understand that logistics today has grown into a distinct scientific discipline, it should be emphasized that it relies on recognized scientific and professional approaches and disciplines such as: reliability, cost effectiveness, system engineering, system effectiveness, integral support, cybernetics, various mathematical - statistical methods, probability calculus, operational research, simulations, etc. (Blanchard, 2014), (Langford, 2007).

Logistics intensively utilizes the capabilities of modern information and telecommunications technologies so that it is able to analyze and monitor complex processes in various systems in detail. On this basis, logistics can forecast the development of various processes and systems, as well as their cost, needs and capabilities; it can also optimize these processes and systems from economic, technical, technological, environmental, organizational or other aspects.

Many logistical aspects are stochastic, dynamic and nonlinear in nature, causing the logistics system to be highly sensitive even to small disturbances. It is therefore very important to establish adequate governance mechanisms. Process management and control in the logistics system is based on many distributed and hierarchically organized levels. Decision makers, logistics professionals and users of logistics products and services have different interests and goals,

¹ Logistics effects in commercial organizations are primarily about reducing costs and increasing profits. In non-profit organizations, such as military and humanitarian organizations, logistical effects relate to the effective provision of services that enable those organizations to have the high level of competency required.

different educational levels and diverse work experience and competencies. They all observe, study and analyze logistical phenomena, the logistics system and logistical problems from different angles and in different ways, and generally make many decisions based on subjective perception and subjectively selected criteria and estimated parameters.

In general, logistics is a very complex system with many generated multidimensional features by various elements, functions, processes and activities. The complexity of a logistics system requires that its management be based on a number of parameters and performance. Logistics performance measurement consists of a methodology for analyzing resources to monitor and control operations (activities) within logistics functions (Fugate et al, 2011), (Glas et al, 2013).

In the literature, efficiency is singled out as a key logistical performance. The terms effectiveness and efficiency have different meanings and contextual meanings according to the system supported by logistics. In addition, the environment in which logistics operates often leads to the opposite and tension in striking a certain balance between this value, as achieving one value can be detrimental to another. Logisticians therefore have a great role to play in understanding and balancing these two conflicting requirements, while making their added value, competitive advantage, their knowledge, ability and capacity (Jobbagy, 2009), (Fugate et al, 2011).

Logistics, due to its multidisciplinary nature and the wide range of activities it covers in different fields, has a different role and importance in these fields. There are also different approaches to analyzing it, studying terminology.

In the modern scientific and professional community, logistics is most often analyzed and studied from a military and business perspective, and for ease of understanding, the terms military logistics and business logistics have been introduced (McGinnis, 1992). Also, logistics is often analyzed and studied from the point of view of the life span of the asset (technical system), where the term integral logistics support was introduced (Blanchard, 2014). In addition, logistics is often analyzed from the standpoint of support to state and economic institutions where the concept of national logistics was introduced (Stanojević et al, 2017a), as well as from the point of view of supporting the rescue and care of people, animals and material resources in crisis and accident situations where the term humanitarian logistics was introduced (Kovács & Spens, 2007), as well as many other definitions, according to the fields of its operation.

Trends in military logistics development

Logistics has long been recognized as a vital component of the existence and functioning of military forces and its role has never lost its significance throughout history. The development of logistics is most often linked to what is nowadays considered military logistics. Ancient historians used the term "logistics" to refer to numerous military functions.

In general, the intensity of the development of military logistics has changed dynamically through the epochs, depending on the development of war skills and technical and technological achievements. Historically, logistical activities have always been linked to the creation, development and support of military forces through the provision and maintenance of weapons and military equipment, the supply of ordnance, the resolution of food and water supply for humans and animals, the provision of movement, health care, protection against atmospheric influences, etc.

The role of logistics for the armed forces today is even more significant than in the earlier period. Logistics emerges directly as a key factor in the creation, development, maintenance and use of military units to conduct a wide range of operations in peace, emergency and war. Logistics is also considered to play a crucial role in the strategic, operational and tactical level of decision-making, since the effectiveness and sustainability of military forces in deployment, whether in military or non-military operations, largely depends on the capabilities of the logistics system. Without adequate and efficient logistical support, a successful military operation cannot be imagined, as logistics is most often a limiting factor. Quite simply, one can engage as many forces as one can logistically support them. All other forces that are engaged are in constant danger of destruction, especially if they cannot be supported by the "energy of war", ie. by ammunition and propellants.

Emerging changes in the security environment and rapid technical and technological innovations constantly require the armed forces to increase their overall fire, space, time and maneuverability, operational capability and mobility, while improving command and logistics support. Armed conflicts are increasingly of an asymmetrical character, requiring new elaboration and implementation of different concepts of use of military forces and logistical support. In modern armed conflicts, military operations are conducted under completely changed conditions in comparison with traditional conflicts. Contemporary challenges indicate that there is a growing presence of the combined concept of the use of

military forces across the spectrum of operations: land, sea, air, space, information and cyber environments.

Modern military operations are planned, prepared and executed under the influence of various factors and circumstances, and the emerging operating environment can be described as a hybrid environment (multidimensional, imprecise, non-linear, distributed, simultaneous, integrated, high-speed operation, increased mortality, nuclear uncertainty, greater transparency due to advances in information technology). This certainly requires that the armed forces must be equipped with increasingly complex and expensive military equipment and a variety of weapons. These facts have the effect that many new tasks and challenges are posed daily for military logistics. Logistics must therefore constantly adjust its capabilities to ensure full support for the military, and also create the conditions for the continuous development of its own logistics support system so that it can respond quickly and adapt its capabilities to changes in the environment.

The literature often states that logistics is the oxygen and life force of any army. Logistics provides the generation of one of the key and perhaps most complex and interconnected capabilities of today's armed forces, which is the ability for military units to function, grow, and grow continuously. In modern armies, logistics capabilities are often described by attributes such as agility, sustainability, reactivity and efficiency. In addition, the capacity of the logistics system is measured by the intellectual and technological breadth, depth, complexity and significance of the activities in all logistics functions.

From the standpoint of logistical support, the Joint Force operation is the most complex, and therefore, in modern armies, there is a very strong tendency that in such an operation a logistics system, based on the potential of national and multinational logistics, must be organized in such a way as to provide focused, functional, effective, efficiency, flexible and informative support (Kumar & Chia, 2012). Numerous analyzes show that military logistics is far more complex than even the world's most advanced business companies (Beaumont, 2017), (Pawelczyk, 2018).

The criticality of military logistics is not a new phenomenon and problem. However, military logistics today has a much more complex nature due to the integration of different areas that are targeted and directly involved in supporting the military forces. Military logistics, on the one hand, has its deep roots in the national economy and civilian logistics systems dominated by civilian principles and influences from civilian authorities. The criteria for assessing the capabilities of civilian logistics used by civilian executives are quite different from the criteria

used by military commanders, and these criteria may very often be at odds. The main criterion for evaluating civilian logistics is efficiency. On the other hand, the end product of military logistics lies in combat force operations dominated by military principles and the influence of military authorities, and the main criterion for evaluating the military logistics system is its effectiveness in creating and maintaining combat forces in action against the enemy. These two values, efficiency and effectiveness, often compete in formulating decision-making criteria that affect all policies, strategies, concepts and approaches to the development of logistical support systems (Jobbagy, 2009), (Fugate et al, 2011).

There are numerous features that characterize efficient and effective logistical support, most often through the following approaches and principles: Unity of Effort, Visibility, Rapid and Precise Response, Responsiveness, Simplicity, Economy, Flexibility, Balance, Foresight, Sustainability, Survivability, Integration, Attainability. (Pînzariu & Mînea, 2019)

Military logistics has proven itself in a large number of military operations and its development can often trigger the domestic defense industry. Military analysts estimate that the global market for military logistics services is constantly growing (Perlo-Freeman & Sköns, 2008), (Jackson, 2012). In addition, logistics costs in the defense sector play a significant role and are subject to constant monitoring and strict control. It is important to emphasize that, despite the reduction of budgetary resources and the constant limitation of logistics capacities and resources, significant defense budget resources are still being spent in the field of logistics. If only public procurement carried out in the defense system is considered, in some modern armies about 60% of the budget is spent in the field of logistics for the procurement of weapons, goods and services (Nikou & Moschuris, 2016).

After the Cold War, great efforts were made in the transformation of the armed forces, primarily through the reduction of their number and the restructuring of formations, which led to a significant decrease in logistical capacities, but also to an increase in external suppliers. Today, the armed forces do not aspire to numbers as they once did, but to greater flexibility and operational capability to operate in a wide range of operations, which directly influences the concept of logistical support (Pawelczyk, 2018).

It is common knowledge that many logistics activities are becoming more complex on a daily basis, the requirements for logistical support

and logistics services provided by third parties are increasing daily, standards are becoming more stringent, financial resources are constantly being restricted, relationships are becoming more professional, and therefore logistics problems are becoming more complex and they are looking for specific knowledge that logisticians need to have in order to solve them as well as possible.

Logistical staff plays an important role in the entire field of administrative and operational affairs, which is reflected in: creating general and special conditions for the safe functioning of the logistics system and reducing the uncertainty of logistics support; development and implementation of new models in the logistics system that achieve rationalization of utilization of available resources and optimization of costs; increasing the quality of logistics support and customer service requirements with a greater level of specialized knowledge; taking numerous measures to protect resources of all kinds, etc.

The impact of business logistics on military logistics

The introduction of logistics terms, concepts and principles in the military sphere for civilian purposes began in the 1960s, which led to the complete economic affirmation of logistics and the development of business logistics.

Logistics in business (commercial) systems is seen as a management function, that is, a form of integrated planning, design, implementation and control of flows of materials, products and services, with optimal use of various resources, energy and information, both within the observed economic, business or social system, and between the system itself and its customers (business partners) (Ballou, 2007).

Generally, the term "business logistics" covers the integrated management, planning and control of (all) activities related to the complete flow of products from its source to the end-user, including raw material producers. However, in the 1980s, a new term "supply chain management" emerged, integrating logistics with strategic planning, information management, marketing and finance (Ballou, 2007).

In today's environment, the development of business (commercial) logistics, that is, supply chain management, is faster than military logistics. The development of commercial logistics is inextricably linked to the development of production, transport, storage, distribution, informatics, telecommunications, and in general the development of various innovative technologies and overall human production and service activities. The advancement of commercial logistics is leading to the increasing adoption and incorporation of certain technologies and

innovative solutions from the commercial sector into military logistics, that is, to greater integration of commercial logistics into the military logistics system.

In the 1990s, commercial logistics, or its close synonym, supply chain management, underwent fundamental changes that already have a profound impact on public sector logistics, including military logistics. This is primarily related to the outsourcing of certain public services to private or other agency companies. This concept of resource relocation is known as outsourcing. Outsourcing involves the transfer of management, functions or services to an external service provider through a contractual agreement, whether private to public sector companies or public to private sector companies (Perlo-Freeman & Sköns, 2008).

There is a general assumption that private companies (agencies) provide services more cheaply and more efficiently than government (state) agencies. Implementation of the outsourcing concept in both the private and public sectors is thought to bring cost savings, quality improvement, faster access to new knowledge, expertise and skills and better risk management, as well as greater flexibility and delivery of products and services on time. Military outsourcing is part of this trend (Jackson, 2012).

The transfer of certain military functions to the private industry is part of a broader trend of public sector privatization in many countries. In the last three decades, the private military services industry has grown significantly. Companies that specialize in providing military services are often referred to as private military companies, and many of them are part of larger multinational corporations (Erbel & Kinsey, 2015).

More recently, in most developed market economies, the private military services industry has been on the rise due to the increasing commercialization and gradual privatization of state-owned enterprises engaged in the production, transportation, maintenance and management of weapons and military equipment, or the commercialization and privatization of organizations that previously performed a wider range of logistical functions within the military or the Ministry of Defense (Moore, 2017). The increase in the number of military outsourcing companies is explained by the effect of the post-Cold War restructuring of the armed forces in the late 20th century, which later expanded significantly by using private contractors to supply military services that concentrated and specialized the knowledge and capabilities of discharged defense personnel.

The literature cites two key trends that have led to the growth of the military logistics services industry, that is, affecting both demand (the use of private military service companies) and supply (the rise of private military service companies). In terms of supply, the reduction in military spending and the dismissal of military personnel after the end of the Cold War created an excess supply of specialized personnel to provide these types of services. On the other hand, changes in military technology, limited capabilities of the military logistics system, and the loss of military expertise due to layoffs have led to demand for services from outside suppliers (Jackson, 2012).

With this logistics concept, it is possible to reduce logistical and other support forces, thereby ensuring the involvement of more soldiers who are able to become involved in the operational activities of the military. In addition, changes in military technology that revolutionized weapons and military systems are leading to increasingly complex technical requirements for the maintenance and operation of military-technical systems, and often require additional technical expertise available from suppliers. Thus, the increased use of high technology in NGOs also means greater dependence on commercial technology and greater involvement of private companies in the lifecycle management of military technical systems.

By outsourcing the private sector, contracting and procurement of non-typical logistics and other non-military activities can help increase the so-called tooth-tail relationships (McGrath, 2007).

In general, the development of commercial logistics is ahead of the development of military logistics, and there are few armies in the world that can keep up with this trend. In recent years, considerable funding has been allocated to finance the research and development of logistics innovation in the commercial sector. Civil logistics companies, led by digitization and globalization, develop and implement in business practices new technologies, processes and methods, such as: green technologies, artificial intelligence, robotics and unmanned (unpowered) systems, additive manufacturing (such as 3D and 4D printing), etc. These innovative developments also allow the armed forces to modernize their logistics support and improve the functioning of their logistics system, for example: additive manufacturing offers new ways to align (reduce inventory levels) supply chains and accelerate the delivery time of spare parts, which is essential for maintenance of weapons and military equipment.

In general, both military and business logistics seek to integrate all their activities into a single system organized in such a way as to

accomplish its tasks as effectively and efficiently as possible and provide complete, timely and high quality support, with as little cost and loss as possible. The goals and tasks dictate the types and structure of activities that take place in the logistics system, because the complete logistics support provided is the most important part of any logistics system. In order to achieve this, all activities, processes and functions in the logistics system must be designed in such a way as to realistically support the structure and level of customer requirements, as users most often view logistics as a system that meets their needs (requirements) for certain material, services, works, energy, etc., to a certain place, at a certain time and under certain conditions.

In principle, military and civilian logistics activities can be divided and classified in a number of different ways, and most often they are grouped according to functional areas. In civilian logistics, the number of functions performed by the logistics system may be smaller, while some functions may be larger in scope than those occurring in military logistics, but military logistics is, in that sense, most complete in the functional areas and tasks it performs.

It should be noted that military logistics deals with a wider range of activities than business logistics, as it is responsible for meeting all the needs of the military in all conditions of their engagement. Military logistics is required, in addition to the ability to provide effective and efficient support, to possess the ability to perform concurrent combat operations in order to prevent the enemy from intent.

Military logistics differs from business (civilian) logistics in that its activities have never been an end in itself, unlike business (civilian) logistics where profit plays a significant role and tends to minimize costs and maximize economic profit. Military logistics aims to create all the necessary conditions and provide maximum support to military forces in order to successfully complete an assigned task, which can be far more important than making a profit. Thus, military logistics must have the robustness of its system and the optimal redundancy of resources to achieve its goal, as opposed to business (civilian) logistics that seeks lean and agile business approaches, namely the concepts of anticipatory logistics, just-in-time (JIT) and third-party logistics (Beaumont, 2017).

The role and importance of national and humanitarian logistics and their impact on military logistics

In the developed armies, there is a growing trend of integrating military logistics into the national infrastructure, production and service

economic base of the state. In military logistics, an effective and efficient linking of the military and civilian sectors is a particular problem in order to prepare and realize the supply (procurement) of material, to provide labor and any other support of the national economy to the efforts of the armed and, generally, security forces. From a military point of view, logistics is not only a set of activities that enable the delivery of combat equipment, equipment and materials and the provision of services to the military during the war, it also includes the ability of national infrastructure, production and service bases to equip, support and supply peacekeeping forces, and to enable the movement of the armed forces through the national transport system, as well as the ability to supply and maintain those forces when they are already deployed in the zone of operational use (Stanojević et al, 2017a).

Military logistics is complex, diverse and requires the use of modern technology and modern management, but also maintaining security and high quality of materials, services, information and energy flows. Therefore, it is very important to consider national logistics when considering military logistics, because military logistics has its stronghold in the national economy and logistics.

National logistics is the process of planning and providing goods and services to support national military forces and their operations, the national economy and its international obligations and requirements. National logistics is determined by the potential of the state, namely resources, knowledge and infrastructure, as well as the operationalization of the exploitation of those resources, knowledge and infrastructure, which is the economy of a country. That is why the economic resources, knowledge and education of a country are the most reliable and significant logistics base of defense, that is, the educational system, technological and economic development and economic system of the country are the basis of national logistics (Stanojević et al, 2017b). The Armed Forces are the main user of national logistics services and thus its most important customer. Therefore, national logistics is closely linked to the technological and economic development of the country, which ultimately depends on the size and equipment of the armed forces, that is, their ability and willingness to defend national interests and wage war.

National and military logistics are in the function of achieving the set national goals, which are achieved by the integration of all elements of national power: political, psychological, economic and military elements. Logistics borders on strategy (operations) and tactics and operates in an environment driven by national goals and policies. In doing so, the socio-

economic and political factors have a primary impact. The strategy creates plans for achieving the goals, and logistics provides the means to materialize those plans. The roots of logistics are in the national economy, where the influence of civilian authorities is dominant. The basic criterion is the ability to produce, while for the military element of national power it is important that the end product of logistics lies in combat operations. National logistics contributes to the establishment, equipping and support of the military and its role in the implementation of national policy and military strategy. The priority objective of military logistics is to achieve national security through the provision of the necessary weapons systems and military equipment, with defined reliability, suitability for handling and maintenance and the required tactical and technical characteristics (Stanojević et al, 2017a).

In addition to the logistics approaches outlined above, it should be borne in mind that logistics also play a very important role in emergency response and disaster relief operations, which has given rise to the concept of humanitarian logistics.

Humanitarian or emergency logistics is a term used to denote certain logistics activities that are necessary to assist victims of numerous natural and technical and technological and other disasters (industrial accidents, earthquakes, floods, environmental accidents, epidemics, large scale fires, economic problems and migration of the population caused by them, major acts of terrorism, etc.), as well as in emergencies, such as plane and traffic accidents, shipwrecks, fires, etc.

Humanitarian or emergency response logistics has recently received special attention in the literature, and has become very important and challenging to study by many practitioners and researchers. It is challenging because each case is different, and as a result, very few tasks are routine. In the humanitarian and emergency processes, logistics plays a central role in all activities of the process of mobilizing people and material resources in the area of disasters and disasters. It aims to provide assistance in the form of medicine, water, food and shelter, as well as in the evacuation and rescue of material resources, thus distinguishing it from the traditional logistics process (Kovács & Spens, 2007).

Humanitarian logistics requires a high level of coordination and management as it integrates the activities of numerous government organizations, military and police forces, humanitarian agencies, donors, NGOs, as well as private sector companies and specialized providers to provide emergency logistics services (Heaslip & Barber, 2016).

Due to their specific activities, military and humanitarian logistics are often analyzed from the standpoint of non-profit and efficient operations. The literature has identified many aspects of humanitarian logistics that can be applied from military and commercial logistics, including decision-making, cooperation and coordination, and vice versa. There are numerous studies identifying critical aspects of humanitarian supply chains and their capabilities and limitations, as well as numerous ways to improve logistics processes and services, including information flow and performance measurements. Also, a number of models have been developed to improve various aspects of humanitarian logistics, including inventory management and inventory pre-positioning, facility location and sizing of transportation capabilities, which can be applied in military logistics (Heaslip & Barber, 2016).

Often, the term military and humanitarian logistics also includes all logistics activities that also occur in civilian logistics, with the emphasis not on earning profits and reducing logistics costs (the principle of effectiveness) but on the ability of the logistics system to provide effective support (principle of efficiency). The principle of efficiency leads to the redundancy of resources and the robustness of the logistics system to provide secure support. Therefore, the key principle of functioning of military and humanitarian logistics is efficiency, while the key principle of functioning of business logistics is effectiveness.

The efficiency and effectiveness of the functioning of military and humanitarian logistics cannot be tested in the market, unlike commercial logistics, but only by comparative analysis. The particular complexity and specificity of military and humanitarian logistics systems is that they are designed and developed in peace for successful operation in different future war and crisis conditions. Experiences from previous wars and crises are not reliable, as each war and each crisis has its own peculiarities, and war games and crisis simulations, as the basic tools used in studying future events, produce results in strictly defined and limited conditions. For this reason, special attention should be paid to measuring the performance of military and humanitarian logistics systems.

Approaches in logistics personnel education

The education of logistics professionals has always been of the utmost importance given the place, role and importance of logistics in the defense, business and commercial sectors.

Logistics is nowadays taught in many colleges and universities, through numerous courses in academic and vocational studies. In addition, the acquisition of the necessary logistical knowledge and skills is also achieved through various courses organized and implemented within many business and professional associations, scientific, educational and research institutions.

Education of logistic personnel potential represents the development of the most significant resource of the logistics system. The required qualifications of logistics personnel are most often conditioned by the complexity of the structure, the manner in which weapons and military equipment are used and maintained, and thus directly influence the development of other factors of military capabilities.

Qualifications of logistics personnel, on the one hand, should be directed towards generalization and training for solving global logistical problems, and on the other hand, towards specialization and acquiring expert-specialist knowledge for solving narrowly professional problems (Andrejić et al, 2016).

When designing a logistics system, the sizing of its personnel potential in all aspects must be properly done. However, in practice, it often happens that the logistical staffing potential is under-sized by both number and expertise. In addition, it is often the case that persons holding other qualifications are assigned to the formation sites for which one qualification is intended. Even when it has human resources that are adequate both in number and in the required knowledge and skills, it must be properly targeted in order to achieve effective and efficient logistical support, which is achieved through proper and continuing education and training.

Since logistical processes, due to great dynamism and heterogeneity of their occurrences, cannot be completely and easily formalized and automated, the staff that performs tasks in all areas of logistics not only loses meaning, but the effectiveness and efficiency of the logistics system actually depends on creativity, organizational skills and innovation of logistics personnel. In addition, the importance of personnel logistical potential can be seen in the personnel structure of modern armies, where the ratio of the number of non-combatant and combat personnel ranges from 3: 1 to 7: 1 in favor of non-combatant, and the proportion of non-combatant logistics personnel is about 80% (McGrath, 2007).

Academic logistics study approaches

There are numerous approaches to the study of logistics and the training of logistics personnel in theory and practice. Logistics is most often viewed and studied from the point of view of economic (business-cost), engineering (technical-technological) and managerial organizational-management) aspect (Niine & Koppel, 2015).

Observing and studying logistics from an economic point of view relates primarily to the cost system generated by logistics processes and activities within a business system (enterprise, company) or a defense system, but also to the application of economic principles in the operation of the logistics system in both for-profit and non-profit organizations. This view of logistics is dominant in the field of business (commercial) logistics, which is understandable from the point of view of business operations of companies aimed at minimizing logistics costs and maximizing profit, as well as in the way of utilizing logistics personnel potential in differentiating logistics performance and creating competitive advantages (Fugate et al, 2011).

The economic approach of logistics and its phenomena is primarily studied in the study programs called Business logistics.

The engineering angle of observing and studying logistics depends on the system being observed, that is, whether it is an organizational or technical system, but it essentially boils down to:

- application of engineering principles, concepts and tools for the design and construction of the logistics system through spatial, organizational and technical-technological aspects, that is, when designing a "logistics network" (solving location-allocation problems, designing the structure and capacity of logistics elements, etc.);
- application of logistical principles, concepts and tools in the design of a technical system (tool) with all supporting elements for its support throughout its entire life, which is achieved by the "integrated logistical support" approach;
- defining, designing and applying control mechanisms (methods, techniques and tools) that are specific to managing logistic processes and activities in organizational systems, that is, the lifetime of a technical system, based on engineering principles, mathematical methods and information technologies.

This approach is inherent in "logistical information systems", which have recently been intensively developed under the name of ERP and PLM.

The engineering approach to logistics is evident in the design and construction of the technical part of the logistics system (transportation

technologies, warehouse technologies, materials handling technologies, production and service facilities, information and telecommunication technologies - logistical information systems, etc.), as well as in the logistics flows when designing products and the provision of services (flows of materials, services, information, energy, capital, etc.), and especially in the development, production, use, maintenance and disposal of complex technical systems.

The engineering approach to the study of logistics is a characteristic of the so-called The "German School of Logistics", where it is mainly taught at technical colleges called Technical Logistics. The term "technical logistics" does not appear in English-speaking areas, but usually uses the term engineering logistics at the faculties where it is taught. Although the two terms (technical and engineering logistics) can also be seen as synonymous, the descriptions of engineering logistics emphasize that logistics uses scientific principles, mathematical methods and information technology as fundamental tools for designing logistics chains and networks, designing and managing logistics systems. The descriptions of technical logistics emphasize the application of different technologies in logistics processes (transport technologies, warehousing technologies, materials handling technologies, production and service facilities, telecommunication technologies, etc.).

The engineering approach to logistics is reflected in the application of the principles and concepts required to ensure the effective and cost-effective support of the technical system (means) throughout the programmed life cycle. The asset life cycle begins with the identification of user needs, extends to the planning stages of research, design and development, testing and evaluation, production, use, maintenance and, finally, expenditures and withdrawals from operational use. This approach is known as "Integrated Logistic Support".

Studying logistics in the domain of managerial aspect is also very important, because managerial knowledge and skills enable organization and technology of work, ie. activities and processes in the logistics sector to be planned, organized, led, controlled and executed rationally, based on scientifically based expertise and capabilities, as well as with the application of modern information technologies and management information systems. A key aspect of the study of logistics from a managerial perspective is related to the management of logistics processes, that is, approaches to decision-making at various levels of organization of the logistics system. This knowledge is acquired through courses called Logistics Management and Supply Chain Management.

Approaches in education of military logisticians

Military logistics, due to its multidisciplinary nature, requires a very heterogeneous and highly skilled personnel potential of an appropriate educational profile, which must be sufficiently qualified and capable of implementing a wide range of logistics support activities. Therefore, human resources emerge as the most important element of the logistics system through which the basic preconditions for successful functioning of logistics are created. The staffing potential of logistics must be satisfactory from the point of view of both quantitative and qualitative aspect, that is, the logistical staff must be sufficiently and properly designed in numbers, and must have adequate qualifications, knowledge and skills to perform its functional tasks.

Numerous world defense universities and military academies train logistics officers in academic studies and career training. The training of military logisticians is ensured through the implementation of modern curricula, quality teaching staff and the application of a modern teaching material base. Training concepts, defining personnel profiles, plans and programs for education and training are subject to constant review and upgrading to the needs of logistical concepts and principles, as well as the specifics of military activity, which must be consistent with the doctrine of use of military forces, as well as with the requirements of high technological development of weapons and military equipment.

Military logistics professionals must possess the necessary theoretical and practical knowledge of all the necessary engineering, managerial and military disciplines, knowledge and ability to understand both the economic and social laws that govern them, as well as specific skills in the application of technology and logistics process management in various fields of activity.

Military logistics personnel are also required to possess certain leadership skills and qualities reflected through self-discipline, initiative, trust, sacrifice and intelligence. In addition, military logisticians must have knowledge of the application of general international and national laws and standards, as well as standards related to specific areas such as quality, environmental protection, health and safety of employees, safe food production, information security, etc. . Logistics staff are also required to be physically and mentally capable of performing under physical and mental pressure, to make quick decisions and to focus on successful completion of tasks, and to show respect for their subordinates and others.

In general, the education of officer personnel is of strategic importance, because it is through the education and training system that the state creates the longest-lasting impact on the defense system. Professional officer staff retains about 30 years in the military, and training a generation of officers in basic academic studies at numerous military academies and defense universities in the world lasts from 4 to 5 years, which is characteristic of each country individually, depending on the achievement, the level of development of the state and the higher education system in their society, but also on the tradition in the armed forces themselves and the directions of their development.

In relation to the problem of the expertise profile of logistics officers in the world, there are different points of view where they prefer two concepts: a broad (generalist) or narrow (specialist) profile of logistics officers. Generally, technical, technological and engineering knowledge in the fields of mechanical engineering, electrical engineering and electronics, computer science, chemistry, materials technology, traffic and transportation, as well as logistics engineering is preferred in the education of officers of technical, traffic and intendant services. While the multifunctional logistics officer is obtained at the second level of education through career forms of advanced training, master's and specialist academic studies. This approach to the training of logistics personnel arises, first of all, because of the speed of changes in technical and technological achievements, but also because of the need to perform specific formative duties.

It is important to emphasize that any systemic change in education must be preceded by a thorough analysis of the qualitative advantages and disadvantages of the education system, as well as the acquired competences and experiences. A different approach leads to failures with enormous adverse consequences. Of course, the curricula must be continuously updated in line with the development of military thought, weapons and military equipment, as well as technical, technological and scientific-educational achievements in civilian life. In the event of a failure in the training of logistics specialty officers, especially in basic academic studies, the consequences are difficult to eliminate, since a sample of 4 to 5 generations (classes) of officers is required to evaluate the quality of the education system and curricula. It turns out that the cycle of 10 to 12 years is the shortest period that provides indicators valid enough for undertaking systemic changes in education, which is a very long period for correcting any errors.

Conclusion

Current facts indicate that defense logistics systems, under present conditions, must be more flexible, adaptable and resilient than in the previous period, mainly due to the existing and expected technical and technological impacts whose effects are evident in all functional areas of logistics.

The main tendencies in the development of military logistics are directed towards the creation of an efficient, effective, flexible and interoperable logistics support system, capable enough to respond promptly and adequately to all requirements of the military forces, regardless of possible changes in the operational environment that most often have a negative impact on the capabilities of the logistics system. Therefore, the process of logistics support planning, which creates the basic preconditions for the efficient functioning of the logistical support system in providing a complete and fast response to the generated requests is a key process in the work of the logistics authority.

In today's environment, the development of business logistics is faster than military logistics, and increasingly different technologies and innovative solutions from commercial logistics are being taken over and incorporated into military logistics. While some logistics requirements are uniquely military, many technologies and processes for military logistics can be taken from commercial logistics. In addition, the increased involvement of the private sector in providing military logistics activities was clearly emphasized.

The above facts indicate that logistical problems must be approached with special care, highly professionally and with extreme responsibility. Military logisticians need to be well versed in various definitions of logistics concepts and numerous practical solutions that come from the commercial sector. This is especially important in view of the fact that certain solutions that give very good results in business (commercial) logistics are not always adequately applicable in military logistics. This needs to be taken well into account and cautiously implemented, as they can have long-term negative consequences for the defense system as a whole. However, innovative solutions present in civilian logistics should certainly be considered to improve certain military logistics activities, as they can reduce costs and improve the functioning of the military logistics system.

The logistics support of military forces in modern conditions of engagement requires a new approach to building a sustainable logistics system, capable enough of adapting to new challenges and of supporting

various goals and missions of the forces engaged in all conditions. Therefore, when performing operations, commanders require a logistic system which is flexible, dynamic and robust enough to provide necessary resources when they are needed, where they are needed, to the right extent and in the required manner, that is, a reliable and rapid logistic response to the operational requirements of the engaged power.

Numerous specifics of military activities and the conditions under which logistics support is realized require that military logisticians always have to go beyond the requirements of the user, to take forward the organizational units they manage and command as well as to adapt to the challenges in an ever-changing environment. They must also be able to make decisions independently and bear the ultimate moral responsibility for such decisions, as well as to know the normative-legal frameworks in which they should function and on the basis of which they should regulate their areas of activity.

It can be argued with great certainty that the success of the engagement forces in operations depends, to a large extent, on the ability of the logistics authority to process a large amount of information in a very short time and make quality decisions about meeting the needs of the engaged forces and the rational use of logistics resources, that is, to look at user's requirements and determine the capability of the logistics system. Therefore, the logistical staff is required to possess certain leadership skills in addition to general and specific knowledge in various fields of engineering, economic, managerial and military disciplines.

References

Acero, R., Torralba, M., Pérez-Moya, R., & Pozo, J.A. 2020. Value Stream Analysis in Military Logistics: The Improvement in Order Processing Procedure. *Applied Sciences*, 10(1), p.106. Available at: <https://doi.org/10.3390/app10010106>.

Andrejić, M.D., & Milenkov, M.A. 2012. Pokazatelj izgrađenosti logistike odbrane kao nauke. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 60(4), pp.102-116 (in Serbian). Available at: <https://doi.org/10.5937/vojtehg1204102a>.

Andrejić, M., Milenkov, M., & Mišić, S. 2016. Pristup stvaranju oficira moderne logistike. *Vojno delo*, 68(7), pp.315-329 (in Serbian). Available at: <https://doi.org/10.5937/vojdela1607315a>.

Ballou, R.H. 2007. The evolution and future of logistics and supply chain management. *European Business Review*, 19(4), pp.332-348. Available at: <https://doi.org/10.1108/09555340710760152>.

Beaumont, D.J. 2017. Transforming Australian Army Logistics to sustain the Joint Land Force. *Army. Australian Army Research Centre*, 1 October [online]. Available at: https://www.army.gov.au/sites/default/files/transform_logistics_b5_faweb.pdf. [Accessed: 21 December 2019].

Blanchard, S.B. 2014. *Logistics engineering and management*. New Jersey: Pearson Prentice Hal.

Erbel, M., & Kinsey, C. 2015. Privatizing Military Logistics. In: Abrahamsen, R. & Leander, A. (Eds.), *Routledge Handbook of Private Security Studies*. Routledge, pp.70-78. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781315850986-8>.

Erbel, M., & Kinsey, C. 2018. Think again – supplying war: Reappraising military logistics and its centrality to strategy and war. *Journal of Strategic Studies*, 41(4), pp.519-544. Available at: <https://doi.org/10.1080/01402390.2015.1104669>.

Fugate, B.S., Mentzer, J.T., & Stank, T.P. 2011. Logistics performance: Efficiency, effectiveness, and differentiation. *Journal of Business Logistics*, 31(1), pp.43-62. Available at: <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00127.x>.

Glas, A., Hofmann, E., & Eßig, M. 2013. Performance-based logistics: A portfolio for contracting military supply. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 43(2), pp.97-115. Available at: <https://doi.org/10.1108/ijpdlm-12-2011-0229>.

Heaslip, G.E., & Barber, E. 2016. Improving civil–military coordination in humanitarian logistics: The challenge. *The Irish Journal of Management*, 35(2), pp.143-158. Available at: <https://doi.org/10.1515/ijm-2016-0011>.

Jackson, S. 2012. The military services industry. In: *SIPRI Yearbook 2012: Armaments, Disarmament and International Security* [e-book]. SIPRI Yearbook online, pp.230-238. Available at: <https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB12c05sII.pdf> [Accessed: 21 December 2019].

Jobbagy, Z. 2009. The Efficiency Aspect of Military Effectiveness. *Militaire Spectator*, 178(10), pp.504-516 [online]. Available at: <https://www.militairespectator.nl/sites/default/files/uitgaven/inhoudsopgave/MS%2010-2009%20Jobbagy%20Military%20effectiveness.pdf>. [Accessed: 21 December 2019].

Kovács, G., & Spens, K.M. 2007. Humanitarian logistics in disaster relief operations. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 37(2), pp.99-114. Available at: <https://doi.org/10.1108/09600030710734820>.

Kumar, S., & Chia, A. 2012. Commercial Logistics vs. Military Logistics: A Conceptual Analysis. In M. Garg & S. Gupta Eds., *Cases on Supply Chain and Distribution Management: Issues and Principles*. IGI Global., pp.290-329. Available at: <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0065-2.ch014>.

Langford, J. 2007. *Logistics: Principles and Applications*. McGraw-Hill SOLE Press Series.

McGinnis, M.A. 1992. Military Logistics: Insights for Business Logistics. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 22(2), pp.22-32. Available at: <https://doi.org/10.1108/09600039210015356>.

McGrath, J.J. 2007. *The Other End of the Spear: The Tooth-to-Tail Ratio (T3R) in Modern Military Operations* [e-book]. Kansas: Combat Studies Institute Press Fort Leavenworth. Available at: https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/combat-studies-institute/csi-books/mcgrath_op23.pdf. [Accessed: 21 December 2019].

Milenkov, M.A., Dronjak, M.Ž., & Parezanović, V.D. 2015. Contribution to better understanding of logistics. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 63(4), pp.68-98 (in Serbian). Available at: <https://doi.org/10.5937/vojtehg63-6467>.

Moore, A. 2017. US military logistics outsourcing and the everywhere of war. *Territory, Politics, Governance*, 5(1), pp.5-27. Available at: <https://doi.org/10.1080/21622671.2016.1160837>.

Niine, T., & Koppel, O. 2015. Logistics Systems Engineer: Interdisciplinary Competence Model for Modern Education. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 5(2). Available at: <https://doi.org/10.3991/ijep.v5i2.4578>.

Nikou, C., & Moschuris, S.J. 2016. An integrated approach for supplier selection in military critical application items. *Journal of Public Procurement*, 16(1), pp.83-117. Available at: <https://doi.org/10.1108/jopp-16-01-2016-b004>.

Pawelczyk, M. 2018. Contemporary challenges in military logistics support. *Security and Defence Quarterly*, 20(3), pp.85-98. Available at: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.4597>.

Perlo-Freeman, S., & Sköns, E. 2008. The private military services industry. *SIPRI Insights on Peace and Security*, 1(September) [online]. Available at: <https://www.sipri.org/sites/default/files/files/insight/SIPRIInsight0801.pdf>. [Accessed: 21 December 2019]

Pînzariu, S., & Mînea, C. 2019. The Military Units' Logistic Support Principles. *Land Forces Academy Review*, 24(1), pp.20-28. Available at: <https://doi.org/10.2478/raft-2019-0002>.

Stanojević, P., Mišković, V., & Jeftić, Z. 2017a. Savremeno tumačenje pojma nacionalna logistika. *Vojno delo*, 69(3), pp.280-302 (in Serbian). Available at: <https://doi.org/10.5937/vojdelo1703280s>.

Stanojević, P., Mišković, V., & Jeftić, Z. 2017b. Overview of elements of national logistics system in the Republic of Serbia. *Vojno delo*, 69(4), pp.96-120. Available at: <https://doi.org/10.5937/vojdelo1704096s>.

РОЛЬ, ЗНАЧИМОСТЬ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛОГИСТИКИ

Марьян А. Миленков, Влада С. Соколович, **корреспондент**,
Владимир Р. Милованович, Мария Д. Милич

Университет обороны в г. Белград, Военная академия,
г. Белград, Республика Сербия

РУБРИКА ГРНТИ: 81.88.00 Материально-техническое снабжение.
Логистика

ВИД СТАТЬИ: обзорная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

Резюме:

Введение/цель: В статье представлено развитие логистики как особой области военной отрасли, области современного ведения бизнеса и научной дисциплины, которая вдохновляет многих исследователей, теоретиков и практиков подходить к логистическим проблемам с разных сторон. Сущность логистики заключается в комплексном подходе ко всем составляющим ее видам деятельности, благодаря чему снижаются затраты и повышается эффективность логистической системы в поддержке основных видов деятельности организации или технической системы. В связи с интенсивным и многоплановым развитием логистики и ее применения в различных областях, потребность в высококвалифицированных специалистах по логистике со специальными знаниями и навыками, необходимых для выполнения широкого спектра деятельности в системе логистики становится все более выраженной.

Методы: На основании описания военной, деловой, национальной и гуманитарной логистики и результатов сравнительного анализа была выявлена их взаимосвязь.

Результаты: На основании проведенного анализа была объяснена значимость изучения логистики как междисциплинарной науки и было указано на необходимость специальной подготовки персонала логистики.

Выводы: Логистика интенсивно развивается в различных областях в зависимости от целей системы (организационной и технической), которую она поддерживает. В целом, коммерческая логистика развивается быстрее, чем военная логистика, но и в военной логистике используются многие инновационные коммерческие логистические решения. Однако некоторые решения, которые дают хорошие результаты в коммерческом секторе, не дают соответствующих результатов в системе вооруженных сил. Поэтому необходимо проводить исследования и изучать функционирование

логистических систем в различных областях и тщательно интегрировать индивидуальные решения в систему военной логистики. Как самая сложная система логистики, военная логистика требует привлечения специального персонала и специальной подготовки специалистов по логистике.

Ключевые слова: логистика, военная логистика, бизнес-логистика, логистические системы, логистическая поддержка, интегрированная логистическая поддержка, образование, логистический персонал.

УЛОГА, ЗНАЧАЈ И ПРИСТУПИ ИЗУЧАВАЊУ ЛОГИСТИКЕ

Марјан А. Миленков, Влада С. Соколовић, аутор за преписку,
Владимир Р. Миловановић, Марија Д. Милић
Универзитет одбране у Београду, Војна академија,
Београд, Република Србија

ОБЛАСТ: логистика

ВРСТА ЧЛАНКА: прегледни рад

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

Сажетак:

Увод/сврха: У раду је приказан развој логистике, као специфичне области војне делатности, савремене области пословања и научне дисциплине, који инспирише многе истраживаче, теоретичаре и практичаре да логистичким проблемима прилазе са различитих аспеката. Суштина логистике је у интегрисаном приступу свим њеним саставним активностима, чиме се смањују трошкови и повећава ефикасност и ефективност логистичког система у пружању подршке основној делатности посматране организације, односно техничког система. Због интензивног и мултидимензионалног развоја логистике и њене примене у различитим областима, све чешће се јавља потреба за високообразовним логистичким кадровима са специјализованим знањима за обављање широког спектра делатности у логистичком систему.

Метод: На основу дескрипције војне, пословне, националне и хуманитарне логистике и компаративне анализе приказан је њихов међусобни однос.

Резултати: На основу извршене анализе објашњен је значај изучавања логистике као мултидисциплинарне науке и указано на потребу за специфичним образовањем логистичког кадра.

Закључак: Логистика се интензивно развија у различитим областима у зависности од циљева система (организационих и техничких) које подржава. Генерално, комерцијална логистика се брже развија у односу на војну логистику, а многа иновативна решења комерцијалне логистике налазе примену у војној логистици. Међутим, одређена решења која дају добре резултате у комерцијалном сектору не дају адекватне резултате у војсци. Због тога је неопходно вршити истраживања и проучавања функционисања логистичких система у различитим областима и поједина решења пажљиво уграђивати у војни логистички систем. Као најкомплекснији логистички систем, војна логистика захтева специфичан кадар и начин образовања логистичких стручњака.

Кључне речи: логистика, војна логистика, пословна логистика, логистички систем, логистичка подршка, интегрисана логистичка подршка, образовање, логистичко особље.

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 14.1.2020.

Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы / Датум достављања исправки рукописа: 26.1.2020.

Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум коначног прихватања чланка за објављивање: 28.1.2020.

© 2020 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/>).


© 2020 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/>).

© 2020 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/>).



DEVELOPMENT OF NATIONAL LOGISTICS IN SUPPORT OF THE SERBIAN AIR FORCE - LONG-TERM PROSPECTS

Hatidža A. Beriša

University of Defence in Belgrade, School of National Defense,
Belgrade, Republic of Serbia
e-mail: hatidza.berisa@mod.gov.rs,
ORCIDiD:  <http://orcid.org/0000-0002-9432-5273>

DOI: 10.5937/vojtehg68-22547; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-22547>

FIELD: Air Force, Logistics
ARTICLE TYPE: Professional Paper
ARTICLE LANGUAGE: English

Abstract:

Introduction/purpose: The Air Force accomplishes its tasks in the airspace where it must use special equipment and weapons which makes it extremely technically demanding. This reliance on technique speaks of the importance of logistics in the Air Force. Support to the Air Force of the Serbian Armed Forces is provided by national logistics through, among other things, various branches and parts of industry such as military industry - part of industry that deals with the production and trade of weapons and military equipment.

Methods: The methods applied in the paper are the analysis of the tendencies of development of modern aviation assets and military industries in the world as well as the synthesis considering the state of national logistics today and its possibilities of supporting the Serbian Air Force through its basic sources.

Results: Basic sources and possible prospects for further development of national logistics are considered, with the focus on the modernization of aircraft and other assets, military personnel training and improvement of their standard of living as well as on the cooperative development of joint projects with foreign partners.

Conclusion: It is important to be directed towards creating the conditions for long-term prospects of the development of national logistics in support of the Serbian Air Force.

Key words: Air Force, Serbian Armed Forces, logistics, armaments, military equipment, situation and prospects.

Introduction

When talking about the main drivers of development of any society, one of them certainly is national logistics, which provides, through production and/or import, necessary material resources for the needs of the armed forces, economy and civil society. There is no social activity that is immune to it. It paves the way for a better tomorrow, a developed economy, a modern society and a better life for all citizens. As such, because of its importance, it is the responsibility of the political power of the state, that is, the government. (Fechner, 2010)

Dynamic development of air forces in the world imposes the need for their equipping with new modern assets. Aircraft assets are high technology products and require a high degree of processing. The organization and realization of the production of these assets is a complex process. Economic principles require a comparison of the costs of production and the cost of imports, and, as a result of such a comparison, many countries would find "profitability" in imports. However, some factors call this choice into question: political, social, security, technical-technological ones, etc. By building their own (military) production facilities, developing a scientific-research base, as well as by employing their workforce, [countries] create the conditions for their own production in relation to international logistics¹. (Milanović et al, 2009, pp.1-14)

On the other hand, regardless of the consequences of the economic crisis and high costs of modern aircraft, national logistics will find opportunities for the procurement of modern aircraft from imports, and will still continue to rely on its own capacity.

The problems posed in this way raise a fundamental question - what are the long-term prospects for the development of military industry, i.e., national logistics, so that it can be able to meet the requirements of the Air Force.

¹ International logistics can be defined as the process of planning, implementing and controlling the flow and storage of products and supplies, and related information, from place of origin to place of consumption located in another country.

Trends in the development of modern aeronautical assets and military industries in the world

Since air forces have considerable importance and capabilities in contemporary armed conflicts, most developed countries devote special attention to their development. By stimulating their national logistics, by investing in the development, technology, production and modernization, they seek to support their Air Forces with state-of-the-art aircraft.

Generations in the development of multipurpose fighter jets

Air forces in the world have been developing dynamically. Since the advent of the first jet aircraft, with respect to their combat effectiveness, the degree of application of new technologies and trends over a given period of time, the development of fighter jets has been categorized into so-called generations (Figure 1).

The *first generation*² is characterized by the appearance of a jet engine and covers all jet fighters from their appearance until 1955. They differed very little from their predecessors with the piston-driven drive in appearance and construction. The cannon remained the main weapon. In order to achieve a decisive advantage over the opponent at maximum speed, the only scope for improvement was by replacing the drive system, since the previous one exhausted all possibilities in that field. The first jet-powered serial aircraft are also the first representatives of the first generation of jet fighters Messerschmitt Me 262 and Gloster meteor.

The *second generation* is characterized by the beginning of the use of passive surveillance radar without the possibility of rocket guidance and the emergence of air-to-air missiles with passive IR guidance. It lasted until 1965. The development of the second generation of fighters was shaped by technological advances, lessons learned from air combats during the Korean War, and by focusing on the dangers of a possibility of a nuclear war. Significant technological progress was made in aerodynamics, propulsion, materials and principles of fuselage manufacturing, new weapons and aircraft equipment. The usage of radar was of particular importance. With the addition of turbojet engines, these aircraft achieve speeds in excess of twice the speed of sound ($M > 2$).

² The first generation of jet hunters whose missiles began to develop at the end of World War II and continued into the early postwar period.

They are especially distinguished by the fact that, in addition to cannons, they have IR homing missiles.³

The *third generation* is characterized by the emergence of aircraft flying at supersonic speeds, by further development of aeronautical weapons and by pulse radars. Semi-active homing was introduced as well as a possibility to shoot targets beyond visual contact via TV and electro-optical guided air-to-ground missiles and laser-guided bombs. The prestige of the third-generation fighter jets is the use of radars and long-range missiles. Guns and IR missiles were retained for close combat, which occurs if opponents survive at a distance. In addition to the aforementioned air-to-air weapons, these aircraft also carry air-to-ground missiles and support ground and naval forces very effectively. The third generation lasted until 1975.

The *fourth generation* lasted until 1995, characterized by further advancement of avionics, advent of Doppler radar, high maneuverability of aircraft, introduction of electrical flight control systems, advances in digital computers and the introduction of "launch and forget" weapons. The fourth-generation jet fighter is the concept of a 1970s fighter jet project, in the most massive operational use in air forces throughout the world from 1980 to 2015. The concept of the fourth generation of jet fighters is based on the assumption that superior flight performance, and in particular in the field of agility, is due to bring advantage in combat, both in attack and survival.

The fourth and a half or 4+ and 4++ generation⁴ gathers planes that have a reduced radar reflection but do not have all the

³ This generation of fighter jets belongs to a large number of types from countries that have their own development and production. Produced in an impressive number of copies, they have been involved in many local and regional conflicts, from the Vietnam War, the Gulf Crisis, the Civil War in the SFRY and others. They have been in operational use for a long time, and are still in use in some air forces. The most famous and significant are the F-4 phantom and the MiG-21, which have been used in all crises. In order to extend their life, they have undergone many modifications over the course of their long life. In the initial variants of the Phantom, the Americans overestimated the role of IR, so they threw out the cannon, and when they realized that it was fatal in close combat with the MiG-21 fighter, they returned it.

⁴ Significant progress has been made due to the dramatic improvement in capabilities with these upgrades of fighter jets and new projects in the last decade of the 20th century. Some of more modern aircraft of this generation stand out from the rest, so some countries have classified them as 4+ or 4.5. generation. They are mostly their own promotions, through an imprecise generation system.

“stealt”⁵ traits (Vlačić, 2008, p.7). The features of this generation of aircraft are the advancement of electronics and the flexibility to adopt new weapons. This generation lasted until 2010.

The *fifth generation*⁶ emphasizes the minimization of aircraft radar reflection, which requires, among other things, the placement of weapons within the fuselage instead on external weapon pylons. It is also characterized by the use of new high performance engines, vectored thrust engines, by high percentage of the use of composite materials in structure aircraft production to reduce weight, and by the application of modern computers for real-time control of aircraft systems. Airplanes of this generation have precise autonomously guided weapons, high flight performance, advanced features, high integration of equipment and computer systems, and the ability to network with other participants and segments of the "battlefield stage" in order to gain situational awareness (Vlačić, 2012). Currently, there is only one such 5th generation aircraft in operational use in the world. It is the American F-22 raptor, while the American F-35 Lighting II, the Russian Sukhoi PAK FA and the Chinese Chengdu J-20 are still under development. This generation is expected to last until 2025.

The *sixth generation* is to encompass future fighter jet projects. The first sixth-generation aircraft are expected to enter operational use between 2025 and 2030. Some US analysts speculate that their latest F-35 Lighting II, single-engine, multi-purpose stealth fighter jet, belongs to this generation. It is intended to dominate airspace, combat ground and sea targets, as well as to be used for reconnaissance, and will replace mid-range fighter jets currently in operational use in the US in the near future.

The dynamic development and technological advancement of national logistics in developed countries has made this development possible for aircraft.

⁵ Stelt feature implies difficult detection and monitoring of the aircraft by radar and other means, and is achieved by constructive reduction of the effective reflecting surface of the aircraft and the application of special materials and coatings for reduced reflection and absorption of radar signals.

⁶ The fifth generation jet fighter is a modern jet fighter based on advanced technologies developed in the first decades of the twenty-first century. This group of aircraft, as well as others, is determined by the classification of technically advanced countries. The criterion for accurately defining the characteristics of the fifth generation of jet fighters is more often controversial.

FIGHTER GENERATIONS



Figure 1 – Generations in fighter aircraft development (Tirpak, 2009, p.40)

Рис. 1 – Поколение в развитии боевых самолетов (Тирпак, 2009, p.40)

Слика 1 – Генерацје у развоју борбених авиона (Тирпак, 2009, p.40)

Development of multipurpose fighter aircraft

Trends in the development of modern fighter jets in the world are leading towards upgrading multipurpose fighter jets; however, as long-term forecasts show, that will not be achieved in the first decades of this century. It seems that innovations in the future will focus on the development of assets such as drones, unmanned vehicles, and alike (Radić, 1995, p.7). These are aircraft based on a supersonic fighter jet, which is also the only means capable of fighting both airborne and ground targets. For a modern fighter aircraft, a large combat radius and the ability to survive in the enemy's sky is important. That is why radar visibility will be crucial for future fighter jets, although it is very difficult and expensive to create an aircraft with stult characteristics in all conditions.

The development of multipurpose fighter jets, in addition to increasing the operability of the aircraft itself, enables the unification of multiple purpose conceptions of the aircraft into one, i.e., enables the combination of the fight, assault and reconnaissance purpose in one aircraft. With this concept, significant savings are achieved during aircraft exploitation because reducing the number of different types of aircraft and unifying them reduces maintenance costs, facilitates the supply of spare parts, equipment and AO⁷.

However, independently developing and equipping air forces with modern multi-purpose fighter jets of recent generations is extremely expensive and is increasingly becoming a privilege for only the most developed nations such as the USA, Russian Federation and China. In many developed countries, increasingly complex technologies, pricing and budget constraints are leading to joint projects of military industries with military industries of other countries to divide costs. Examples include the cooperation of Germany, the United Kingdom, Spain and Italy in the design, development and production of the modern 4th generation multi-purpose airplane Eurofighter Typhoon (2019) and the cooperation of the British, German and Italian military industries in the design, development and production of the modern multi-purpose aircraft "Panavia Tornado". (Dudaš, 2000, p.12)

Also, national logistics of developed countries generally develop new fighter aircraft as combat platforms, which gives the opportunity to develop new aircraft based on the existing platform in order to modernize them. Huge costs of developing brand new aircraft are thus avoided.

⁷ Hereinafter, the term "aircraft ordnance" will be abbreviated AO, and for propellants the abbreviation is Pr.

Examples are numerous, such as the Russian Mi-8 helicopter. A number of new modern helicopters such as the Mi-17, the Mi-171 and others have been developed on this platform (Russian Helicopters, 2019). The MiG-29 aircraft platform gave rise to the MiG-29OVT, the MiG-33, the MiG-35 and others (Take-off, 2019). The platform of the US F-16 aircraft served as a basis for the F-CK-1 Ching Kuo, the T-50 Golden Eagle, the HiMMAT, and the F-2 Mitsubishi aircraft. (Lockheed Martin, 2019)

In recent years, national logistics of developed countries have made the biggest progress in the development and integration of electronic and computer systems for aircraft and avionics in general. The development of radars that have an antenna array with active electronic scanning is considered one of the most significant achievements in the history of radar development. These radars are more reliable, lighter and have longer range. They can operate in a number of different modes (air-to-air, air-to-ground) and allow monitoring and simultaneous action on multiple targets. The radar image generated by this radar is of very high resolution and allows the identification of terrestrial targets at distances greater than 100 km. (Vlačić, 2008, p.10)

Development of modern military aviation ordnance

The tendencies in the development of modern AO in the world are directed towards the development of smart AO of high precision and long range.

In terms of air-to-air and air-to-ground missiles, development is aimed at improving "launch and forget" missile systems, increasing range, increasing resistance to interference and known countermeasures, and at avoiding enemy missile defense systems. With regard to aircraft bombs, smart guided bombs are being developed and their precision, guidance and destructive power are being refined.

Today, many countries in the world mainly manufacture drones that can be of different sizes and uses. However, it is important to note that few such aircraft can be armed. Unmanned aerial vehicles⁸ belong mainly to middle UAVs or so-called small aircraft flying at altitudes of about 3000 to 9000 meters and can remain in the air from 20 hours to 60 hours. Such UAVs are usually powered by piston or turbojet engines that have modern electro-optical systems containing TV, thermal and IR

⁸ Such an aircraft is operated by a pilot not on the platform itself, but from the ground. Therefore, there is an interaction between the pilot and the aircraft in terms of providing input values for aerodynamic control surfaces and engine output and thrust, and there is no reference to the absence of the pilot in the control loop.

cameras, laser markers and range finders, as well as satellite navigation capabilities, data links, which can be controlled from medium to long range distances, and usually carry two to four ordnance assets for land and sea targets. (Vasiljević et al, 2017, pp.492-497)

National logistics today from the aspect of supporting the Air Force

Throughout its rich history, national logistics, i.e. military industry, has experienced difficult times. Its dynamic development was many times interrupted by war distractions, but despite all difficulties, it has found ways, with its capacities, quality personnel and development policy of the country, to carry out modernization so that today it is not lagging behind other world manufacturers of weapons and equipment. "For more than 100 years of its existence, the Serbian Air Force has used around 750 different types of aircraft in numbers of over 9,000, out of which 247 are the results of domestic design or production." (Development Agency of Serbia, 2015)

The nineties with their events represented a "dark period" for our entire society and for our military industry as well. Part of the capacities has been lost or destroyed, brain drain was massive, and the deep economic crisis and the isolation caused by sanctions led to a substantial technological delay compared to the modern world.

Aircraft and spares for military aircraft

Equipping the Serbian Armed Forces Air Force with indispensable modern multi-purpose fighter jets from domestic production is not possible today and it is unrealistic to expect it at this moment. That is why the focus in the Air Force will be on the import during this period, which does not mean that, in the future, the military industry will not develop programs for aircraft development, for which it has certain capacities.

Certainly, in the forthcoming period, domestic production will provide support to the Serbian Air Force with aircraft, which is reflected in equipping the Air Force with 15 domestically produced aircraft of the type "LASTA"⁹. In addition to equipping the Serbian Air Force, 20 of these aircraft were exported to Iraq.

⁹ "LASTA" aircraft, a product of the UTVA aircraft factory from Pančevo, is a modern lightweight training aircraft intended for selection, initial and basic pilot training and training in the basic elements of shooting, rocketry and bombing.

Equipping the Serbian Air Force continued with imports in 2016-2019. National logistics equipped the Air Force with two multi-purpose medium transport helicopters of the Mi-17V5 type of Russian production (Figure 2) during 2016. Also, for the Air Force, during June 2019, the Airbus H145M and Russian Mi-17 helicopters were procured. In the coming period, the Air Force is expected to be equipped with 7 more Mi 35 and Mi 17 helicopters of Russian production.

Equipping continued during 2017 with six aircraft from the Russian Federation to be modernized in the coming period. After modernization, they will be able to remain operational for an extended period of time. Also, equipping continued in 2018, to be part of the Air Force as early as 2019, where 4 aircraft were delivered as part of a donation from Belarus, while overhaul will be carried out at the Belarussian Overhaul Institute. (Ministry of Defense of the Republic of Serbia, 2016)



Figure 2 – Multi-purpose medium transport helicopter Mi-17V5 (Ministry of Defense of the Republic of Serbia, 2016)

Рис. 2 – Средний многоцелевой военно-транспортный вертолет Ми-17В5 (Ministry of Defense of the Republic of Serbia, 2016)

Слика 2 – Вишенаменски средњи транспортни хеликоптер Ми-17В5 (Ministry of Defence of the Republic of Serbia, 2016)

The absence of aircraft production under license and contracts for the production of spare parts for large foreign aircraft manufacturers is certainly something that national logistics lacks today; it impedes its more dynamic development which was always present in the earlier period of

its development.¹⁰ Technology and important practical and theoretical knowledge were transferred through these activities enabling our experts to develop quickly, become independent and make their logistics less dependent on foreign influences.

Possible prospects for developing national logistics in support of the Air Force

National logistics is recovering when it comes to supporting the Air Force. The system has been restarted. The production of domestic aircraft and aircraft parts has been restored and exports have started. Also, there is a renewed interest in the world's major military industries to collaborate with our military industry (Zrnić, 2019). All this is good and crucial to the survival and further development of our national logistics.

At this point, it is logical to ask a question: the first step is made, what next? It is not easy to give the right answer. In addition to a number of economic, technical, technological and other factors, the answer is also influenced by political factors. The relationships of our state with East and West determine the future direction of the development of our national logistics, and the quality and level of these relations dictate the speed and level that it will be able to reach in its development.

Following global trends, a long-term perspective in the further development of our national logistics is recognized in the grouping of military enterprises with predominantly state ownership into the group "Defense Industry of Serbia"¹¹ led by the Military Technical Institute (VTI), Žarkovo, as the developer and Jugoimport SDPR as the promoter and marketer of the products. Such grouping can have advantages and provide for the consolidation and reconstruction of companies, reduction of development costs, higher capacity utilization, greater effect of investment in technology and production, and easier access to the world market.

¹⁰ In the SFRY, the *Gazela* helicopter was manufactured under the license of the French manufacturer Aérospatiale, and the company "Prva Petoletka", Trstenik, had a contract with the renowned aircraft manufacturer Boeing for whose needs it produced hydrocomponents and parts of the landing gear system.

¹¹ This group consists of the companies "Zastava Arms" from Kragujevac, "Krušik" from Valjevo, "Prvi partizan" from Užice, "Sloboda" from Čačak, "Milan Blagojević" from Lučani, "Prva iskra" from Barič. Also, in the future: companies "FAP" "Priboj", "Jumko" "Vranje", "Zastava trucks" "Kragujevac" and "UTVA" Pančevo.

On the state and prospects of the Serbian defense industry, a former Defense Minister, Zoran Djordjevic, told the Vecernje Novosti newspaper: "The Ministry of Defense has considered the state of production capacities, their competitiveness, as well as the future needs of the defense system for more modern means and production technologies. Accordingly, there are investments which the companies of the Defense Industry of Serbia are mostly independently realizing, so that in the coming period significant improvements and optimization of production capacities are expected, both for the existing production programs and for the development of new assets. The defense industry contributes significantly to the economic development of the Republic of Serbia and is currently the most dynamic branch of the industry, with the highest growth rate and enormous potential for its own growth, but also for initiating similar processes in the rest of the industry. Thus transformed companies in the consortium will be able to equip the Serbian Armed Forces as well as the world market with modern combat systems. (Večernje novosti, 2016)

Perspectives on military aircraft and spare parts

It is not realistic to expect the production of modern multi-purpose aircraft from national logistics at this time. However, this does not mean that this possibility should not be pursued in the future. On the contrary, as the production of modern multipurpose aircraft represents a pinnacle in the development of military industry, it should certainly be pursued in the long run.

There is a logical path to this end, and its beginning leads to the development and production of simpler aircraft types that have their place in the world market. Subsequently, by investing in technology and development, prospects should be open up through the production of more complex types of aircraft. In doing so, partners should be found to establish cooperation through joint development of new projects.

The professional staff that would support this development in our country could be provided by adequate staffing. It is concentrated in industry, the VTI Žarkovo, the Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, units and institutions of the Air Force of the Republic of Serbia and other state and private companies and organizations. (Vujičić, 2015)

Thus, after the tests with the training aircraft LASTA, the factory UTVA Pančevo, or OIS, developed a new training/combat aircraft KOBAC. It is a trainer - fighter aircraft with a turbojet engine, a system for safe emergency escape and a modern integrated attack-navigation

system for observation and precise operation of various types of unguided and guided ordnance day and night. The aircraft has a wide range of uses including advanced training/combat use and combat use in close air support (Yugoipmort SDPR, 2019). In perspective, it could be a good export product (Figure 3).

Aircraft of this type are in demand in the world today. Almost all countries with aeronautical industries today tend to produce training/fighter aircraft. They are interesting for countries that have difficulties in controlling and monitoring their long state borders, and are being targeted by various terrorist and insurgent groups and organizations. In the near future, it can be expected to be part of the Air Forces of many countries, primarily Iraq, Algeria, Angola, and Uganda.



Figure 3 – Prototype of the KOBAC training/fighter aircraft (Yugoipmort SDPR, 2019)
Рис. 3 – Прототип учебно-боевого самолета „КОБАЦ“ (Yugoipmort SDPR, 2019)
Слика 3 – Прототип школско-борбеног авиона „КОБАЦ“ (Yugoipmort SDPR, 2019)

In any case, Kobac is a new success of the Serbian aviation industry - it will be the most technically and technologically advanced Serbian product that can pull the civil industry forward as well. „Let's not forget that, when conquering the production of the Eagle aircraft more than 40 years ago, we introduced machines with numerical control for the first time, that we conquered the production of plexiglass as well as the technology of chemical milling of metals. It is important that Serbia's aviation industry is not shut down, that new aircraft are designed and built. We export aircraft, not just raspberries...“ (Lazanski, 2012)

Another chance of developing national logistics in support of the Air Force is in the production of drones. Unmanned aerial vehicles are nowadays probably one of the most current world trends in aviation development. In recent years, they have become one of the symbols of the new generation of wars and are in the armed forces of all countries of the world. Originally developed for reconnaissance tasks, today they are increasingly becoming platforms for actions on ground targets.

At the moment, national logistics has the capacity to develop and produce this type of aircraft. OIS developed and produced a prototype of the Air Force's interesting, tactical long-range unmanned aerial vehicle "PEGAZ" (Figure 4).



Figure 4 – Tactical unmanned aerial vehicle 'PEGAZ' (Dragović, 2016)
Рис. 4 – Тактический беспилотный летательный аппарат «ПЕГАЗ»
Слика 4 – Тактичка беспилотна летелица великог долета „ПЕГАЗ“
(Dragović, 2016)

It was originally developed as a reconnaissance platform, but in line with world trends, its development also included the ability to execute actions on ground targets. In addition to equipping the Air Force, this drone can also be a good potential for export.

A great deal of attention is being paid in the world to the modernization of existing aircraft. This process is less expensive than acquiring new aircraft, bringing technologically outdated aircraft closer to the level of new aircraft. Of course, modernization cannot completely replace the acquisition of new aircraft, but the cost-benefit ratio is

certainly worth it. It is restricted to expired aircraft and to aircraft for which it is possible to extend it.

Prospects for the development of national logistics in this regard are in the modernization of, above all, the G-4 Super Galeb aircraft and the ORAO as the largest group in the Air Force.

Modernization of the G-4 Super Galeb aircraft was initiated through the G-4 MD (modernized-digitized) project with the aim of obtaining a modern aircraft that will provide quality training for the transition of pilots to some future multi-purpose fighter aircraft and be trained for action by modern air-to-air and air-to-ground combat vehicles. (Dragović, 2016)

Also, the modernization of the ORAO aircraft is planned through the installation of avionics¹² which will represent the next generation in the category of functional aircraft.

A significant acceleration of development can also be brought about by the licensed production of possible foreign aircraft or some segments of aircraft construction, which was always present during the earlier development of national logistics. In this way, technology transfer is achieved and valuable knowledge and practical experience are gained. However, due to the situation in national logistics, it is difficult to count on this activity during this period, but it should definitely be pursued. For the beginning, it is likely to be in the production of technologically less complex aircraft or aircraft construction segments such as training and combat aircraft.

The prospect of developing national logistics in support of the Air Force should also be sought in cooperation and joint projects of aircraft with foreign partners. These activities provide faster development, lower costs and benefits in joint appearance on the market.

Aircraft repair jobs are certainly the most interesting and easily achievable way for developing our national logistics in support of the Air Force and a realistic long-term prospect that needs to be recognized. There are overhaul capacities, there is professional staff and tradition in this business. Therefore, it does not start from scratch - the essence for further development exists. It should be emphasized that the capacity level is not satisfactory at this time. It is necessary to renew missing infrastructure capacities, to purchase some new equipment and to fill the Aviation Institute "Moma Stanojlovic" with the missing expert staff

¹² The term avionics means all aircraft equipment, primarily instruments, electrical and electronic equipment.

existing in our market¹³. The need for investment is not too great in relation to the profits that can be made in the long term, not only in support of our Air Force, but also in financial gain through participation in the world market. The acknowledgment of this is the recognition of the potential of our national logistics when it comes to aircraft overhaul by major global companies.

Confirmation of this is the visit of the delegation of the Russian Helicopters Company in 2015 which on that occasion expressed interest in opening a regional center for the overhaul of Russian-made helicopters at the Aviation Institute " Moma Stanojlovic ". As Russian-made helicopters are widely present throughout the world and our country, and the Institute has extensive experience in overhauling these helicopters, such an arrangement would in the long run ensure a secure job for the Institute on the international market, and thereby raise quality and provide more reliable support to the Air Force. (Galović, 2016)

The strategic partnership between the Government of the Republic of Serbia and the European company Airbus Group is of great importance for the development of the defense industry. This international company is interested in existing overhaul facilities with the idea of opening a regional helicopter overhaul center "GAZELA" (Galović, 2016). In addition to overhaul capacities, this European company is also interested in equipping the Air Force with new aircraft as well as in modernizing the existing ones, in terms of enhancing the capacity of our aviation industry, as the high level Memorandum of Understanding signed between the Government of the Republic of Serbia and the Airbus Group stipulates. In addition, regarding its functionality and modernization, the Ministry of Interior's helicopter units will use Super Puma H-215 medium transport helicopters, manufactured by the Airbus Group.

To develop national logistics, the best option would be to open both of these centers. The significance would be twofold. First, support for the Air Force through overhaul would be more comprehensive given that the Air Force is equipped with Russian-made Mi-8 and Mi-17 helicopters and Western-made GAZELA helicopters. Also, overhaul of these helicopters would certainly mean easier and cheaper access to spare parts for these types of helicopters. Second, overhaul service could be offered for a wider range of different types of helicopters and would provide access to

¹³ Aeronautical personnel in our country are educated at the Military High School, the Military Academy, the Mechanical Engineering, the Faculty of Transport and Electrical Engineering, and the Petar Drapšin Air Force Academy, Belgrade.

both the Eastern and Western markets. This perspective is certainly a largely political issue. The answer to this question is related to the future direction of the state policy of the Republic of Serbia and its relation to the East and the West. It should be answered by our political elite.

When discussing aircraft overhaul, particular attention should be paid to the overhaul of the MiG-29 aircraft. At present, the Air Force has 10 aircraft of this type, and this donation from the Russian Federation creates conditions for better defense of the airspace of the Republic of Serbia (Radio Television of Serbia, 2016). It also shows the Air Force's longer-term commitment to choosing a multi-purpose fighter aircraft for its units.

To conquer overhaul, it is necessary to invest in infrastructure, test equipment and technology transfer. Although the Moma Stanojlovic Aviation Institute and the 204th Aviation Brigade have extensive experience in the operational maintenance and implementation of certain simpler phases of overhaul of these aircraft, given the small number of aircraft, the big question is the economic justification for winning the overhaul of this aircraft.¹⁴

In terms of operational capabilities of the Air Force, it is more important to win overhaul of spare parts for this type of aircraft. This would ensure greater utilization of the approved inter-overhaul resource, greater autonomy and greater stability in the supply of spare parts. Also, since overhaul prices of these spare parts are very high¹⁵ it would also provide significant financial savings. On the other hand, due to technological complexity, it is not economically justifiable to win overhaul of all aircraft devices and assemblies, but it should certainly strive to adopt overhaul for all devices and assemblies for which it is economically justified.

The prospects for manufacturing aircraft spare parts are reflected in the penetration to the global market and in the production of spare parts for large global companies. Such contracts are certainly not easy to win, but there are some interests expressed. For example, in September 2015, representatives of the European company Airbus Group held a conference called Airbus Group - Suppliers Day in the Serbian Chamber

¹⁴ During the overhaul of the MiG-29 aircraft, carried out in 2008 and 2010, the stages of dismantling and assembly of parts and assemblies were carried out by the personnel of the Moma Stanojlovic Aviation Institute and the 204th Aviation Brigade, and their repair was carried out in the Russian Federation.

¹⁵ The contract for the repair of spare parts for the MiG-29 was concluded with OAO "558. Aviatyionny remontnyj zavod" from Belarus in 2015

of Commerce in order to find suppliers of parts for their products in our country.

Prospects for the repair of spare parts probably need to be sought and developed as part of the development of the overhaul of aircraft as a whole for the types of aircraft that will be overhauled in our country to complete the process.

Prospects for aeronautical ordnance

Prospects for the development of national logistics in the Air Force support segment with AO are in the development of new modern AO types and the overhaul and modernization of the existing ones. For these activities, there is professional staff with the necessary experience.

For the development of new AO, prospects are reflected in the development of high-precision guided AO, independently and in collaboration with foreign partners. An example is the most ambitious development project of the domestic military industry in technical and technological terms, the ALAS rocket system developed by the domestic private company Edepro with the support of Jugoimport-SDPR (Figure 5).



Figure 5 – ALAS rocket system (Radio Television of Serbia, 2013)
Рис. 5 – Ракетная система „АЛАС“ (Radio Television of Serbia, 2013)
Слика 5 – Ракетни систем „АЛАС“ (Radio Television of Serbia, 2013)

It is a long-range multipurpose guided missile system, in which the guidance is achieved without a direct visual contact with the target. The peculiarity of this rocket system is that it is not intended to be used on only one type of a platform, but it can be used on different types of fighter platforms such as stationary launchers, combat vehicles, aircraft, ships,

and the like. It is designed to perform actions on a wide variety of targets such as armored vehicles, established infrastructure, ships, low-flying helicopters and more. (Radio Television of Serbia, 2013)

The overhaul and modernization of AO represents a significant prospect for the development of our national logistics in support of the Air Force, aimed at improving the quality of the existing AO.

In addition to supporting the Air Force, more effective use requires modernization of AO, which would certainly be of general interest to the Air Force because it is less expensive than acquiring new assets, and most Air Forces owns certain quantities of older AO types that are technologically outdated and need to be modernized.

Conclusion

Prospects of the development of national logistics in support of the Air Force of the Serbian Armed Forces, among others, are significantly shaped by political factors. In what direction and how fast it will develop depends on the relations of the Republic of Serbia with East and West. The military neutrality and balanced policy of the Republic of Serbia towards the great powers of the world could have a favorable impact and help it in its faster and better development.

Following the trends in the world, one of the long-term prospects in the further development of our national logistics is recognized in the grouping of state-owned enterprises of the military industry into the Defense Industry of Serbia Group, which, through joint development and appearance on the market, will certainly ensure their better and a more secure future (Radić & Radić, 2018, pp.162-179).

Development prospects should also be sought in cooperation and joint projects with foreign partners. These activities provide faster development, lower costs and benefits in joint appearance on the market.

Long-term prospects for the development of our national logistics, at this point, should not be sought in the production of modern multi-purpose aircraft. The current level of technological development of our military industry does not allow such a thing at the moment. This end goal should be pursued in the long term, and the path to it leads through the development and production of technologically less complex aircraft through which our national logistics will slowly strengthen, adopt new technologies and gain the necessary experience as a basis for progress towards the end goal.

The production of drones, as one of the most current trends in the development of aviation today in the world, certainly has a perspective here, and is an important direction for the development of our national logistics and a potential export resource. As our national logistics currently has the capacity to develop and manufacture this type of aircraft, this prospect makes it even more significant.

A great deal of attention is being paid in the world to the modernization of existing aircraft. It renders technologically obsolete aircraft current. Of course, modernization, because of its limitations, cannot completely replace the procurement of new aircraft, but it can "buy" the time necessary to create the conditions for the procurement of new aircraft and such costs are significantly lower than the procurement costs.

A real long-term prospect and the most interesting and easily achievable path to develop our national logistics in support of the Air Force is certainly to focus on aircraft repair jobs. Overhaul capacities, professional staff and tradition in this business exist, and their potentials have been recognized by major global companies.

Prospects in the production of aircraft spare parts should be sought in penetrating the global market and in producing spare parts for large global companies. Such contracts are certainly not easy to win, but there are interests.

When it comes to overhaul of spare parts, the prospects of our national logistics in supporting the Air Force should be sought and developed in overhaul of spare parts for the MiG-29 and for the types of aircraft that will be overhauled in Serbia to complete the entire process.

Prospects of support regarding AO are in the development of new modern high precision AO types, independently and in cooperation with foreign partners, and overhaul and modernization of the existing AO. For these activities, there is a professional staff with extensive experience. In addition to supporting our Air Force, modernizing existing AO could also be an interesting export service.

Based on the above, it can be concluded that there are prospects for the development of national logistics in support of the Air Force. Some are easier to realize and are clearly offered to us and some are more difficult and require longer time and greater investment. Which ones need to be developed and which ones will pave the way for the long-term development of our national logistics in support of the Air Force must be recognized and decided by the political elite of our society.

References

- Development Agency of Serbia. 2015. *Serbian Aerospace Industry*. Belgrade: Development Agency of Serbia [online]. Available at: <https://ras.gov.rs/uploads/2016/02/serbian-aerospace-industry-2015.pdf> [Accessed: 10 July 2019].
- Dragović, R. 2016. Orao kao mig. *Večernje novosti*, 8 April [online]. Available at: <http://www.novosti.rs/vesti/naslovna/drustvo/aktuelno.290.html:599463-Orao-kao-mig> (in Serbian) [Accessed: 10 December 2018].
- Dudaš, A. 2000. Tornado-simbol evropske integracije. *Aeromagazin*, 37 (in Serbian).
- Eurofighter Typhoon. 2019. *About us* [online]. Available at: <https://www.eurofighter.com/about-us> [Accessed: 18. December 2018].
- Fechner, I. 2010. Role of logistics centres in national logistics system. *Electronic Scientific Journal of Logistics*, 6(2), pp.9-18 [online]. Available at: http://www.logforum.net/pdf/6_2_2_10.pdf [Accessed: 10 July 2019].
- Galović, M. 2016. Moma Stanojlović spreman da bude remontni centar za ruske helikoptere. *Politika*, 16 July [online]. Available at: <http://www.politika.rs/scc/clanak/359209/Moma-Stanojlovic-spreman-da-bude-remontni-centar-za-ruske-helikoptere> (in Serbian) [Accessed: 14 December 2018].
- Lazanski, M. 2012. Kobac iz domaćeg jata. *Politika*, 3 April [online]. Available at: <http://www.politika.rs/scc/clanak/213995/Kobac-iz-domaceg-jata> (in Serbian) [Accessed: 14 December 2018].
- Lockheed Martin. 2019. *F-2 Support Fighter* [online]. Available at: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/f-2.html> [Accessed: 14 December 2018].
- Milanović, G., Barac, N. & Anđelković, A. 2009. Razoj i elementi međunarodne logistike. *Ekonomске teme*, 47(3), pp.1-14 [online]. Available at: http://xn----itbaba0aapeekb4br.xn--90a3ac/pdf/et20093_01.pdf (in Serbian) [Accessed: 10 July 2019].
- Ministry of Defence of the Republic of Serbia. 2016. *Novi helikopteri sleteli na Aerodrom Batajnica* [online]. Available at: <http://www.mod.gov.rs/lat/9785/novi-helikopteri-sleteli-na-aerodrom-batajnica-9785> (in Serbian) [Accessed: 2 December 2016]
- Radić, A. 1995. *Borbeni avioni*. Belgrade: NIU Vojska (in Serbian).
- Radić, V. & Radić, N. 2018. Ekonomski aspekti i nacionalna samodovoljnost odbrambene industrije Republike Srbije. *Vojno delo*, 70(4), pp.162-179 (in Serbian). Available at: <https://doi.org/10.5937/vojdelo1804162R>.
- Radio Television of Serbia. 2013. Šta je raketni sistem ALAS? *Radio Television of Serbia*, 16 February [online]. Available at: <http://www.rts.rs/page/stories/sr/story/125/drustvo/1267958/sta-je-raketni-sistem-alas.html> (in Serbian) [Accessed: 15 December 2018].

-Radio Television of Serbia. 2016. Stižu migovi 29 za Vojsku Srbije. *Radio Television of Serbia*, 13 December [online]. Available at: <http://www.rts.rs/page/stories/sr/story/125/drustvo/2560882/stizu-migovi-29-za-vojsku-srbije.html> (in Serbian) [Accessed: 15 December 2018].

-Russian Helicopters. 2019. *Mi-8/17 Transport and passenger helicopter*. [online]. Available at: <http://www.russianhelicopters.aero/en/helicopters/military/mi-817.html> [Accessed: 14 December 2018].

Stanojević, P., Mišković, V. & Jeftić, Z. 2017. Savremeno tumačenje pojma nacionalna logistika. *Vojno delo*, 69(3), pp.280-302 (in Serbian). Available at: <https://doi.org/10.5937/vojdela1703280S>.

Tirpak, J.A. 2009. The Sixth Generation Fighter. *Air Force Magazine*, 92(10), 29 September [online]. Available at: <https://www.airforcemag.com/article/1009fighter> [Accessed: 10 July 2019].

Vasiljević, D., Vasiljević, J., Bojanić, S. & Pavlović, I. 2017. Informacioni sistem za kontrolu letenja bespilotnih vazduhoplova. In: *Sinteza 2017: International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research*, Belgrade, pp.492-497. April 21 (in Serbian). Available at: <https://doi.org/10.15308/Sinteza-2017-492-497>.

-Večernje novosti. 2016. Đorđević: Savladaćemo izazove. *Večernje novosti*, 14 december [online]. Available at: <https://www.novosti.rs/vesti/naslovna/drustvo/aktuelno.290.html:639902-Djordjevic-Savladaćemo-izazove> (in Serbian) [Accessed: 10 December 2018].

Vlačić, S. 2008. Neki aspekti razvoja i modernizacije višenamenskih borbenih aviona. *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 56(3), pp.5-15 (in Serbian). Available at: <https://doi.org/10.5937/vojtehg0803005V>.

Vlačić, S. 2012. *Višenamenski borbeni avioni*. Belgrade: Medija centar Odbrana (in Serbian).

Vujičić, D. 2015. Lovac, lokomotiva razvoja. *Večernje novosti*, 20 March [online]. Available at: https://www.novosti.rs/dodatni_sadržaj/clanci.119.html:539521-Lovac-lokomotiva-razvoja (in Serbian) [Accessed: 14 December 2018].

-Yugoimport SDPR. 2019. *Kobac (Sparrow Hawk) Training/Combat turbo-prop aircraft* [online]. Available at: <https://www.yugoimport.com/en/proizvodi/kobac-sparrow-hawk-trainingcombat-turbo-prop-aircraft> [Accessed: 10 December 2018]

Zrnić, B. 2016. Odbrambena industrija Srbije - oslonac u procesu reindustrijalizacije. *Srpska ekonomija* [online]. Available at: <https://www.srpskaekonomija.rs/biznis-i-finansije/10/3//clanak/19/naslovna> (in Serbian) [Accessed: 10 July 2019].

РАЗВИТИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ,
ПОДДЕРЖИВАЮЩЕЙ ВОЕННО-ВОЗДУШНЫЕ СИЛЫ
РЕСПУБЛИКИ СЕРБИЯ – ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Хатиджа А. Бериша

Университет обороны в г. Белград, Школа национальной обороны,
г. Белград, Республика Сербия

РУБРИКА ГРНТИ: 78.21.53 Исследования и разработки в области эффективности, надежности и боевого использования вооружения и военной техники
78.25.13 Военная авиационная техника и вооружение

ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья

ЯЗЫК СТАТЬИ: английский

Резюме:

Введение/цель: Военная авиация осуществляет свои задачи в воздушном пространстве, поэтому ей необходимо использовать спецоборудование и вооружение, которые в свою очередь делают ее особо техническим видом вооруженных сил. Данная техническая подоплека указывает на важность логистики для Военно-воздушных сил. Национальная логистика оказывает постоянную поддержку Военно-воздушным силам Республики Сербия, в том числе посредством различных отраслей промышленности. В первую очередь задействована оборонная промышленность, занимающаяся производством и сбытом боевых средств и военного оборудования.

Методы: В данной работе применялся метод анализа мировых тенденций развития современных авиационных средств и спецтехники, а также метод синтеза, с помощью которого представлено состояние национальной логистики на сегодняшний день, а также возможности поддержки Военно-воздушным силам Республики Сербия, посредством своих основных источников.

Результаты: Рассмотрены основные источники и возможные перспективы дальнейшего развития национальной логистики с упором на модернизацию самолетов и иной спецтехники, на подготовку кадров и повышение уровня жизни военнослужащих, а также на разработку и развитие совместных проектов с зарубежными партнерами.

Выводы: Значимость статьи заключается в выявлении перспектив развития, которые могли бы значительно повлиять на дальнейшую направленность национальной логистики на оказание поддержки Военно-воздушным силам Республики Сербия.

Ключевые слова: Вооруженные силы Республики Сербия, авиация, логистика, вооружение, военное оборудование, состояние и перспективы.

РАЗВОЈ НАЦИОНАЛНЕ ЛОГИСТИКЕ У ПОДРШЦИ РАТНОМ
ВАЗДУХОПЛОВСТВУ ВОЈСКЕ СРБИЈЕ – ДУГОРОЧНЕ
ПЕРСПЕКТИВЕ

Хатиџа А. Бериша

Универзитет одбране у Београду, Школа националне одбране,
Београд, Република Србија

ОБЛАСТ: ратно ваздухопловство, логистика
 ВРСТА ЧЛАНКА: стручни чланак
 ЈЕЗИК ЧЛАНКА: енглески

Сажетак:

Увод/сврха: Ратно ваздухопловство реализује своје задатке у ваздушном простору, па мора да користи специјалну опрему и наоружање, што га чини изразито техничким делом овог вида у којем логистика има важно место. Национална логистика пружа подршку Ратном ваздухопловству Војске Србије, поред осталог, кроз различите гране и делове индустрије. То чини, превасходно, кроз наменску индустрију – делом индустрије који се бави производњом и прометом наоружања и војне опреме.

Метод: У раду се користи метода анализе, којом су испитиване тенденције развоја савремених ваздухопловних средстава и наменских индустрија у свету, као и метода синтезе, којом се сагледава стање националне логистике данас и могућности подршке Ратном ваздухопловству Војске Србије кроз њене основне изворе.

Резултати: Сагледани су основни извори и могуће перспективе даљег развоја националне логистике, са тежиштем на модернизацији ВУБС-а (увођење нових летелица и друге опреме, обука људства, као и побољшање животног стандарда припадника Војске), те развоју и сарадњи на заједничким пројектима са иностраним партнерима.

Закључак: Потребно је у значајној мери тежити стварању услова за дугорочну перспективу развоја националне логистике у подршци Ратном ваздухопловству Војске Србије.

Кључне речи: ваздухопловство, Војска Србије, логистика, наоружање, војна опрема, стање и преспективе.

Paper received on / Дата получения работы / Датум пријема чланка: 16.7.2019.

Manuscript corrections submitted on / Дата получения исправленной версии работы / Датум достављања исправки рукописа: 17.1.2020.

Paper accepted for publishing on / Дата окончательного согласования работы / Датум коначног прихватања чланка за објављивање: 19.12.2020.

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).



ОПОЗИВИ
ОТЗЫВ СТАТЕЙ (РЕТРАКЦИЯ)
RETRACTIONS

RETRACTION: Rmuš, V. 2017.
Constructions of squaring the circle,
doubling the cube and angle trisection.
Vojnotehnički glasnik/Military Technical
***Courier*, 65(3), pp.617-640**

Editorial Office of the Military Technical Courier

DOI: 10.5937/vojtehg68-25019; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-25019>

FIELD: Mathematics

ARTICLE TYPE: retraction

Abstract:

The Editorial Office of the Military Technical Courier is retracting the article titled „Constructions of squaring the circle, doubling the cube and angle trisection“ of the author Veselin M. Rmuš, published in the Military Technical Courier vol. 65, no. 3/2017, pp.617-640 (doi:10.5937/vojtehg65-13404; <https://doi.org/10.5937/vojtehg65-13404>). The article is retracted because the final version of the article did not take into account the referee's explicitly stated remark that the article deals with a new approach to solving the problem and not with the final solution to the problem as such a conclusion may be drawn from the published article. The Editorial Office expresses regret and sincere apology to the readers; we considered, with our engineering thinking, that the approximate solutions given in this work can also be scientifically relevant in the mathematical context of this classical, ancient Greek problem, which can by no means be an excuse.

The Editorial Office of the Military Technical Courier is retracting the article titled „Constructions of squaring the circle, doubling the cube and angle trisection“ of the author Veselin M. Rmuš, published in the Military Technical Courier vol. 65, no. 3/2017, pp.617-640 (doi:10.5937/vojtehg65-13404; <https://doi.org/10.5937/vojtehg65-13404>).

The article is retracted because, due to the Editor's overview and insufficient control of its final version, it did not take into account the referee's explicitly stated remark that the manuscript deals with a new

approach to solving the problem and not with the final solution to the problem as such a conclusion may be drawn from the published work.

The referee's review states that: „...With his new and original approach to solving some well-known ancient geometry problems, the author went a step further from some already known attempts. Namely, it has been proven for long time that these problems cannot be solved a finite number of times with a compass and a straightedge; however, it is also a well-known fact that many authors tried to define, i.e. to introduce a new approach. This is exactly what the author is doing in this work of his... This approach can certainly motivate other researchers trying to cast light on these three well-known problems from a different angle...“.

In this regard, the Editorial Office considers that the correctness of both the referee and the review is undisputable.

It is also important to mention that, despite its interesting approach and the method which can potentially be applied in practice, the published article has provoked numerous reactions and comments by the scientific mathematical community focusing on debatable findings and errors easy to detect in the work such as unacceptable choice of the approximate value of Pi as a precise value, without taking into account the transcendence and nonconstructibility of this number. Such a serious error occurs throughout the whole work resulting in misleading the readers and misinterpreting the actual result.

The Editorial Office expresses its gratitude to Dr Đorđe Baralić from the Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Prof. Predrag Rajković from the Faculty of Mechanical Engineering in Niš, Prof. Dragan Đorđević from the Faculty of Sciences and Mathematics in Niš and other benevolent readers for pointing out errors as well as for their help and cooperation in solving this situation.

We are also grateful to the author Prof. Veselin Rmuš for his trust, cooperation and understanding, and we encourage him to revise and resubmit this retracted article as a revised paper.

The Editorial Office expresses regret and sincere apology to the readers; we considered, with our engineering thinking, that the approximate solutions given in this work can also be scientifically relevant in the mathematical context of this classical, ancient Greek problem, which can by no means be an excuse.

ОТЗЫВ СТАТЬИ (РЕТРАКЦИЯ): Рмуш,
В. 2017. Конструкции квадратуры круга,
удвоение куба и трисекции угла.
*Vojnotehnički glasnik/Military Technical
Courier*, 65(3), с.617-640

Редакция журнала «Военно-технический вестник»

DOI: 10.5937/vojtehg68-25019; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-25019>

РУБРИКА ГРНТИ: 27.00.00 МАТЕМАТИКА

ВИД СТАТЬИ: отзыв статьи (ретракция)

Резюме:

Редакция журнала «Военно-технический вестник» отзывает статью автора Веселина М. Рмуша под названием «Конструкции квадратуры круга, удвоение куба и трисекции угла», опубликованную в журнале «Военно-технический вестник», выпуск 65, № 3/2017, с.617-640 (doi:10.5937/vojtehg65-13404; <https://doi.org/10.5937/vojtehg65-13404>). Статья отозвана, поскольку в ее окончательной версии не было учтено явно высказанное рецензентом замечание о том, что в статье представлен новый подход к решению проблемы, но не само окончательное решение задачи, как можно было бы заключить из опубликованной статьи. Редакция выражает искреннее сожаление и приносит свои глубочайшие извинения читателям за то, что руководствуясь своим инженерным мышлением посчитала, что приближенные решения, приведенные в данной работе, также могут иметь научную значимость в математическом контексте этой древнейшей античной задачи, что, разумеется, не может являться оправданием.

Редакция журнала «Военно-технический вестник» отзывает статью автора Веселина М. Рмуша под названием «Конструкции квадратуры круга, удвоение куба и трисекции угла», опубликованную в журнале «Военно-технический вестник», выпуск 65, № 3/2017, с.617-640 (doi:10.5937/vojtehg65-13404; <https://doi.org/10.5937/vojtehg65-13404>).

Статья отозвана, вследствие недосмотра редактора и недостаточного контроля над окончательной версией статьи, поскольку не было учтено явно высказанное рецензентом замечание о том, что в статье представлен новый подход к решению проблемы, но не само окончательное решение задачи, как можно было бы заключить из опубликованной статьи.

В рецензии статьи приведено следующее: «...Благодаря своему новому и оригинальному подходу к решению некоторых старейших и известнейших проблем геометрии, автор сделал шаг вперед по сравнению с уже существующими попытками решения данной задачи. А именно, долгое время считалось, что эти задачи не могут быть решены конечное число раз с помощью циркуля и линейки, но тем не менее многие математики на протяжении веков пытались найти определение и ввести новый подход. И это именно то, что автор делает в данной работе... Его подход, безусловно, может послужить мотивацией для других исследователей, пытающихся пролить свет на эти три известные задачи под другим углом...».

В данной связи редакция считает содержание рецензии справедливым и неоспоримой.

Также важно упомянуть, что несмотря на интересный подход и метод, который потенциально может быть применен на практике, опубликованная статья вызвала многочисленные реакции и комментарии научного математического сообщества, сосредоточив внимание на спорных выводах и доказуемых ошибках, которые относятся к недопустимому выбору приближенного значения числа Пи, приведенного в качестве точного значения, без учета трансцендентности и неконструктивности этого числа. Такая серьезная ошибка последовательно повторяется на протяжении всего текста статьи, вводя читателя в заблуждение, в то время как настоящий результат истолкован неверно.

Редакция выражает искреннюю благодарность Математическому институту Сербской академии наук и искусств в лице д.мат.н. Джоржа Баралича, д.мат.н. Предрагу Райковичу профессору Машиностроительного факультета в г. Ниш, д.мат.н. Драгану Джорджевичу профессору Факультета физико-математических и естественных наук в г.Ниш, и другим доброжелательным читателям за указание на ошибки, а также за их помощь и содействие в решении этой ситуации.

Мы также выражаем благодарность автору Веселину Рмушу за доверие, сотрудничество и понимание, призывая его пересмотреть и повторно представить эту отозванную статью, обозначенную как «пересмотренная статья» (revised paper), в исправленном виде.

Редакция выражает искреннее сожаление и приносит свои глубочайшие извинения читателям за то, что руководствуясь своим инженерным мышлением посчитала, что приближенные решения, приведенные в данной работе, также могут иметь научную значимость в математическом контексте этой древнейшей античной проблемы, что, разумеется, не может являться оправданием.

ОПОЗИВ: Рмуш, В. 2017. Конструкције квадратуре круга, удвајања коцке и трисекције угла. *Војнотехнички гласник/Military Technical Courier*, 65(3), стр.617-640

Редакција „Војнотехничког гласника”

DOI: 10.5937/vojtehg68-25019; <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-25019>

ОБЛАСТ: математика
ВРСТА ЧЛАНКА: опозив

Сажетак:

Редакција „Војнотехничког гласника“ повлачи чланак аутора Веселина М. Рмуша под називом Конструкције квадратуре круга, удвајања коцке и трисекције угла, који је објављен у Војнотехничком гласнику, вол. 65, но. 3/2017, стр.617-640 (doi:10.5937/vojtehg65-13404; <https://doi.org/10.5937/vojtehg65-13404>). Рад се повлачи јер у коначној верзији чланка није уважена и експлицитно наведена сугестија рецензента да се ради о новом приступу решавању проблема, а не о коначном решењу проблема, како се може закључити из објављеног рада. Уредништво часописа изражава жаљење и упућује извињење читаоцима, јер је, својом инжењерском логиком, сматрало да и приближна решења наведена у овом раду могу бити научно релевантна у математичком контексту овог старог – античког проблема, што не може бити оправдање.

Редакција *Војнотехничког гласника* повлачи чланак аутора Веселина М. Рмуша, под називом Конструкције квадратуре круга, удвајања коцке и трисекције угла, који је објављен у Војнотехничком гласнику, вол. 65, но. 3/2017, стр.617-640 (doi:10.5937/vojtehg65-13404; <https://doi.org/10.5937/vojtehg65-13404>).

Рад се повлачи јер, превидом уредништва у поступку недовољне контроле у коначној верзији чланка, није уважена и експлицитно наведена сугестија рецензента да се ради о новом приступу решавању проблема, а не о коначном решењу проблема, како се може закључити из објављеног рада.

У тексту рецензије се наводи: „...Са новим и оригиналним приступом у решавању познатих старих проблема из геометрије аутор је отишао корак даље у односу на неке већ познате покушаје. Наиме, одавно је познат доказ да се исти не могу решити коначно

пута применом шестара и лењира, али и одавно је познато да су многи аутори покушавали да дефинишу, односно, уведу нови приступ. Аутор, у ствари, то ради у овом свом раду... Овај приступ може сигурно бити мотивација осталим истраживачима који покушавају да на други начин расветле ова три позната проблема...”

Редакција сматра да је, с тим у вези, неспорна коректност рецензента и исправност рецензије.

Такође, унаточ занимљивом приступу, који се огледа у евентуалној употреби ове методе у пракси, научна математичка јавност у бројним реаговањима и коментарима на објављени чланак истиче спорне налазе и доказиве грешке у самом раду, које се огледају у недопустивом преласку на приближну вредност броја π и њену употребу као тачне вредности, при чему није узета у обзир трансцедентност и неконструктивност овог броја. Овако груба грешка се провлачи кроз цео рад, чиме се читаоци доводе у заблуду, а стварни резултат нетачно интерпретира.

Редакција се захваљује на указаним пропустима, помоћи и сарадњи приликом разрешења ове ситуације др Ђорђу Баралићу из Математичког института Српске академије наука и уметности, проф. др Предрагу Рајковићу са Машинског факултета Универзитета у Нишу и проф. др Драгану Ђорђевићу са Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу, као и другим добронамерним читаоцима.

Такође, захвалност на поверењу, сарадњи и разумевању Редакција дугује и аутору професору Веселину Рмушу, којег подстиче да опозвани рад, означен као „ревидирани рад”, поново објави у измењеном облику.

Уредништво часописа изражава жаљење и упућује извињење читаоцима, јер је, својом инжењерском логиком, сматрало да и приближна решења наведена у овом раду могу бити научно релевантна у математичком контексту овог старог – античког проблема, што не може бити оправдање.

© 2020 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/>).

© 2020 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/>).

© 2020 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 лиценцом (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).



САВРЕМЕНО НАОРУЖАЊЕ И ВОЈНА ОПРЕМА
СОВРЕМЕННОЕ ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

Конфигурација опреме за извођење дејстава у ноћним условима

Извођење борбених дејстава различитих врста у ноћним условима је изузетно стара пракса. Још су, примера ради, антички спартијати у грчкој Спарти увежбавали различите тактике мањих јединица у ноћним условима, које веома сликовито описује и Стивен Пресфилд (Steven Pressfield) у свом историјском роману „Огњена капија”. Без обзира на историјски период, локалитет или врсту дејства, заједнички именоване многим оваквим примерима јесте да су ову врсту активности увежбавале, најчешће, елитне јединице мање формацијске снаге¹, пре свега због тога што је борба у ноћним условима веома сложена, па изискује не само одличну обученост у комуникацији и маневрисању већ и храброст, висок морал и др.

Специфичности ноћних услова

Неопходно је разликовати услове *смањене, отежане видљивости и ноћних услова*. Први би подразумевали окружење у којем су природна или вештачка светлост (самим тим и видљивост) знатно умањене, на пример, услед густе магле, вејавице, дима, непосредно пред залазак сунца, или свитање, или услед слабо осветљење затворене просторије и сл. Ноћни услови у ужем смислу подразумевају потпуно одсуство природне светлости, дакле период од заласка до изласка сунца. У ширем смислу, могло би се говорити и о ноћним условима када је неко окружење и у периоду Сунчеве светлости (обданица) мрачно, дакле без природног (или вештачког) извора светлости, као што су затворени простори у објектима, попут подрума, тунела, бункера, али и пећине, веома густе шуме и сл. *Светлост* се може дефинисати као део спектра електромагнетног зрачења из опсега таласних дужина *видљивих голим оком*, односно оне таласне дужине између инфрацрвеног зрачења, тј. светлости (са дугим таласима) и ултраљубичастог зрачења, тј. светлости (са кратким таласима), дакле зрачења која нису видљива голим оком.

Отежавајућа околност рада у ноћним условима управо је мањак/недостатак *светлости*, јер иако је људско тело непрекидно активно, и дању и ноћу, оку је потребна светлост (природна или вештачка) да би примило и пренело информације о окружењу из видног поља. Светлост из окружења улази у око кроз закривљену рожњачу и сочиво, који потом рефрактују примљену светлост на мрежњачи, тачније жутој мрљи. Као фотосензитиван (осетљив на светлост) део ока, мрежњача садржи

¹ Историја, наравно, познаје и много примера када су се читаве битке водиле у ноћним условима, попут Маричке битке, септембра 1371. године, у којој је турски ноћни препад на снаге хришћанске коалиције одлучио исход битке.

мноштво фоторецептора који људски вид чине тако савршеним, уз могућност фокусирања, разликовања више милиона боја, контраста, облика, ситних детаља и др. Мањак или недостатак светлости значи и умањену или искључену могућност да човек опажа² своје окружење визуелним путем, дакле чулом вида којим се, по правилу, опажа убедљиво највећи проценат информација из спољашњег света – чак 80 до 90 процената.

Дакле, ноћни услови (и ноћ као део дана) *нису природно окружење за човека*, јер сенегативно одражавају на метаболизам, расположење, али и психо-физичке капацитете, речју – на рад. Посматрано са биолошког и антрополошког аспекта, природно окружење човека везује се за обданицу.

Логика борбених дејстава у ноћним условима

Као свесно, високоинтелигентно биће човек има изузетну способност учења и, наравно, памћења – краткорочног и дугорочног. Управо ови капацитети могу се искористити у процесу привикавања и обучавања за рад у специфичним окружењима, као што су ваздух, вода и, наравно, ноћни услови. Пажљиво осмишљеним планом и програмом човек се може истренирати да одређене природне нагоне занемари, или модификује њихову перцепцију, а затим и реакцију, те да вишеструко увећа перформансе у окружењима у којима природно не би требало да буде активан и радан. Управо је у томе логика извођења борбених дејстава у ноћним условима: високообучени појединци, организовани у специјалне групе или тимове, помогнути специфичном опремом и техником, могу остварити предност у односу на непријатеља чија су опремљеност и обученост за рад у ноћним условима на нижем нивоу. Добро обученим и опремљеним специјалним снагама *ноћ је савезник*³, док је просечан појединац ноћу несигуран, уплашен, дезоријентисан, слабо мотивисан, са умањеном способношћу расуђивања и одлучивања, опажања и ангажовања. Другим речима, његова борбена ефикасност је осетно умањена.

С обзиром на то да се данас борбена дејства у ноћним условима, по правилу, поверавају посебно обученим оперативцима војних, војно-полицијских и полицијских јединица за специјалне намене, који на терену раде на нивоу групе или тима, јасно је и да су ова дејства, најчешће, мањег обима и интензитета⁴, да су веома сложена и, наравно, захтевна

² Опажање се може, релативно упрошћено, дефинисати као процес сазнавања окружења посредством чула.

³ Припадници америчких SEAL тимова инсистирају и на крилатици: *The night is your ally*.

⁴ По правилу, усмерена на конкретне циљеве (људске и материјалне) високе вредности за непријатеља (енг. *High-value Targets*).

обавештајно, контраобавештајно⁵ и тактички, те да су, самим тим, често тајна. То је најчешће случај када се изводе ван државне територије⁶ или на делу територије на којем државна власт нема ефективну контролу.

Иако је посебна обученост оперативаца на терену императив за успешност дејстава ове врсте, не сме се умањити ни значај специјалистичке опреме која се користи при раду у ноћним условима.

Опрема

Циљ употребе софистициране специјалистичке опреме при извођењу борбених дејстава у ноћним условима јесте да увећа радне капацитете, тј. борбену ефикасност специјалаца (посебно да појача визуелно опажање окружења, помогне кретање и оријентисање у простору, тihu међусобну вербалну, као и невербалну комуникацију и сл.), као и да максимално прикрије присуство специјалних снага, првенствено кроз умањивање тзв. визуелног отиска, или потписа (енг. *visual footprint/signature reduction*). Како би то било могуће, опрема ове врсте снабдевена је режимима рада у инфрацрвеној (ИЦ) радијацији, тј. светлу (енг. *infrared*).



Биноклар „DTNVG-14“, произвођача „АСТ“ из Луксембурга. Фото: Милош Јевтић

При раду у ноћним условима најважнији део опреме представља уређај за осматрање у ноћним условима (енг. *night vision goggles – NVG, night optical/observation device – NOD, night vision device – NVD*) помоћу којег се уочавају сигнали бројних других система, као што су ИЦ ласерски

⁵ У литератури домаћих аутора и правним актима Републике Србије општеприхваћени су изрази као што су *контраобавештајни рад, контраобавештајна заштита, контраобавештајна служба* и др.

⁶ Тзв. *црне операције* (енг. *black operations, black ops*), а на овом месту може се дискутовати и о тзв. државном или спонзорисаном тероризму.

обележивачи циља, лампе са ИЦ снопом светла, затим ИЦ ознаке или уређаји који обележавају носиоца постојаним или испрекиданим (строб) ИЦ светлом и др. Уређаји за ноћно осматрање новије генерације су (III, III+), по правилу, веома скупи⁷, али зато омогућавају веома добар преглед окружења у слабо осветљеном или мрачном окружењу. Квалитетан ноћни уређај мора да даје оштру слику окружења⁸, затим дубинску оштрину (енг. *depth of field*), оптималну ширину видног поља, али и да понуди прихватљиву аутономију рада. Тако врхунски произвођачи нуде и уређаје који променом режима рада дају и термовизијску слику. Ширина видног поља зависи од конструкције уређаја, односно од тога да ли се ради о монокулару, биноклару или панорамском уређају (који, у ствари, представља надограђени биноклар). Тако, примера ради, врхунски „GPNVG-18” кориснику омогућава ширину од невероватних 97°, што је истовремено и један од разлога његове високе цене, док бинокларни „DVS-8-DK3/f”, којим су опремљене елитне јединице Војске Србије, даје видно поље од 40°.



Припадници „Кобри” током припрема за гађање ноћним уређајима „DVS-8-DK3/f”.
Фото: Милош Јевтић

⁷ На пример, панорамски „GPNVG-18” кошта у просеку око 40 хиљада америчких долара по комаду.

⁸ Слика је најчешће са монохроматском палетом ограниченог броја нијанси зелене боје (зелени фосфор) или специфичне плавозелене боје (бели фосфор).

Аутономија рада батерије је веома важна, посебно у случају непрекидних вишедневних активности, или приликом рада на нижим температурама⁹. Батерија за „DVS-8-DK3/f” требало би, према тврдњи произвођача, да омогући аутономију од 60 сати на температури од 23° C¹⁰, док је аутономија „GPNVG-18” ограничена на 8 сати, при температури од 25° C¹¹.

У конфигурацији опреме за борбена дејства у ноћним условима неизоставни су и оптоелектронски уређаји различитих намена, који се монтирају на примарно и секундарно наоружање оперативаца. Поуздани нишански системи, увеличавајући и неувеличавајући, морају бити компатибилни са ноћним уређајем, што најчешће значи да се могу употребљавати и у дневним условима, али и да су опремљени режимима за рад у слабо осветљеном или мрачном окружењу. Такав је случај, на пример, са *red dot* нишаном „Aimpoint Patrol Rifle Optic – PRO”, којим располажу елитне јединице полиције Републике Србије – САЈ и специјалистичке јединице Жандармерије. Промена осветљења кончанице на свим моделима овог врхунског произвођача врши се истоветно – преко кружног регулатора осветљења, тако да првих 4 до 7 положаја прекидача (зависно од модела нишана) дају ИЦ тачку, а наредни положаји црвену тачку у видљивом спектру¹². Ласерски обележивачи циља (ЛОЦ) врло су корисни додаци, јер стрелцу значајно олакшавају ангажовање мете, чинећи и радњу нишањења знатно бржом. Додатно, искусни оперативци могу користити ИЦ снопове и за давање различитих сигнала снагама на земљи (нпр. означавање положаја када не постоји визуелна комуникација) и у ваздуху (нпр. за означавање мете за уништавање). Данашње тржиште нуди моделе са видљивим и са невидљивим снопом, као и моделе који омогућавају видљиво и ИЦ обележавање, попут одличног „EOTech AN/PEQ-15”, или „Steiner DBAL-A3”, који обједињава видљиви зелени споп, ИЦ споп и ИЦ лампу (енг. illuminator).

Овим уређајем су, примера ради, опремљени припадници САЈ МУП-а Р. Србије. Тактичке лампе са ИЦ светлом такође су веома корисне. Употреба видљивих светлосних снопова на ласерским обележивачима или лампама треба да буде веома селективна и обазрива при раду у ноћним условима, јер одаје положај корисника, као и звук и пламен приликом коришћења ватреног оружја. Због тога се монтирају пригушивачи пуцња на

⁹ Ниже температуре скраћују аутономију рада батерије, па тако многи произвођачи у овом случају препоручују литијумске батерије, односно нуде посебно израђене торбице за ниже температуре, у које се смештају батерије током употребе уређаја. Ове торбице се, по правилу, монтирају на задњој страни шлема или кациге.

¹⁰ Dedal-NV, <https://dedalnvoptics.com/en/catalog/night-vision/night-vision-observation-devices/dvs-8-dk3-f/>, нд.

¹¹ L3Harris Technologies, <https://www.l3t.com/integratedlandsystems/assets/GPNVG.pdf>, 2019.

¹² Aimpoint, <https://www.aimpoint.com/support/handling/night-vision-compatibility/>, нд.

примарно и секундарно наоружање припадника. Не само да осетно умањују јачину звука при паљбивећ и видно „скривају” пламен на устима цеви. Додатно, једноставни су за руковање и одржавање.



*Специјалиста САЈ МУП-а Р. Србије, наоружан системом „SIG 516 CQB”.
Фото: Милош Јевтић*

Наоружање и специфични тактички додаци који се монтирају на наоружање представљају веома важне системе у опремању. Али, да би конфигурација опреме за извођење борбених дејстава у ноћним условима представљала један самодовољни „екосистем” неопходно је располагати и опремом која се користи за *међусобно распознавање* и *комуникацију*, како би оперативци истовремено били уочљиви између себе и евентуално других пријатељских снага, а маскирани и неупадљиви за непријатељеве снаге. При томе је важно испоштовати тзв. правило о редукацији визуелног отиска, али и аудитивног.

За међусобно распознавање у условима смањене видљивости, или ноћним условима, користе се различити ИЦ обележивачи. У том смислу, на шлем или кацигу могу се монтирати обележивачи са ИЦ непрекидним или „строб” светлом (најчешће се лепе на чичак-траке), попут „CORE Survival HEL-STAR 6”, треће генерације, који нуди различите боје видљивог спектра, односно ИЦ светло. Јефтинију опцију индивидуалног светлосног обележивача/маркера представља тзв. „V-Lite” обележивач, који је нижег профила од кутијастих пластичних (као што је поменути „HEL-STAR”, или „Manta Strobe”), а силиконско кућиште, у којем је смештена електроника, чини га осетно отпорнијим на механичке ударце. Квалитетни су и модели произвођача „S&S Precision”. Веома практичне су и ИЦ ознаке које се могу залепити на чичак-траке на шлему или кациги, односно на деловима тактичке униформе или носачу плоча/балистичког прслука (енг. *plate carrier/body armor*). Веома су јефтине, а њихова употреба је оправдана и приликом ношења неког од поменутих обележивача, јер, за разлику од њих, не могу да се покваре, нити су ограничене аутономијом рада батерије и сл.



Светлећи штапићи су јефтине, лако доступни и веома практични. Фото: Милош Јевтић

Светлећи пластични штапићи су лако доступни и такође веома јефтине. На тржишту се могу пронаћи модели који ломљењем унутрашње ампуле дају постојану светлост у видљивом спектру у периоду од неколико сати, а постоје и ИЦ штапићи. Једина мана им је једнократност, јер се након ломљења унутрашње ампуле не могу поново употребити. Али, с обзиром на упадљиво ниску цену по комаду, овај недостатак је занемарљив. Штапићи се могу употребити у различите сврхе: за лично светлосно обележавање, за обележавање просторија у објектима, за невербалну сигнализацију, за осветљавање мањих површина итд.

Рад у ноћним условима захтева и прилагођавање одевних предмета оперативаца. У пракси се користе и тактичке униформе, комбинезони, као и цивилна одећа. Када је реч о тактичкој одећи, ради маскрне дисциплине бирају се тамнији одевни предмети – једнобојни или у маскрној шари. Искусни оперативци *избегавају црне одевне предмете*, јер иако су за голо око теже уочљиви ноћу, употребом чак и ноћних уређаја старије генерације уочавају се веома лако. Управо зато се данас знатно чешће користе једнобојне униформе у нијансама зелене или сиве боје, док су од маскрних шара популарне „MultiCam” и „Круптек”, посебно када се претпоставља да ће се дејства одвијати у руралном окружењу.

У смањивању аудитивног отиска/потписа (енг. *audio footprint/signature*) значајну улогу имају пригушивачи пуцња, али и поуздани тактички комуникациони сетови и уређаји за радио-комуникацију. Ови системи омогућавају оперативцима да вербално комуницирају релативно тихо, а да притом остану неоткривени.



Припадник САЈ МУП-а Р. Србије, опремљен комуникационим сетом „3М Peltor ComTac XP”. Фото: Милош Јевтић

Како би комуникација била тиха, комуникациони сетови морају бити опремљени ефикасним системом за редукцију спољашње буке, са микрофонима са одличним фактором претварања¹³, али истовремено робустним. Већа аутономија рада такође је пожељна и код ових уређаја¹⁴.

На крају, треба нагласити да је специјалистичка висококвалитетна опрема корисна само уколико је њен корисник обучен и вешт да је примени. Другим речима, без високообученог корисника ова врхунска опрема је готово бескорисна. Управо зато је важно да се обучавање и опремање елитних јединица планирају и изводе синергијски, упоредо. Борбена дејства у ноћним условима захтевају и изванредну обученост, попут специфичних техника нишањења при употреби ласерских обележивача, ноћних уређаја и др., затим специфичне офанзивне и дефанзивне тактике мањих тактичких јединица, специфичне методе комуникације, оријентације, кретања и томе слично. Добро обученим оперативцима опрема ове врсте увећава оперативне капацитете, самопоуздање и мотивацију, помажући им да у сложеном окружењу остваре предност у односу на противника.

*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>

¹³ Фактор претварања, или осетљивост микрофона, означава осетљивост микрофона на звучне таласе који допру до њега.

¹⁴ Према тврдњама произвођача комуникациони сет „Sordin SUPREME Pro CC” има аутономију рада од око 600 сати са две ААА батерије, док систем „3М PELTOR ComTac XP” даје нешто краћу – око 500 сати.

Прва борбена употреба ласерског оружја¹



Оборена кинеска беспилотна летелица *Wing Loong II* у Либији

Четвртог августа 2019. године борбено возило наоружано борбеним ласерским оружјем уништило је друго борбено возило на бојишту. У стварном рату на стварном бојишту.

Турска није довољно призната међу земљама иноваторима у погледу војне опреме. Али, изгледа да ће на крају успети да изненади целу планету у овом веку. Турска је озбиљна индустријска земља, што се огледа и у њеној војној индустрији. Није тајна да Турци граде облакодере у Русији. Недавно су се појавили и гласине о њиховим плановима за градњу носача авиона сличном класи *Vikramaditye* или *Kuznetsov*, а учествовали су и у програму ловца F-35, у изради неких компонената, а планирају и пројектовање свог борбеног авиона.

Када је ласерско оружје у питању, Турска је ради постизања војне супремације у региону дуго и озбиљно инвестирала у иновативне оружне системе, укључујући оружје и нове техничке принципе. Почетком 2010. турска компанија *Savtag* приказала је експерименталне примере агрегата различитих капацитета, од 1.25 kW до 50 kW. Системи су израђени у

¹ www.armyrecognition.com, 12.08.2019.

сарадњи са државним истраживачким институтом *Tubitak*. Ове системе Турска је приказала као технолошке демонстраторе, али није крила да их планира као оружане системе.

Међутим, успели су да посматраче наведу на погрешну стазу – извештаји из турског министарства одбране и војне штампе наводили су да се турска ласерска оружја углавном развијају за морнарицу и да, углавном, прате америчка достигнућа. Нико у том тренутку није био заинтересован да даље прати ову тематику.

Године 2015. институт *Tubitak* је објавио да је експериментални ласер успешно погодио мете. Тада је постало јасно да је програм озбиљно финансиран, и да је Турска, само 2015. године, уложила у ласерско оружје 450 милиона долара. За земљу која има приступ западној технологији, и која на тај начин може знатно да уштеди за истраживање, то је била значајна сума. Јасно је да је и наредних година много новца улагано у програм развоја ласерског наоружања.

Компанија *Aselsan holding*, највећа турска војноиндустријска корпорација, преузела је, 2015. године, турски ласерски програм. Током јула 2018. компанија је издала саопштење у којем је навела да је успешно тестирала борбени ласер којим је могуће гађати мале беспилотне летелице на даљинама до 500 метара, као и уништавати експлозивне направе на даљинама до 200 метара. Компактни ласерски топ био је инсталиран на оклопном возилу *Otokar Cobra* и упарен са системом за навођење који је константно држао ласерски маркер на мети.

Ласерско оружје се не може поредити са било којом кинетичком муницијом. За разлику од, на пример, пројектила са топа 76 мм, који ствара велики ударни талас на циљу, ласерско оружје упарено са оптоелектронским системима може нанишанити једну тачку на мети, констатно је пратити ласерским снопом и „грејати“ је док није потпуно уништена, чак и када је мета покретна.

Компанија *Aselsan* је затим објавила да је постигла поуздано праћење мете и непрекидно функционисање ласера по изузетно јефтиној цени гађања, што је очигледно. Где конвенционални топ потроши пројектил који не мора ни да погоди мету, ласерски топ троши само дизел-гориво којим се погони генератор. Компанија је приказала фотографију постројења наоружаног ласером и видео-презентацију на којој се виде резултати погађања металних плоча. По овој информацији и даље није било значајнијих коментара. Турска је наставила да ради на ласерском оружју.

Рат у Либији се није одвијао како је турски председник Ердоган прижељкивао. Исламисти на које је рачунао су губили рат. Турска се нашла против либијске националне армије Калифе Хафтара који је имао подршку више земаља, почевши од Саудијске Арабије и САД, па све до Русије и Француске. Подржали су га и руски плаћеници, али и компанија *Blackwater*. Чак су и руски мигови 23 сервисирани у Русији и достављени као подршка Хафтару. Уједињени Емирати доставили су противавионске одбрамбене системе, па је уз сву ову подршку Хафтар полако почео да побеђује.


Ердоган је, поново, изабрао погрешну страну. Као и у Сирији, Египту и Либији, снаге које је Турска сматрала пријатељским и на које се ослањала почеле су да губе рат. Наставила је да подржава такозване „владине” трупе и испоручује тешко оружје, а слала је и инструкторе и саветнике овим групама. Увидевши да то није довољно, почела је да пребацује у Либију своје оружане групе које су биле употребљене у провинцији Идлиб у Сирији.

Тих дана дана, оператери кинеске беспилотне летелице *Wing Loong II* имали су за мисију осматрање и евентуалну борбену подршку. Њихов дрон, наоружан противтенковским ракетама, летео је изнад области Мисурата, осматрајући и тражећи циљеве који би могли бити уништени директним нападом. Међутим, летелица је оборена и фотографија је ускоро обишла свет.

Детаљи су ускоро били познати. Турско оружје које је оборило беспилотну летелицу монтирано је на шасију оклопног возила. На возилу је био оптоелектронски систем за вођење турске производње. Он омогућава прецизан преглед мете и држање ласерског маркера на једној тачки све док се циљ потпуно не уништи. Такође, омогућено је осветљавање и загревање циља без прекида. Снага ласерског топа је 50 kW, што је за сада најјачи борбени ласер у турским копненим снагама.

Важно је истаћи да се не ради о експерименту већ о потпуно функционалном борбеном возилу наоружаном ласерским топом које је управо тестирано у борбеним условима и то не против „комерцијалних” дрoнова са И-беја. Овакав топ могао би оборити и ненаоружан хеликоптер без проблема. Турска је у стању да произведе овакве системе у великим количинама и то одмах. Ради се о тактичком оружју којем нису потребни никакви посебни услови транспорта. Обични војници могу, без посебне обуке, управљати овим оружним системом, а цена испаљивања једног ласерског снопа једнака је потрошеном дизел-гориву генератора за време испаљивања снопа. То би за ненаоружани хеликоптер износило, можда, пар долара.

Интересантно је да су, практично, нове земље заузеле своја места поред великих сила као што су Русија и САД. Турска је врло брзо успела да направи оружни систем који се може готово одмах серијски производити. У будућем такмичењу у изради ласерског наоружања ова земља успела је већ сада да се позиционира као један од лидера.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

Нови руски летећи радар²



Авион ИИ-76МД-90

Иако су радари на ловачким авионима све моћнији, наменски авиони за ваздушно упозоравање и контролу АВАКС (early warning and control – AEW&C) и даље су обавезна и изузетно важна компонента ваздушних снага. Док САД настављају са унапређивањем свог АВАКС-а, *E-3 Sentry*, који је пројектован на платформи старог боинга 707, Русија тренутно развија авион *A-100 AEW&C* који је пројектован на основу најновије верзије војног транспортног авиона *Ilyushin Il-76*. Међутим, за разлику од америчког АВАКС-а, који има радар са пасивним електронским скенирањем (passive electronically-scanned array - PESA), руски пандан имаће радар са активним електронским скенирањем (active electronically – scanned array radar – AESA) у обртној куполи.

Међутим, да ли нови „летећи радар” *A-100* доноси знатне предности у односу на амерички авион *E-3 Sentry* и, још важније, колико је велика разлика између радара типа AESA, односно PESA?

Почевши од радара, *A-100* има неколико великих теоретских предности у односу на *E-3 Sentry*. Стандардни радар на авиону типа АВАКС има брзину ротације до шест ротација у минути (*A-50*, *E-3 Sentry*, и јапански AEW&C), док *A-100* ту брзину повећава дупло, на 12 ротација у минути. То омогућује већу брзину „освеживања” статуса праћених циљева.

² The National Interest Septembar 1, 2019

Такође, због своје конструкције, AESA радар на авиону A-100 има могућност слања више скенирајућих снопова у потрази за циљем, док амерички радар PESA на E-3 може одаслати само по један снап.

С друге стране, превише се глорификује могућност AESA радара у односу на PESA радар, а амерички авион E-3 је већ модернизован пакетом RSIP, што му увелико повећава могућност и брзину детекције. Поред тога, други авиони типа AEW&C, попут америчког E-7 Wedgetail, већ имају фиксни, неротирајући AESA радар, што би значило да је нови руски радар у суштини већ иза америчког, имајући у виду да је америчко ратно ваздухопловство укинуло програм развоја следеће генерације авиона AEW&C – E-10 који је требало да користи неку варијанту радара са E-7 Wedgetail.

Како ракете постају све брже, скоро тренутно „освежавање” фиксног радара са авиона Wedgetail постаје све важније. Приликом 6 ротација у минути може проћи и десет секунди док се циљ не појави поново на екрану радара. Хиперсонична ракета, која лети брзином од 7 маха (не рачунајући могући ефекат плазменог омотача), може прећи 24 км пре него што је радар поново ухвати. Уколико радар освежава слику са 12 ротација у минути, ово време и долет циља се скраћује на пола, што је опет много више у односу на слику добијену у реалном времену, а то омогућује радар типа AESA.

Међутим, радар типа AESA губи снагу праћења циљева уколико се тражи праћење које одступа у односу на нормални (перпендикуларни) вектор радарске површине. Иако је овакву ситуацију могуће решити одређеним режимом лета авиона типа AEW&C, радарско зрачење пуном снагом на свих 360 степени ипак није могуће.

Руски извори спекулишу о могућностима летећег радара A-100 да прати копнене и морске циљеве. Иако авиони овог типа имају такве могућности, позиција антене изнад конструкције авиона ипак није идеална за овакве мисије. Наменски авион за праћење циљева на копну, као што је амерички E-8 JSTARS, има антене позициониране испод авиона, а руски A-100 нема таквих антена.

Летелица A-100 заснована је на најновијој верзији војног транспортног авиона II-76MD-90 за који се може рећи да представља „тежу” верзију авиона II-76 с обзиром на то да је било неопходно сместити нове инструменте, радар, компјутере, као и додатну посаду. Модернизована верзија II-76MD-90 има и модернизоване моторе са смањеном потрошњом и нови „стаклени кокпит”. Што се тиче америчке верзије, и E-3 је претрпео сличне измене, иако су оне примењене на знатно старију конструкцију боинга 707. Летне карактеристике оба авиона су врло сличне, док амерички E-3 има чак већи домет у односу на руски A-100 (9250 km у односу на 8500 km, по руским изворима).

Русија тренутно има у употреби летећи радар A-50 који се модернизује на ниво A-50U. Нова платформа замениће старе авионе A-50, а служиће као допуна новим авионима A-100 који ће ући у употребу након 2020.

године. Нови авион има унапређен систем активних и пасивних противмера и радарске дефлекторе ради одвраћања непријатељевих ловаца. Како *A-50U* мора остајати у ваздушном простору и преко 24 часа, посада авиона и десет оператера имају много боље услове, укључујући и простор за одмор, као и кухињу. Авион *A-50U* је ушао у оперативну употребу 2013. године и има моћнији радар у односу на оригиналну совјетску платформу. Прати већи број мета и открива их на већим даљинама. Поред тога, остаје у ваздушном простору преко 9 сати без допуне горива, што је 15 до 20% више у односу на оригинални *A-50*. На авиону је монтиран радар *Vega Shmel II* који открива лансирање пројектила на даљинама од преко 1000 км, док је *A-50* имао домет откривања до 800 км. Нови радар прати ловце на даљинама за 33% већим од претходног. Прати до 300 циљева и обезбеђује 40 солуција за пресретање, док је претходни радар могао пратити до 200 циљева и обезбеђивао податке за пресретање за 20 ловаца.




Летећи радар A-50

Поред много снажнијег и лакшег радара, *A-50U* има већу способност откривања земаљских циљева, боље комуникационе системе и приступ сателитским линковима.

Иако ће *A-100* обезбедити руском ратном ваздухопловству модеран и ефикасан авион типа *AEW&C*, нереално је очекивати да ће он бити много бољи од својих страних конкурената. Такође, изненађује што су Руси оставили систем ротирајуће куполе, док је већина западних летелица добила статички *AESA* радар. Да ли је то традиционалистички потез или руска индустрија није успела да произведе статички *AESA* радар, сличан оном који користи авион *E-7 Wedgetail*.

Драган М. Вучковић (Dragan M. Vučković),
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

Слабости руског тенка Т-90³

Међусобно повезани конфликти широм Средњег истока довели су до страшне хуманитарне катастрофе са глобалним последицама. Једна од њих је и смањење репутације западних текова који су неоправдано сматрани за нерањиве.

Ирачки тенкови *M1 Abrams* не само да нису успели да спрече заузимање Мосула током 2014. године већ су неки били и заробљени и употребљени против бивших власника. У Јемену су побуњени Хути уништили бројне саудијске тенкове *M1 Abrams*. Турска је изгубила одређен број тенкова *M60 Patton* и модернизованих примерака, као што су *M60T Sabra*. Уништили су их Курди и борци Исламског калифата. Након тих пораза, Турска је извела своје најмодерније тенкове *Leopard 2A4*, али је Исламски калифат одмах уништио осам до десет ових тенкова у року од само неколико дана (Немци су били згрожени).

Иако су ови тенкови могли бити ефикасније опремљени, ипак нису толико биле у питању техничке карактеристике већ обука посада и логичка тактичка употреба која не подразумева акцију усамљеног тенка на отвореном путу без икакве подршке посаде. (У Сирији је снимљен видео-снимак тенка Т-72 који је дејствовао на улици, са отвореним отворима на куполи, на чистини поред неколико кућа. Из куће је изашао само један побуњеник, лагано без журбе пришао тенку и кроз отворен отвор на куполи убацио ручну бомбу. Након тога је, наравно, дошло до масовне детонације ускладиштене муниције и карактеристичног лета целе куполе у ваздух).

Није више могуће ослањати се само на „неуништив оклоп”. На крају, и најоклопљенији тенкови су најјачи на свом фронталном делу, док су бочне, горња и задња страна знатно мање оклопљене и, самим тим, осетљивије на поготке. Након неколико година борби, разне побуњеничке фракције и групе су то одлично схватиле и научиле како да казне неопрезно и тактички глупо размештене оклопне јединице, нарочито уз употребу противтенковских ракета.

Један од изузетака у односу на поменуте тенкове представља руски тенк *T-90A*. Русија их има око 550, а служе као основни борбени тенкови до почетка серијске производње тенка *T-14 Armata*. Тенк *T-90A* је пројектован деведесетих година ради искоришћавања шасије великог броја масовно произведених тенкова *T-72* и купола са квалитетнијих (али оперативно неуспешних) тенкова *T-80*. Са истим ниским профилем и трочланом посадом, тенк *T-90*, тежак педесет тона, знатно је лакши од америчког тенка *M1A2* и немачког *Leopard 2*, који имају масу од око 70 тона.

Када је Русија интервенисала у Сирији током 2015. године ради заштите режима сиријског председника Башара Ал Садата, одмах је пребацила око тридесет тенкова *T-90A* сиријској арапској армији, као и модернизоване тенкове *T-62M* и *T-72*. Сиријска војска је једва дочекала

³ The National Interest, September 4, 2019

овакво појачање, јер је до тада изгубила преко две хиљаде оклопних возила, нарочито од тренутка када су сиријски побуњеници почели да добијају и користе америчке противоклопне ракете *TOW-2A* током 2014. године. Тенкови *T-90* били су распоређени у четвртој оклопној дивизији, бригади „Пустински соколови“ и групи „Тигар“, снаге батаљона.



T-90

Током фебруара 2016. године сиријски побуњеници су снимили видео-снимак на којем се види противоклопна ракета *TOW* која лети према тенку *T-90*, близу града Алепо. Након експлозије, када се дим рашчистио, постало је јасно да је кумулативно пуњење експлозивно-реактивног оклопа *Kontakt-5* зауставило главни кумулативни млаз пре удара у главни оклоп куполе. Иако је руски тенк *T-90*, по мишљењу западних војних коментатора и даље слабији од западних тенкова, он има одређен број дефанзивних система који су, чини се, врло ефикасни против противтенковских вођених ракета, што није био случај код америчког тенка *Abrams* и немачког тенка *Leopard 2*, који су много лошије прошли у окршајима са противтенковским вођеним ракетама. Иначе, у последњих неколико деценија много више тенкова је страдало од противтенковских вођених ракета него од тенковских топова.

Чеони део куполе тенка *T-90* има два „ока“, што га разликује од обичног тенка *T-72*. Ради се о инфрацрвеним ометачима ласерских нишанских уређаја на лансерима противтенковских ракета које емитују изразито јако црвено светло приликом активирања. То су делови активног система заштите *Shtora-1* који такође испалjuje димне гранате које формирају инфрацрвени аеросолни облак. *Shtora-1* је интегрисана са

ласерским пријемницима који се налазе у кругу од 360 степени и који аутоматски активирају противмере уколико је тенк озрачен непријатељевим ласером и чак може усмерити тенковски топ у правцу ласерског снопа. Друга линија одбране тенка *T-90A* је у облику плоча експлозивно-реактивног оклопа типа *Kontakt-5*, који је пројектован да детонира кумулативни млаз ракете пре удара у главни оклопни појас и да експлозијом поремети кумулативни млаз.

Питање је колико је то у реалности изводљиво? Једном речју – не у потпуности. Посматрајући статистику погођених тенкова, коју неки аналитичари помно прате, нарочито када су у питању руски тенкови, од 30 тенкова које је Русија пребацила снагама сиријског председника, пет или шест је погођено противтенковским ракетама *TOW-2A* (неки од тих тенкова су поправљени). Још четири тенка тог типа је погођено, али није било могуће проценити штету. Поред тога, побуњеници су успели и да заробе два тенка *T-90* и да их користе у борбама, док је трећи тенк заробио ИСИС током 2017. године. Сиријска војска успела је да поврати један, док је други уништен поткалибарним пројектилом са тенка *T-72*.


Један тенк *T-90A* је погођен руском противтенковском ракетом *Konkurs*, или још моћнијом ласерски навођеном ракетом *AT-14 Kornet*. У тенку је повређен само нишанџија, али је остатак посаде морао да напусти тенк, јер је ватра почела да се шири на ускладиштену муницију. Идеја о смештају муниције усред тенка уместо у заштићени део, као код америчких тенкова, сматра се врло лошим идејним решењем.

Ипак се не може рећи да одбрамбени системи тенка *T-90* нису функционисали. Године 2016. један *T-90* погођен је прво једном, а затим другом ракетом *TOW*, али нису успеле да пробију основни оклоп. Не постоје подаци да је било који тенк *T-90* уништен ручним противтенковским оружјем. Током сукоба у Сирији испоставило се да *T-90* има много боље оптичке уређаје и систем за управљање ватром који је омогућавао да тенкови могу гађати побуњенике са великих раздаљина, па и ноћу, што је заслуга термалних уређаја француског произвођача *Catherine FC*, који су уграђивани у тенкове *T-90* током две хиљадитих година.

Иако се показао ефикаснији у односу на западне тенкове, јасно је да *T-90* не може преживети на модерном бојишту без система активне заштите у обиму који има нови руски тенк *T-14*, израелска *Меркава*. Чак су и Американци купили израелски систем активне заштите *Трофеј* који ће бити уграђивани на нове верзије тенка *M1*.

Русија планира модернизацију својих тенкова *T-90A* на верзију *T-90M* са новим системом активне заштите, сличан оном који има *Армата*. Такође, планирана је и модернизација реактивног оклопа и нови јачи топ *2A82*.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

Нова француска нуклеарна подморница⁴

Првог августа 2019. поринута је нова француска нуклеарна подморница. То је прва нуклеарна подморница израђена у Француској након више од десет година, а ради се о класи *Barracuda*, док је назив подморнице *Suffren*. Поморско тестирање предвиђено је почетком 2020. године.

Подморница *Suffren* је прва из нове серије нуклеарних подморница од којих ће француско бродоградилште *Naval Group* градити следећих пет подморница у периоду од 2025. до 2030. године. Нових шест подморница замениће нуклеарне подморнице класе *Rubis* које се сада налазе у употреби.

Доста се каснило са финализацијом радова због проблема са новим минијатуризованим нуклеарним реактором K15, који се иначе налази на већим балистичким нуклеарним подморницама класе *Triomphant*. Нови реактор заузима мање простора и пуни се тек на сваких десет година уместо на седам као што је то био случај на подморницама класе *Rubis*. Поред тога, поновно пуњење реактора биће јефтиније, јер ће се пунити нуклеарним горивом за цивилне реакторе.

Подморница је дужине 99 метара и запремине 5300 тона, што је два пута више у односу на претходну класу, али има мању посаду (60 до 63 морнара и официра). Додатни простор омогућује већи број оружних средстава – четири торпедне цеви могу се пунити са двадесет торпеда и ракета уместо са четрнаест као што је било код претходне класе. Подморница ће користити ракете типа *SM39 Exocet* и жично навођена торпеда типа *F21*.

Сваки члан посаде имаће свој лежај уместо система дељења као увећини других подморница.

Француска је, по традицији, своје нападне подморнице користила за заштиту свог носача авиона *Clemenceau*, као и заштиту својих балистичких нуклеарних подморница.

У ту сврху опремљена је новим технологијама које су развијене за класу *Triomphant*, балистичке подморнице, тако што има изузетно тихи систем млазне пропулзије уместо пропелера, што омогућује тише кретање при већим брзинама. Француски извори наводе да нова подморница производи хиљадита део буке које су имале балистичке подморнице класе *Redoutable* из шездесетих година. Поводом тога треба поменути и инцидент који се догодио 2009. године, када је француска балистичка подморница класе *Triomphant* ударила у британску балистичку подморницу, јернису чуле једна другу.

Сонарски систем подморнице наводно је десет пута осетљивији од система на претходним подморницама. Капетан подморнице *Suffren* има на располагању и оптронички перископ уместо класичног.

⁴ The National Interest, September 1, 2019

Нове подморнице класе *Barracuda* конфигуриране су за извођење нових мисија, као што су напад на копнене циљеве и употреба снага за специјалне операције.


Подморница може лансирати и нове поморске крстареће ракете типа *SCALP MdCN* из постојећих торпедних цеви, које могу гађати копнене циљеве на даљинама од преко 800 км са бојевим главама од преко 600 кг експлозива. Ова крстарећа ракета слична је америчким ракетама *Tomahawk*.

Barracuda има простор за смештај до дванаест поморских командоса и може носити мини подморнице на свом задњем делу, што омогућава извођење разних шпијунских мисија.

Аустралија је потписала уговор са Француском за пројектовање и испоруку нових дизел-електричних подморница класе *Barracuda* или *Attack*, које ће бити сличне овим нуклеарним подморницама са депласманом до 4000 тона, али без нуклеарног реактора.

Очекује се да ће подморнице класе *Barracuda* служити у француској морнарици до 2060. године.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

Дизел-електрична подморница са балистичким пројектилима⁵

Године 2010. прва кинеска, и за сада једина, подморница класе *Qing* испловила је из бродоградилшта након скоро шест година изградње. Са 6628 тона подводне запремина и дужине фудбалског терена (92 метра), ради се о највећој дизел-електричној подморници која је икада израђена.

За разлику од већине дизел-електричних подморница, *Type 032* испуштају не само крстареће ракете великог дмета већ и балистичке пројектиле са подводним лансирањем, са могућношћу слања нуклеарне бојеве главе преко океана.

Није јасно да ли се ради о подморници намењеној за тестирање ракета или о првој подморници из класе јефтених балистичких подморница или је, можда, *Type 32* ипак израђена као прва из своје класе за извоз у Пакистан?

Некада су само нуклеарне подморнице могле да плове под водом месецима, док су дизел-електричне подморнице могле да проведу под водом само неколико дана пре него што би биле приморане да изроне ради пуњења батерија.

Ова кинеска подморница има погон независан од ваздуха (*Air-Independent Propulsion (AIP) system*), што подразумева различите технологије које омогућавају моторима и генераторима да раде без или са

⁵ The National Interest 3 November 2019

врло мало кисеоника. *AIP* системи су углавном тиши од реактора на нуклеарним подморницама и могу се користити под водом и неколико недеља, али, наравно, при мањим брзинама.



Подморница класе *Qing*

Прва оперативна подморница на погон независан од ваздуха је шведска подморница *Gotland*, која је уведена у оперативну употребу 1996. године. Користећи погон типа *Stirling*, може провести под водом и до 30 дана. Ова мала и изузетно тиха подморница чак је успела да пробије америчку противподморничку одбрану и да на маневрима „потопи” амерички носач авиона, и то неколико пута.

Од тада Кина је произвела 15 подморница класе *Yuan Type 039A* (односно *Type 041*). Ради се о дизел-подморницама са погоном независним од ваздуха, типа *Stirling*. Планира се изградња још 20 подморница тог типа. Оне су наоружане орпедима, па су, као и шведске подморнице, намењене за напад на непријатељеве бродове у обалним водама.

Међутим, подморница класе *Qing* иде корак даље. На њој се, у оквиру продуженог торња, налазе два или три вертикална система за лансирање балистичких ракета типа *JL-2A Ju Lang*. Ове ракете имају домет до 7500 км и носе бојеву главу јачине једног мегатона или три до четири независно вођене бојеве главе јачине до 90 килотона.

Ракета *JL-2* први пут је тестирана 2001. године и део је основног наоружања кинеских подморница класе *Type 094 Jin*. Прва борбена патрола започета је 2015. године. Теоретски, подморница класе *Type 032* представљала би јефтинији додаток нуклеарној балистичкој подморници.

Четири до пет додатних контејнера за вертикално лансирање налази се на задњем крају подморнице и опремљени су противбродским ракетама *JL-18B Yingji* које нападају циљ суперсоничним брзинама до 2,5 маха у финалном прилажењу. Ове ракете наводно се воде путем сателита, а

домет им је чак до 450 км. Подморница класе *Type 032* може носити крстареће ракете дужег домета типа *CJ-20A* које су нешто спорије.

Поред балистичких и крстарећих ракета, подморница је наоружана са по једном торпедном цеви калибра 533 мм и једном цеви калибра 650 мм. Такође, опремљена је и простором за додатних 50 припадника специјалних јединица.


У погледу других карактеристика подморница класе *Type 032* мање је импресивна. Развија максималну брзину до 24 км на час, што је упола спорије од брзине нуклеарне подморнице типа *Virginia*. Максимална дубина зарона кој је 160 до 200 метара, док је дубина зарона модерних подморница дупло већа.

У сваком случају, с обзиром на то да је израђена само једна подморница ове класе, изгледа да се ради о тестној платформи за испробавање нових система наоружања, али и нових подводних звона за евакуацију посаде. Неки извори наводе да би класа *Type 032* могла бити употребљена и за развијање подводних беспосадних пловила.

Године 2011. појавили су се извештаји који су тврдили да би Кина могла продати до шест подморница ове класе Пакистану. Ови извештаји су изгледа ипак били преурањени, јер је тек недавно Кина потврдила да ће продати шест подморница класе *Project S-26* и *Project S-30* Пакистану по цени од 5 милијарди америчких долара. Четири подморнице од сваког типа биће изграђене у Кини и Пакистану, прве испоруке се очекују током 2020. године, док се завршетак серије планира за 2028. годину.

Међутим, није потпуно јасно о којим се тачно подморницама ради. Неки извори наводе да ће то бити деривати класе *Type 032*, али већина сматра да се ипак ради о умањеним верзијама подморнице класе ловац-убица *Yuan*. Најновији извештаји ипак спекулишу да ће подморница *S-30* бити заснована на подморници класе *Type 032*, наоружаној са четири пакистанске крстареће ракете типа *Babur* које могу носити и нуклеарне бојеве главе.

Нуклеарне подморнице задржавају предност у односу на дизел-подморнице са погоном независним од ваздуха. Оне су у могућности да патролирају од три до четири месеца, а остале важне предности су много већа подводна брзина и већа дубина зарона. С друге стране, предности класичне подморнице са погоном независним од ваздуха је много мања цена (до четвртине цене нуклеарне подморнице) и изузетно тих погон (у неким случајевим и тиши од погона подморнице на нуклеарни погон), што је шведска подморница итекако доказала.

Драган М. Вучковић (*Dragan M. Vučković*),
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs,
ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

ПОЗИВ И УПУТСТВО АУТОРИМА
ПРИГЛАШЕНИЕ И ИНСТРУКЦИЈА ДЈА 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, DOI: 10.5937/VojnotehnickiGlasnik; <https://doi.org/10.5937/VojnotehnickiGlasnik>), јесте мултидисциплинарни научни часопис Министарства одбране и Војске Србије. Часопис објављује научне и стручне чланке из области основних истраживања (математике, рачунарских наука и механике) и технолошког развоја (електронике, телекомуникација, информационог технологија, машинства, материјала и хемијских технологија), 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 2019. годину:

за област технолошки развој:

– **на листи часописа за електронику, телекомуникације и информационе технологије:**

категирија водећи научни часопис националног значаја (**M51**),

– **на листи часописа за материјале и хемијске 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 (**M53**).

Усвојене листе домаћих часописа за 2019. годину могу се видети на сајту Војнотехничког гласника, страница *Категоризација часописа* (Министарство

просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије још увек није објавило званичну категоризацију научних часописа за 2020. годину).

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), 1,5 бод (категирија М52) и 1 бод (категирија М53).

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 (Clarivate Analytics) 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 АСИСТЕНТ, 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, преко странице АСИСТЕНТ или СЦИНДЕКС, односно директно на линку aseestant.ceon.rs/index.php/vtg.

Детаљно упутство о регистрацији и пријави за сервис налази се на сајту www.vtg.mod.gov.rs, страница *Упутство за е-Ур: Електронско уређивање – АСИСТЕНТ*.

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, руском и енглеском 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 резимеа са кључним речима на енглеском и руском 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 и руски језик.

Ови наслови исписују се испред сажетка на одговарајућем језику.

Текући наслов

Текући наслов се исписује са стране сваке странице чланка ради лакше идентификације, посебно копија чланака у електронском облику. Садржи презиме и иницијал имена аутора (ако аутора има више, преостали се означавају са „et al.“ или „и др.“), наслове рада и часописа и колацију (година, волумен, свеска, почетна и завршна страница). Наслови часописа и чланка могу се дати у скраћеном облику.

Име аутора

Наводи се пуно име и презиме (свих) аутора. Веома је пожељно да се наведу и средња слова аутора. Имена и презимена домаћих аутора увек се исписују у оригиналном облику (са српским дијакритичким знаковима), независно од језика на којем је написан рад.

Назив установе аутора (афилијација)

Наводи се пун (званични) назив и седиште установе у којој је аутор запослен, а евентуално и назив установе у којој је аутор обавио истраживање. У сложеним организацијама наводи се укупна хијерархија (нпр. Универзитет одбране у Београду, Војна академија, Катедра природно-математичких наука). Бар једна организација у хијерархији мора бити правно лице. Ако аутора има више, а неки потичу из исте установе, мора се, посебним ознакама или на други начин, назначити из које од наведених установа потиче сваки од наведених аутора. Афилијација се исписује непосредно након имена аутора. Функција и звање аутора се не наводе.

Контакт подаци

Адреса или е-адреса свих аутора даје се поред имена и презимена аутора.

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 *Војнотехничком гласнику* класификују се на научне и стручне чланке.

Научни чланак је:

- оригиналан научни рад (рад у којем се износе претходно необјављени резултати сопствених истраживања научним методом);
- 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);
- кратко или претходно саопштење (оригинални научни рад пуног формата, али мањег обима или прелиминарног карактера);
- 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 чланак је:

- стручни рад (прилог у којем се нуде искуства корисна за унапређење професионалне праксе, али која нису нужно заснована на научном методу);
- информативни прилог (уводник, коментар и сл.);
- приказ (књиге, рачунарског програма, случаја, научног догађаја, и сл.).

Језик рада

Језик рада може бити српски, руски или енглески.

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 уредништава 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 или руском језику, пожељно је да се, поред сажетка на српском и руском, 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 АСИСТЕНТ у ту сврху користи специјалну алатку KWASS: аутоматско екстраховање кључних речи из дисциплинарних тезауруса/речника по избору и рутине за њихов одабир, тј. прихватање односно одбацивање од стране аутора и/или уредника.

Датум прихватања чланка

Датум када је уредништво примило чланак, датум када је уредништво коначно прихватило чланак за објављивање, као и датуми када су у међувремену достављене евентуалне исправке рукописа наводе се хронолошким редоследом, на сталном месту, по правилу на крају чланка.

Захвалница

Назив и број пројекта, односно назив програма у оквиру којег је чланак настао, као и назив институције која је финансирала пројекат или програм, наводи се у посебној напомени на сталном месту, по правилу при дну прве стране чланка.

Претходне верзије рада

Ако је чланак у претходној верзији био изложен на скупу у виду усменог саопштења (под истим или сличним насловом), податак о томе треба да буде наведен у посебној напомени, по правилу при дну прве стране чланка. Рад који је већ објављен у неком часопису не може се објавити у Војнотехничком гласнику (прештампати), ни под сличним насловом и измењеном облику.

Табеларни и графички прикази

Пожељно је да наслови свих приказа, а по могућству и текстуални садржај, буду дати двојезично, на језику рада и на енглеском језику.

Табеле се пишу на исти начин као и текст, а означавају се редним бројевима са горње стране. Фотографије и цртежи треба да буду јасни, прегледни и погодни за репродукцију. Цртеже треба радити у програму word или corel. Фотографије и цртеже треба поставити на жељено место у тексту.

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 поменутим упутством.

Систем АСИСТЕНТ 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 АСИСТЕНТ 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 и по посебном захтеву уредника)

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.

Сви радови подлежу стручној рецензији.

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

Вељка Лукића Курјака 33


11042 Београд

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

Главни и одговорни уредник

мр *Небојша* Гаћеша, дипл. инж.

nebojsa.gacesa@mod.gov.rs,

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

тел.: војни 40-260 (011/3603-260),

066/8700-123

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. Применение этого Акта способствует повышению качества отечественных журналов и их более полному вовлечению 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 стандартам Республики Сербия.

Военно-технический вестник (Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier), втг.мо.упр.срб, www.vtg.mod.gov.rs/index-ru.html, ISSN 0042-8469 – печатное издание, e-ISSN 2217-4753 – online, UDK 623+355/359, DOI: 10.5937/VojnotehnickiGlasnik; <https://doi.org/10.5937/VojnotehnickiGlasnik>, является мультидисциплинарным научным журналом Министерства обороны и Вооруженных сил Республики Сербия.. В журнале публикуются научные и профессиональные статьи, исследующие такие области как: математика, компьютерные науки и механика, а также области технологического развития: электроника, телекоммуникации, информационные технологии, машиностроение, материалы и химические технологии, в журнале также публикуется: техническая информация о современных системах вооружения и современных военных технологиях. Журнал следит за единой межвидовой технической поддержкой вооруженных сил, основанной на принципах системной логистики, за прикладными и инновационными научными исследованиями, в том числе, в области производства вооружения и военной техники, и за прочими теоретическими и практическими достижениями, которые способствуют профессиональному росту представителей сербского, регионального и международного академического сообщества, и особенно военнослужащих Министерства Обороны и Вооруженных сил Республики Сербия.

Министерство образования, науки и технологического развития Республики Сербия, согласно решению принятому в соответствии со ст. 27 абзац 1, пункт 4 и на основании толкования ст. 25 абзац 1 пункт 5 Закона о научно-исследовательской деятельности («Службени гласник РС», № 110/05, утвердило категоризацию «Военно-технического вестника» за 2019 год:

Категории в области технологического развития:

– **Область электроники, телекоммуникаций и информационных технологий:**

ведущий научный журнал национального значения (**M51**),

– **Область материалов и химической технологии:**

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 (**M53**).

С информацией относительно категоризации за 2019 год можно ознакомиться на странице сайта «Военно-технического вестника» *Категоризация Вестника*

(Министерством просвещения, науки и технологического развития Республики Сербия пока не произведено официального ранжирования научных журналов за 2020 год).

Более подробную информацию можно найти на сайте Министерства образования, науки и технологического развития Республики Сербия.

С информацией о категоризации можно ознакомиться и на сайте КОБСОН (Консорциум библиотек Республики Сербия по вопросам объединения закупок).

Категоризация Вестника проведена согласно Положению о порядке и способе категоризации научно-исследовательских результатов, утверждённого Национальным комитетом по науке и технологиям (Службени гласник РС, № 38/2008).

В соответствии с вышеуказанным Положением и таблицей с показателями классификации и категоризации индивидуальных научно-исследовательских результатов, являющейся неотъемлемой частью Положения, научная статья, опубликованная в «Военно-техническом вестнике», оценивается следующим способом: 2 балла (категория M51), 1,5 балла (категория M52) и 1,5 балл (категория M53).

Журнал соответствует стандартам Сербского индекса научного цитирования (СЦИндекс/SCIndex) – наукометрической базы данных научных журналов Республики Сербия, а также Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Журнал постоянно подвергается мониторингу и оценивается количественными наукометрическими показателями, отражающими его научную ценность, в т.ч. опосредованно в международных индексах цитирования (Clarivate Analytics).

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, утверждёнными 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>.

Рукописи статей направляются в редакцию журнала с использованием online системы e-Ур: Электронное издательство – ASSISTANT, запущенной Центром поддержки развития образования и науки (ЦПРОН).

Регистрация в системе и оформление прав доступа выполняется по адресу <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-ru.html>, через страницу ASSISTANT или СЦИНДЕКС (aseestant.ceon.rs/index.php/vtg).

С инструкцией по регистрации и правам доступа можно ознакомиться по адресу <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-ru.html>, на странице *Инструкция по e-Ур: Электронное издательство ASSISTANT*.

Все авторы, предоставляющие свои рукописи для публикации в редакцию журнала «Военно-технический вестник» должны пройти предварительную регистрацию в реестре ORCID (Open Researcher and Contributor ID). Эта процедура осуществляется в соответствии с инструкцией, размещенной на странице сайта *Регистрация в реестре ORCID для присвоения идентификационного кода*.

«Военно-технический вестник» публикует статьи на сербском, русском или английском 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/eticheskiy-kodyeks.html>).

Статья должна содержать аннотацию с ключевыми словами, введение, основную часть, выводы, список использованной литературы и резюме с ключевыми словами на английском языке (без нумерации заголовков и подзаголовков). Объём статьи не должен превышать один авторский лист (16 страниц формата А4 с пробелом Single).

Статья должна быть набрана на компьютере с использованием специально подготовленного редакцией макета, который можно скачать на странице сайта *Правила и образец составления статьи*.

Заголовок

Заголовок должен отражать тему статьи. В интересах журнала и автора необходимо использовать слова и словосочетания, удобные для индексации и поиска. Если такие слова не содержатся в заголовке, то желательно их добавить в подзаголовок. Заголовок должен быть переведён на английский язык. Название заголовка (подзаголовка) пишется перед аннотацией на соответствующем языке.

Текущий заголовок

Текущий заголовок пишется в титуле каждой страницы статьи с целью упрощения процесса идентификации, в первую очередь копий статей в электронном виде. Заголовок содержит в себе фамилию и инициал имени автора (в случае если авторов несколько, остальные обозначаются с «et al.» или «и др.»), название работы и журнала (год, том, выпуск, начальная и заключительная страница). Заголовок статьи и название журнала могут быть приведены в сокращённом виде.

ФИО автора

Приводятся полная фамилия и полное имя (всех) авторов. Желательно, чтобы были указаны инициалы отчеств авторов. Фамилия и имя авторов из Республики Сербия всегда пишутся в оригинальном виде (с сербскими диакритическими знаками), независимо от языка, на котором написана работа.

Наименование учреждения автора (аффилиация)

Приводится полное (официальное) наименование и местонахождение учреждения, в котором работает автор, а также наименование учреждения, в котором автор провёл исследование. В случае организаций со сложной структурой приводится их иерархическая соподчинённость (напр. Военная академия, кафедра военных электронных систем, г. Белград). По крайней мере, одна из организаций в иерархии должна иметь статус юридического лица. В случае если указано несколько авторов, и если некоторые из них работают в одном учреждении, нужно отдельными обозначениями или каким-либо другим способом указать в каком из приведённых учреждений работает каждый из авторов. Аффилиация пишется непосредственно после ФИО автора. Должность и специальность по диплому не указываются.

Контактные данные

Электронный адрес автора указываются рядом с его именем 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 журнале распределяются по следующим категориям:

Научные статьи:

- оригинальная научная статья (работа, в которой приводятся ранее неопубликованные результаты собственных исследований, полученных научным методом);
- обзорная статья (работа, содержащая оригинальный, детальный и критический обзор исследуемой проблемы или области, в который автор внёс определённый вклад, видимый на основе автоцитат);
- краткое сообщение (оригинальная научная работа полного формата, но меньшего объёма или имеющая предварительный характер);
- научная критическая статья (дискуссия-полемика на определённую научную тему, основанная исключительно на научной аргументации) и научный комментарий.

Однако, в некоторых областях знаний научная работа в журнале может иметь форму монографического исследования, а также критического обсуждения научного материала (историко-архивного, лексикографического, библиографического, обзора данных и т.п.) – до сих 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 номера.

Профессиональные статьи:

- профессиональная работа (приложения, в которых предлагаются опыты, полезные для совершенствования профессиональной практики, но которые не должны в обязательном порядке быть обоснованы на научном методе);
- информативное приложение (передовая статья, комментарий и т.п.);
- обзор (книги, компьютерной программы, случая, научного события и т.п.).

Язык работы

Работа может быть написана на сербском, русском или английском языке.

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, проставляемыми с правой стороны в круглых скобках.

Аннотация (абстракт) и резюме

Аннотация (абстракт) является кратким информативным обзором содержания статьи, обеспечивающим читателю быстроту и точность оценки её релевантности. В интересах редакции и авторов, чтобы аннотация содержала термины, часто используемые для индексирования и поиска статьей. Составными частями аннотации являются цель исследования, методы и заключение. В аннотации должно быть от 100 до 250 слов, и она должна находиться между титулами (заголовок, ФИО авторов и др.) и ключевыми словами, за которыми следует текст статьи. Если работа написана на сербском или русском языке, желательно, чтобы кроме аннотации на сербском и русском, была бы предоставлена и аннотация в расширенном виде на английском языке – в качестве т.н. резюме (summary). Такое резюме должно 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 аннотация из начала статьи). Началом данного резюме может быть переведенная аннотация (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 оно было пропорционально их размеру и в то же время отражала суть.

Ключевые слова

Ключевыми словами являются термины или фразы, адекватно представляющие содержание статьи, необходимые для индексирования и поиска. Ключевые слова необходимо выбирать, опираясь при этом на какой-либо международный источник (регистр, словарь, тезаурус), наиболее используемый внутри данной научной области. Число ключевых слов не может превышать 10. В интересах редакции и авторов, чтобы частота их встречи в статье была как можно большей. Ключевые слова даются на языке, на котором написана статья (аннотация), и на английском языке. В статье они пишутся непосредственно после аннотации (в начале) и после резюме (в конце).

Программа ASSISTANT предоставляет возможность использования сервиса KWASS, автоматически фиксирующего ключевые слова из источников/словарей по выбору автора/редактора.

Дата получения статьи

Дата, когда редакция получила статью; дата, когда редакция окончательно приняла статью к публикации; а также дата, когда были предоставлены необходимые исправления рукописи, приводятся в хронологическом порядке, как правило, в конце статьи.

Выражение благодарности

Наименование и номер проекта, т.е. название программы благодаря которой статья возникла, совместно с наименованием учреждения, которое финансировало проект или программу, приводятся в отдельном примечании, как правило, внизу первой страницы статьи.

Предыдущие версии работы

В случае если статья в предыдущей версии была изложена устно (под одинаковым или похожим названием, например, в виде доклада на научной конференции), сведения об этом должны быть указаны в отдельном примечании, как правило, внизу первой страницы статьи. Работа, которая уже была опубликована в каком-либо из журналов, не может быть напечатана в «Военно-техническом вестнике» ни под похожим названием, ни в изменённом виде.

Нумерация и название таблиц и графиков

Желательно, чтобы нумерация и название таблиц и графиков были исполнены на двух языках (на языке оригинала и на английском). Таблицы подписываются таким же способом как и текст и обозначаются порядковым номером с верхней стороны. Фотографии и рисунки должны быть понятны, наглядны и удобны для репродукции. Рисунки необходимо 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 компьютерными программами, как: Excel, Matlab, Origin, SigmaPlot и др.

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 применяет Гарвардскую систему (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: (Petrović, 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 ASSISTANT предоставляет при цитировании возможность использования сервиса CiteMatcher, фиксирующего пропущенные цитаты в работе и в списке литературы.

Примечания (сноски)

Примечания (сноски) к тексту указываются внизу страницы, к которой они относятся. Примечания могут содержать менее важные детали, дополнительные объяснения, указания об использованных источниках (напр. научном материале, справочниках), но не могут быть заменой процедуры цитирования литературы.

Литература (референции)

Цитированной литературой охватываются, как правило, такие библиографические источники как статьи, монографии и т.п. Вся используемая литература в виде референций размещается в отдельном разделе статьи.

Названия литературных источников не переводятся на язык работы.

«Военно-технический вестник» для оформления списка использованной литературы применяет Гарвардскую систему (Harvard Style Manual). В списке литературы источники указываются в алфавитном порядке фамилий 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.


При оформлении списка литературы программа ASSISTANT предоставляет возможность использования сервиса RefFormatter, осуществляющего 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 рукописи статей подлежат профессиональному рецензированию.

Список рецензентов журнала «Военно-технический вестник» размещён на странице сайта *Список рецензентов*. Процесс рецензирования описан в разделе *Правила рецензирования*.

Почтовый адрес редакции:
«Војнотехнички гласник»
ул. Велька Лукича Куряка 33
11042 Белград, Республика Сербия
e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.

Главный и ответственный редактор
Кандидат технических наук *Небойша* Гачеша
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs
 <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>
тел: +381 11 3603 260, +381 66 8700 123

CALL FOR PAPERS AND ARTICLE FORMATTING INSTRUCTIONS

The instructions to authors about the article preparation for publication in the *Military Technical Courier* are based on the Act on scientific journal editing of the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia, No 110-00-17/2009-01 of 9th July 2009. This Act aims at improving the quality of national journals and raising the level of their compliance with the international system of scientific information exchange. It is based on international standards ISO 4, ISO 8, ISO 18, ISO 215, ISO 214, ISO 18, ISO 690, ISO 690-2, ISO 999 and ISO 5122 and their national equivalents.

The Military Technical Courier / Vojnotehnički glasnik (www.vtg.mod.gov.rs/index-e.html, vtg.mo.ynp.cpb, ISSN 0042-8469 – print issue, e-ISSN 2217-4753 – online, UDC 623+355/359, DOI: 10.5937/VojnotehnickiGlasnik; <https://doi.org/10.5937/VojnotehnickiGlasnik>) is a multidisciplinary scientific journal of the Ministry of Defence and the Serbian Armed Forces. The journal publishes scientific and professional papers covering fundamental research (mathematics, computer science and mechanics) and technological development (electronics, telecommunications, information technologies, mechanical engineering, material science and chemical technologies) 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 2019

in the field technological development:

- **on the list of periodicals for electronics, telecommunications and IT**, category: leading scientific periodical of national interest (**M51**),
- **on the list of periodicals for materials and chemical technology**, 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 (**M53**).

The approved lists of national periodicals for the year 2019 can be viewed on the website of the *Military Technical Courier*, page *Journal categorization* (The Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia has not yet published the official evaluation of scientific journals for 2020).

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), 1,5 (one and a half) point (category M52) and 1 (one) point (category M53).

The journal is in the Serbian Citation Index – SCIndex (data base of national scientific journals), in the Russian Index of Science Citation/Российский индекс научного цитирования (RINC/ПИИЛ) and is constantly monitored depending on the impact within the bases themselves and indirectly in the international (e.g. Clarivate Analytics) 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 ASSISTANT, 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 ASSISTANT or the page SCINDEKS or directly through the link (aseestant.ceon.rs/index.php/vtg).

The detailed instructions about the registration for the service are on the website <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-e.html>, on the page *Instructions for e-Ur: Electronic Editing - ASSISTANT*.

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, Russian or English, 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:

- Original scientific papers (giving the previously unpublished results of the author's own research based on scientific methods);
- Review papers (giving an original, detailed and critical view of a research problem or an area to which the author has made a contribution demonstrated by self-citation);
- Short communications or Preliminary communications (original scientific full papers but shorter or of a preliminary character);
- Scientific commentaries or discussions (discussions on a particular scientific topic, based exclusively on scientific argumentation) and opinion pieces.

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:

- Professional papers (contributions offering experience useful for improvement of professional practice but not necessarily based on scientific methods);
- Informative contributions (editorial, commentary, etc.);
- Reviews (of a book, software, case study, scientific event, etc.)

Language

The article can be in Serbian, Russian or English.

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 and Russian, articles in Serbian and Russian 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 or Russian 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 ASSISTANT 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 ASSISTANT system uses a special tool CiteMatcher 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.





















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
Veljka Lukića Kurjaka 33
11042 Belgrade, Republic of Serbia
e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.























Editor in chief
Nebojša Gaćeša MSc
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs
 <http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>
tel.: +381 11 3603 260, +381 66 8700 123
















СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА
 СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ ЖУРНАЛА «ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК»
 LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

















СПИСАК РЕЦЕНЗЕНАТА ВОЈНОТЕХНИЧКОГ ГЛАСНИКА

























Име, средње слово и презиме	Област компетенције (научног интересовања)	 ORCID iD	 Publons identifier
Марко Д. Андрејић	логистика	 https://orcid.org/0000-0002-6753-9786	 https://publons.com/a/1597995
Миленко С. Андрић	дигитална обрада сигнала, препознавање облика и класификација, сигнали и системи, стохастички процеси у телекомуникацијама и радарским системима, временско-фреквенцијска обрада сигнала, фази логички системи	 https://orcid.org/0000-0001-9038-0876	 https://publons.com/a/1615557
Милош Ж. Арсић	логистички менаџмент	 https://orcid.org/0000-0001-7853-0819	 https://publons.com/a/1604531
Саша Т. Бакрач	заштита животне средине, процена еколошких ризика, екоменаџмент	 https://orcid.org/0000-0003-0211-3765	 https://publons.com/a/1597282
Војислав Ј. Батинић	опште машинске конструкције	 https://orcid.org/0000-0001-6786-7846	 https://publons.com/a/1643029
Стеван М. Бербер	телекомуникације, бежичне комуникације, CDMA, OFDM системи, сензорске мреже, рачунарски системи у реалном времену, обрада стохастичких сигнала	 https://orcid.org/0000-0002-2432-3088	 https://publons.com/a/1610900
Драгана Бечејски-Вујаклија	пословни информациони системи, пословна интелигенција, ERP, IT менаџмент	 https://orcid.org/0000-0002-9615-3620	 https://publons.com/a/1623502
Дарко И. Божанић	вишекритеријумско одлучивање, менаџмент у одбрани	 https://orcid.org/0000-0002-9657-0889	 https://publons.com/a/1524010
Бобан П. Бонцулић	дигитална обрада слике, дигитална обрада сигнала и њене примене, сједињавање слика, процена квалитета слике и видео сигнала	 https://orcid.org/0000-0002-8850-9842	 https://publons.com/a/1603131









Име, средње слово и презиме	Област компетенције (научног интересовања)	 ORCID iD	 Publons identifier
Мирко А. Борисов	геодетско инжењерство, геоматика, географски информациони системи, дигитални модели терена, картографија, геодезија, мултимедијална картографија, веб картографија	 https://orcid.org/0000-0002-7234-6372	 https://publons.com/a/1613254
Угљеша С. Бугарић	операциона истраживања, масовно опслуживање, теротехнологија-одржавање, транспортни и складишни системи	 https://orcid.org/0000-0003-2459-2656	 https://publons.com/a/1596666
Славиша И. Влацић	ваздушни саобраћај, системска контрола; аутоматска контрола; навигација возила; морнарички борбени и навигациони системи; симулација	 https://orcid.org/0000-0001-9336-0512	 https://publons.com/a/1604062
Драгољуб А. Вујић	примењена механика, дијагностика, софистицирани системи одржавања техничких система	 https://orcid.org/0000-0001-6999-6828	 https://publons.com/a/1627346
Иван Б. Вулић	информациони системи, географски информациони системи	 https://orcid.org/0000-0002-5161-5422	 https://publons.com/a/1606268
Младен М. Вуруна	војно-хемијско инжењерство (погонска средства, токсиколошка средства, заштита од НХБ оружја, заштита животне средине)	 https://orcid.org/0000-0002-3558-4312	 https://publons.com/a/1626384
Љубомир Ј Гиговић	географија, географски информациони систем, геопросторна анализа	 https://orcid.org/0000-0002-8388-3624	 https://publons.com/a/1418283
Миро Ј. Говедарица	геоинформатика	 https://orcid.org/0000-0003-1698-0800	 https://publons.com/a/1539597

Име, средње слово и презиме	Област компетенције (научног интересовања)	 ORCID iD	 Publons identifier
Горан Д. Дикић	системи аутоматског управљања, праћење циљева, системи вођења и управљања ракета	 https://orcid.org/0000-0002-0858-1415	 https://publons.com/a/1634756
Снежана М. Драгићевић	енергетска ефикасност, машинство, соларна енергија, термоинжењеринг	 https://orcid.org/0000-0002-6244-0111	 https://publons.com/a/1604121
Чедомир В. Дубока	мотори, моторна возила	 https://orcid.org/0000-0003-2944-2278	 https://publons.com/a/1627827
Бобан Д. Ђоровић	процеси и методе у саобраћају и транспорту, транспортне мреже, организација транспорта	 https://orcid.org/0000-0001-8133-2389	 https://publons.com/a/1633020
Владо П. Ђурковић	примењена механика крутог и деформабилног тела	 https://orcid.org/0000-0002-5064-4117	 https://publons.com/a/1622194
Жељко М. Ђуровић	обрада сигнала, управљање системима, препознавање облика	 https://orcid.org/0000-0002-6076-442X	/
Бојан М. Зрнић	сензорски системи, стратегијско планирање	 https://orcid.org/0000-0002-0961-993X	/
Дамир Д. Јерковић	наоружање, нумеричка анализа, CFD симулација, спољна балистика, балистика, балистика на циљу, интеграција наоружања	 https://orcid.org/0000-0001-5182-7057	 https://publons.com/a/1500127
Вукица М. Јовановић	машинство	 https://orcid.org/0000-0002-8626-903X	 https://publons.com/a/1656683
Митар Т. Јоцановић	трибологија и теорија подмазивања, одржавање технолошких система, хидраулички системи	 https://orcid.org/0000-0003-1088-5028	 https://publons.com/a/1596778
Радован М. Каркалић	хемијске технологије (нуклеарно-хемијско-биолошка заштита, детекција, идентификација и деконтаминација)	 https://orcid.org/0000-0002-8074-7264	 https://publons.com/a/1602667





















Име, средње слово и презиме	Област компетенције (научног интересовања)	 ORCID iD	 Publons identifier
Владимир А. Катић	енергетска електроника, електричне машине, електромоторни погони, квалитет електричне енергије, обновљиви извори електричне енергије	 https://orcid.org/0000-0002-0138-8807	 https://publons.com/a/1318533
Мирко С. Козић	механика флуида, нумеричка динамика флуида, аеродинамичка оптерећења	 https://orcid.org/0000-0002-7287-0780	 https://publons.com/a/1627334
Сања Љ. Корица	физика	 https://orcid.org/0000-0002-7915-9430	 https://publons.com/a/1595795
Ана И. Костов	материјали, хемијске технологије, металургија	 https://orcid.org/0000-0000-0001-6436-9091	 https://publons.com/a/1609813
Комлен Г. Лаловић	информационе технологије, програмирање, заштита података	 https://orcid.org/0000-0000-0002-4590-2185	 https://publons.com/a/1610913
Славољуб С. Лекић	битехнологија	 https://orcid.org/0000-0002-4834-3550	 https://publons.com/a/1600615
Марија З. Малнар	електротехника – телекомуникације	 https://orcid.org/0000-0003-1416-8253	 https://publons.com/a/1605030
Василије М. Мановић	заштита животне средине, хемијско инжењерство	 https://orcid.org/0000-0002-8377-7717	/
Јаромир Марес	логистика, логистичка подршка, заштита животне средине, заштита на раду, процена ризика	 https://orcid.org/0000-0002-1337-3821	 https://publons.com/a/1658858
Бојан Ч. Милановић	микроталасна техника, антене	 https://orcid.org/0000-0003-0683-4500	 https://publons.com/a/1604390
Зоран Ђ. Миљковић	технологија машинске обраде, роботика, вештачка интелигенција, аутономни системи и машинско учење, вештачке неуронске мреже, интелигентни технолошки системи и процеси, методе одлучивања	 https://orcid.org/0000-0001-9706-6134	 https://publons.com/a/1410489





















Име, средње слово и презиме	Област компетенције (научног интересовања)	 ORCID iD	 Publons identifier
Надица С. Миљковић	биомедицинска обрада сигнала, е-здравље, електротехника, биомедицински инжењеринг, електрофизиологија	 https://orcid.org/0000-0002-3933-6076	 https://publons.com/a/1628814
Срђан Т. Митровић	мобилни роботи, управљање у реалном времену, фази логика, фази управљање, микропроцесорски системи, управљање системима (аутоматика), алгоритми навигације возила, бродски борбени и навигациони системи	 https://orcid.org/0000-0002-1287-2792	 https://publons.com/a/1467408
Дејан М. Мицковић	конструкција класичног наоружања, аутоматска оружја, унутрашња балистика	/	/
Драган Д. Младеновић	информациона безбедност, сајбер безбедност, сајбер сукоби, сајбер ратовање, информационе технологије, међународно право, нове технологије	 https://orcid.org/0000-0003-4530-633X	 https://publons.com/a/1604465
Славко Р. Муждека	моторна возила, борбена возила	 https://orcid.org/0000-0002-6189-9473	 https://publons.com/a/1599773
Бобан З. Павловић	телекомуникационе мреже, квалитет сервиса, телекомуникациони саобраћај	 https://orcid.org/0000-0002-5476-7894	 https://publons.com/a/1606407
Драган С. Памучар	саобраћајно инжењерство, операциона истраживања	 https://orcid.org/0000-0001-8522-1942	 https://publons.com/a/1239906
Сретен Р. Перић	машинство	 https://orcid.org/0000-0002-7270-5187	 https://publons.com/a/1620400





















Име, средње слово и презиме	Област компетенције (научног интересовања)	 ORCID iD	 Publons identifier
Славко Ј. Покорни	поузданост, расположивост и одржавање техничких система (хардвер, софтвер, човек); инфрацрвено зрачење; информационе и комуникационе технологије	 https://orcid.org/0000-0002-3173-597X	 https://publons.com/a/1557795
Мирослав В. Поповић	рачунарска техника	 https://orcid.org/0000-0002-1118-6491	 https://publons.com/a/1558230
Стојан Н. Раденовић	математика	 https://orcid.org/0000-0001-8254-6688	 https://publons.com/a/1596168
Југослав Р. Радуловић	муниција, менаџмент, квалитет	 https://orcid.org/0000-0002-4003-7209	 https://publons.com/a/1611389
Андреја Б. Самчовић	мултимедија, компресија сигнала и слике, безбедност информација	 https://orcid.org/0000-0001-6432-2816	 https://publons.com/a/1597639
Влада С. Соколовић	одржавање, техничка подршка, интегрисани навигацијски системи, GPS, GNSS, сателитски системи, логистика	 https://orcid.org/0000-0003-0782-0506	 https://publons.com/a/1559198
Срећко С. Стопић	хидрометалургија, нанотехнологија, хемијске синтезе, рециклирање, заштита животне средине	 https://orcid.org/0000-0002-1752-5378	 https://publons.com/a/1597645
Љубиша К. Танчић	унутрашња балистика, наоружање	 https://orcid.org/0000-0003-1242-9333	 https://publons.com/a/1623091
Иван А. Тот	базе података, информациони системи, заштита информационих система	 https://orcid.org/0000-0002-5862-9042	 https://publons.com/a/1558155
Вадим Л. Хајков	унутрашња и спољна балистика, рачунарска математика	 https://orcid.org/0000-0003-1433-3562	 https://publons.com/a/1655562
Обрад Т. Чабаркапа	индустријска својина, заштита интелектуалне и индустријске својине, патентна заштита, управљање пројектима, машинство, наоружање, пројект менаџмент	 https://orcid.org/0000-0002-3949-8227	 https://publons.com/a/1600393
























Име, средње слово и презиме	Област компетенције (научног интересовања)	 ORCID iD	 Publons identifier
Нада М. Читаковић	физика	 https://orcid.org/0000-0003-2813-2323	 https://publons.com/a/1601584
Томислав Б. Шекара	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	 https://orcid.org/0000-0001-8031-3135	 https://publons.com/a/1596795
Горан П. Шимић	информациони системи, рачунарство, програмирање, базе података, вештачка интелигенција	 https://orcid.org/0000-0002-7563-699X	 https://publons.com/a/1600386

















СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ ЖУРНАЛА «ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК»























ФИО	Области научной деятельности	 ORCID iD	 Publons identifier
Марко Д. Андреич	логистика	 https://orcid.org/0000-0002-6753-9786	 https://publons.com/a/1597995
Миленко С. Андрич	цифровая обработка сигналов, распознавание и классификация форм, сигналы и системы, случайные процессы в телекоммуникационных и радиолокационных системах, частотно-временная обработка сигналов, фазовые логические системы	 https://orcid.org/0000-0001-9038-0876	 https://publons.com/a/1615557
Милош Ж. Арсич	управление логистикой	 https://orcid.org/0000-0001-7853-0819	 https://publons.com/a/1604531
Саша Т. Бакрач	охрана окружающей среды, оценка экологических рисков, экологический менеджмент	 https://orcid.org/0000-0003-0211-3765	 https://publons.com/a/1597282
Воислав Й. Батинич	общие машиностроительные конструкции	 https://orcid.org/0000-0001-6786-7846	 https://publons.com/a/1643029
Стеван М. Бербер	телекоммуникации, беспроводные сети, CDMA, OFDM системы, сенсорные сети, вычислительные системы реального времени, обработка стохастических сигналов	 https://orcid.org/0000-0002-2432-3088	 https://publons.com/a/1610900
Драгана Бечейски-Вуяклия	бизнес-информационные системы, бизнес-аналитика, ERP, управление ИТ	 https://orcid.org/0000-0002-9615-3620	 https://publons.com/a/1623502
Дарко И. Божанич	принятие многокритериальных решений, управление в области обороны	 https://orcid.org/0000-0002-9657-0889	 https://publons.com/a/1524010
Бобан П. Бонджулич	цифровая обработка изображений, обработка цифрового сигнала и его приложения, оценка качества изображения и видео, слияние изображений	 https://orcid.org/0000-0002-8850-9842	 https://publons.com/a/1603131











ФИО	Области научной деятельности	 ORCID iD	 Publons identifier
Мирко А. Борисов	геодезическая инженерия, геоматика, геоинформационные системы, цифровые модели местности, картография, геодезия, мультимедийная картография, веб-картография	 https://orcid.org/0000-0002-7234-6372	 https://publons.com/a/1613254
Угleshа С. Бугарич	исследование операций, теория массового обслуживания, теротехнология обслуживания, транспортно-складские системы	 https://orcid.org/0000-0003-2459-2656	 https://publons.com/a/1596666
Славиша И. Влaчич	воздушное движение, управление системой; автоматическое управление; автомобильная навигация; морские боевые и навигационные системы; моделирование	 https://orcid.org/0000-0001-9336-0512	 https://publons.com/a/1604062
Драголюб А. Вуич	прикладная механика, диагностика, сложные системы технического обслуживания	 https://orcid.org/0000-0001-6999-6828	 https://publons.com/a/1627346
Иван Б. Вулич	информационные системы, географические информационные системы	 https://orcid.org/0000-0002-5161-5422	 https://publons.com/a/1606268
Младен М. Вуруна	военно-химическая инженерия (топлива, токсикология, РХБ защита, охрана окружающей среды)	 https://orcid.org/0000-0002-3558-4312	 https://publons.com/a/1626384
Любомир Й. Гигович	география, географическая информационная система, геопространственный анализ	 https://orcid.org/0000-0002-8388-3624	 https://publons.com/a/1418283
Миро Й. Говедарица	геоинформатика	 https://orcid.org/0000-0003-1698-0800	 https://publons.com/a/1539597
Бобан Д. Джорович	транспортные процессы и методы, транспортные сети, организация транспорта	 https://orcid.org/0000-0001-8133-2389	 https://publons.com/a/1633020

ФИО	Области научной деятельности	 ORCID iD	 Publons identifier
Владо П. Джуркович	прикладная механика твердых и деформируемых тел	 https://orcid.org/0000-0002-5064-4117	 https://publons.com/a/1622194
Желько М. Джурович	обработка сигналов, управление системой, распознавание формата	 https://orcid.org/0000-0002-6076-442X	/
Горан Д. Дикич	системы автоматического управления, прицеливания, системы наведения и телеуправления ракет	 https://orcid.org/0000-0002-0858-1415	 https://publons.com/a/1634756
Снежана М. Драгичевич	энергоэффективность, машиностроение, солнечная энергия, теплотехника термоинженерия	 https://orcid.org/0000-0002-6244-0111	 https://publons.com/a/1604121
Чедомир В. Дубока	двигатели, автомобили	 https://orcid.org/0000-0003-2944-2278	 https://publons.com/a/1627827
Дамир Д. Еркович	вооружение, численный анализ, CFD вычислительная гидродинамика, внешняя баллистика, баллистика, терминальная баллистика, интегрирование вооружения	 https://orcid.org/0000-0001-5182-7057	 https://publons.com/a/1500127
Боян М. Зрнич	сенсорные системы, стратегическое планирование	 https://orcid.org/0000-0002-0961-993X	/
Вукица М. Йованович	машиностроение	 https://orcid.org/0000-0002-8626-903X	 https://publons.com/a/1656683
Митар Т. Йоцанович	трибология и теория смазки, техническое обслуживание технологических систем, гидравлических систем	 https://orcid.org/0000-0003-1088-5028	 https://publons.com/a/1596778
Радован М. Каркалич	химическая технология (ядерно-химическая-биологическая защита, обнаружение, идентификация и дезактивация)	 https://orcid.org/0000-0002-8074-7264	 https://publons.com/a/1602667























ФИО	Области научной деятельности	 ORCID iD	 Publons identifier
Владимир А. Катич	силовая электроника, электрические машины, электрические приводы, качество электроэнергии, возобновляемые источники энергии	 https://orcid.org/0000-0002-0138-8807	 https://publons.com/a/1318533
Мирко С. Козич	механика жидкостей, вычислительная динамика жидкостей, аэродинамические нагрузки	 https://orcid.org/0000-0002-7287-0780	 https://publons.com/a/1627334
Саня Л. Корица	физика	 https://orcid.org/0000-0002-7915-9430	 https://publons.com/a/1595795
Ана И. Костов	материалы, химические технологии, металлургия	 https://orcid.org/0000-0000-0001-6436-9091	 https://publons.com/a/1609813
Комлен Г. Лалович	информационные технологии, программирование, защита данных	 https://orcid.org/0000-0000-0002-4590-2185	 https://publons.com/a/1610913
Славолюб С. Лекич	биотехнология	 https://orcid.org/0000-0002-4834-3550	 https://publons.com/a/1600615
Мария З. Малнар	электротехника – телекоммуникации	 https://orcid.org/0000-0003-1416-8253	 https://publons.com/a/1605030
Василие М. Манович	охрана окружающей среды, химическая инженерия	 https://orcid.org/0000-0002-8377-7717	/
Яромир Марес	логистика, логистическая поддержка, охрана окружающей среды, охрана труда, оценка рисков	 https://orcid.org/0000-0002-1337-3821	 https://publons.com/a/1658858
Боян Ч. Миланович	микроволновая техника, антенны	 https://orcid.org/0000-0003-0683-4500	 https://publons.com/a/1604390
Зоран Дж. Милькович	технология производства, процессы обработки, робототехника, искусственный интеллект, автономные системы и машинное обучение, искусственные нейронные сети, интеллектуальные производственные системы и процессы, принятие решений	 https://orcid.org/0000-0001-9706-6134	 https://publons.com/a/1410489






























ФИО	Области научной деятельности	 ORCID iD	 Publons identifier
Надица С. Милкович	обработка биомедицинских сигналов, электронное здравоохранение, электротехника, биомедицинская инженерия, электрофизиология	 https://orcid.org/0000-0002-3933-6076	 https://publons.com/a/1628814
Срджан Т. Митрович	мобильные роботы, управление в реальном времени, нечеткая логика, нечеткое управление, микропроцессорные системы, управление системами автоматики, алгоритмы навигации транспорта, навигационные системы для судов и боевого транспорта	 https://orcid.org/0000-0002-1287-2792	 https://publons.com/a/1467408
Деян М. Мицкович	конструкция классического конвенционального вооружения, автоматическое оружие, внутренняя баллистика	/	/
Драган, Д. Младенович	информационная безопасность, кибербезопасность, кибер-конфликт, кибер-война, информационные технологии, международное право, новые технологии	 https://orcid.org/0000-0003-4530-633X	 https://publons.com/a/1604465
Славко Р. Муждека	транспортные средства, боевые транспортные средства	 https://orcid.org/0000-0002-6189-9473	 https://publons.com/a/1599773
Бобан З. Павлович	телекоммуникационные сети, качество обслуживания, телекоммуникационный трафик	 https://orcid.org/0000-0002-5476-7894	 https://publons.com/a/1606407
Драган С. Памучар	транспортная инженерия, оперативные исследования	 https://orcid.org/0000-0001-8522-1942	 https://publons.com/a/1239906
Сретен Р. Перич	машиностроение	 https://orcid.org/0000-0002-7270-5187	 https://publons.com/a/1620400




























ФИО	Области научной деятельности	 ORCID iD	 Publons identifier
Славко Й. Покорни	надежность, доступность и техническое обслуживание технических систем (аппаратное обеспечение, программное обеспечение, человек); инфракрасное излучение; информационно-коммуникационные технологии	 https://orcid.org/0000-0002-3173-597X	 https://publons.com/a/1557795
Мирослав В. Попович	компьютерная инженерия	 https://orcid.org/0000-0002-1118-6491	 https://publons.com/a/1558230
Стоян Н. Раденович	математика	 https://orcid.org/0000-0001-8254-6688	 https://publons.com/a/1596168
Югослав Р. Радулович	боеприпасы, менеджмент, качество	 https://orcid.org/0000-0002-4003-7209	 https://publons.com/a/1611389
Андрея Б. Самчович	мультимедиа, сжатие сигнала и изображений, информационная безопасность	 https://orcid.org/0000-0001-6432-2816	 https://publons.com/a/1597639
Влада С. Соколович	техническое обслуживание, техническая поддержка, интегрированные навигационные системы, GPS, GNSS, спутниковые системы, логистика	 https://orcid.org/0000-0003-0782-0506	 https://publons.com/a/1559198
Сречко С. Стопич	гидрометаллургия, нанотехнологии, химический синтез, рециклирование, охрана окружающей среды	 https://orcid.org/0000-0002-1752-5378	 https://publons.com/a/1597645
Любиша К. Танчич	внутренняя баллистика, вооружение	 https://orcid.org/0000-0003-1242-9333	 https://publons.com/a/1623091
Иван А. Тот	базы данных, информационные системы, защита информационных систем	 https://orcid.org/0000-0002-5862-9042	 https://publons.com/a/1558155
Вадим Л. Хайков	внутренняя и внешняя баллистика, компьютерная математика	 https://orcid.org/0000-0003-1433-3562	 https://publons.com/a/1655562

























ФИО	Области научной деятельности	 ORCID iD	 Publons identifier
Обрад Т. Чабаркапа	промышленная собственность, защита интеллектуальной и промышленной собственности, патентная защита, управление проектами, машиностроение, вооружение, управление проектами	 https://orcid.org/0000-0002-3949-8227	 https://publons.com/a/1600393
Нада М. Читакович	физика	 https://orcid.org/0000-0003-2813-2323	 https://publons.com/a/1601584
Томислав Б. Шекара	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	 https://orcid.org/0000-0001-8031-3135	 https://publons.com/a/1596795
Горан П. Шимич	информационные системы, информатика, программирование, базы данных, искусственный интеллект	 https://orcid.org/0000-0002-7563-699X	 https://publons.com/a/1600386


























LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Name, middle initial and surname	Scientific research competence area	 ORCID iD	 Publons identifier
Marko D. Andrejić	logistics	 https://orcid.org/0000-0002-6753-9786	 https://publons.com/a/1597995
Milenko S. Andrić	digital signal processing, pattern recognition and classification, signals and systems, stochastic processes in telecommunications and radar systems, time-frequency signal processing, phase logic systems	 https://orcid.org/0000-0001-9038-0876	 https://publons.com/a/1615557
Miloš Ž. Arsić	logistics management	 https://orcid.org/0000-0001-7853-0819	 https://publons.com/a/1604531
Saša T. Bakrač	environmental protection, environmental risk assessment, eco-management	 https://orcid.org/0000-0003-0211-3765	 https://publons.com/a/1597282
Vojislav J. Batinić	general mechanical engineering constructions	 https://orcid.org/0000-0001-6786-7846	 https://publons.com/a/1643029
Dragana Bečejski-Vujaklija	business information systems, business intelligence, ERP, IT management	 https://orcid.org/0000-0002-9615-3620	 https://publons.com/a/1623502
Stevan M. Berber	telecommunications, wireless communications, CDMA, OFDM systems, sensor network, computer systems in real time, processing of stochastic signals	 https://orcid.org/0000-0002-2432-3088	 https://publons.com/a/1610900
Boban P. Bondžulić	digital image processing, digital signal processing and its applications, image and video quality assessment, image fusion	 https://orcid.org/0000-0002-8850-9842	 https://publons.com/a/1603131
Mirko A. Borisov	geodetic engineering, geomatics, geographic information systems, digital terrain models, cartography, geodesy, multimedia cartography, web mapping	 https://orcid.org/0000-0002-7234-6372	 https://publons.com/a/1613254
Darko I. Božanić	multi-criteria decision making, management in defense	 https://orcid.org/0000-0002-9657-0889	 https://publons.com/a/1524010

Name, middle initial and surname	Scientific research competence area	 ORCID iD	 Publons identifier
Uglješa S. Bugarić	operational research, mass service, terotechnology – maintenance, transportation and storage systems	 https://orcid.org/0000-0003-2459-2656	 https://publons.com/a/1596666
Obrad T. Čabarkapa	industrial property, protection of intellectual and industrial property, patent protection, project management, mechanical engineering, armaments, project management	 https://orcid.org/0000-0002-3949-8227	 https://publons.com/a/1600393
Nada M. Čitaković	physics	 https://orcid.org/0000-0003-2813-2323	 https://publons.com/a/1601584
Goran D. Dikić	automatic control systems, target tracking, missile guidance and control systems	 https://orcid.org/0000-0002-0858-1415	 https://publons.com/a/1634756
Snežana M. Dragičević	energy efficiency, mechanical engineering, solar energy, thermal engineering	 https://orcid.org/0000-0002-6244-0111	 https://publons.com/a/1604121
Čedomir V. Duboka	engines, motor vehicles	 https://orcid.org/0000-0003-2944-2278	 https://publons.com/a/1627827
Boban D. Đorović	processes and methods in traffic and transportation, transportation networks, transport organization	 https://orcid.org/0000-0001-8133-2389	 https://publons.com/a/1633020
Vlado P. Đurković	applied mechanics of rigid and deformable bodies	 https://orcid.org/0000-0002-5064-4117	 https://publons.com/a/1622194
Željko M. Đurović	signal processing, systems control, pattern recognition	 https://orcid.org/0000-0002-6076-442X	
Ljubomir J. Gigović	geography, geographic information system, geospatial analysis	 https://orcid.org/0000-0002-8388-3624	 https://publons.com/a/1418283
Miro J. Govedarica	geoinformatics	 https://orcid.org/0000-0003-1698-0800	 https://publons.com/a/1539597
Damir D. Jerković	weapons, numerical analysis, CFD simulation, external ballistics, ballistics, terminal ballistics, weapons integration	 https://orcid.org/0000-0001-5182-7057	 https://publons.com/a/1500127
Mitar T. Jovanović	tribology and theory of lubrication, maintenance of technological systems, hydraulic systems	 https://orcid.org/0000-0003-1088-5028	 https://publons.com/a/1596778
Vukica M. Jovanović	mechanical engineering	 https://orcid.org/0000-0002-8626-903X	 https://publons.com/a/1656683

Name, middle initial and surname	Scientific research competence area	 ORCID iD	 Publons identifier
Radovan M. Karkalić	chemical technology (nuclear-chemical-biological protection, detection, identification and decontamination)	 https://orcid.org/0000-0002-8074-7264	 https://publons.com/a/1602667
Vladimir A. Katić	power electronics, electric machines, electric power systems and stations, electric power quality, renewable energy sources	 https://orcid.org/0000-0002-0138-8807	 https://publons.com/a/1318533
Vadim L. Khaikov	internal and external ballistics, computer mathematics	 https://orcid.org/0000-0003-1433-3562	 https://publons.com/a/1655562
Sanja Lj. Korica	physics	 https://orcid.org/0000-0002-7915-9430	 https://publons.com/a/1595795
Ana I. Kostov	materials science, chemical technologies, metallurgy	 https://orcid.org/0000-0001-6436-9091	 https://publons.com/a/1609813
Mirko S. Kozić	mechanics of fluids, computational fluid dynamics, aerodynamic load	 https://orcid.org/0000-0002-7287-0780	 https://publons.com/a/1627334
Komlen G. Lalović	information technology, programming, data protection	 https://orcid.org/0000-0000-0002-4590-2185	 https://publons.com/a/1610913
Slavoljub S. Lekić	biotechnology	 https://orcid.org/0000-0002-4834-3550	 https://publons.com/a/1600615
Marija Z. Malnar	electrical engineering - telecommunications	 https://orcid.org/0000-0003-1416-8253	 https://publons.com/a/1605030
Vasilije M. Manović	environmental protection, chemical engineering	 https://orcid.org/0000-0002-8377-7717	/
Jaromir Mares	logistics, logistic support, environmental protection, protection at work, risk assessment	 https://orcid.org/0000-0002-1337-3821	 https://publons.com/a/1658858
Dejan M. Micković	construction of classic weapons, automatic weapons, internal ballistics	/	/
Bojan Č. Milanović	microwave engineering, antennas	 https://orcid.org/0000-0003-0683-4500	 https://publons.com/a/1604390
Nadica S. Miljković	biomedical signal processing, e-health, electrical engineering, biomedical engineering, electrophysiology	 https://orcid.org/0000-0002-3933-6076	 https://publons.com/a/1628814

Name, middle initial and surname	Scientific research competence area	 ORCID iD	 Publons identifier
Zoran Đ. Miljković	manufacturing technology, machining processes, robotics, artificial intelligence, autonomous systems and machine learning, artificial neural networks, intelligent manufacturing systems and processes, decision-making methods	 https://orcid.org/0000-0001-9706-6134	 https://publons.com/a/1410489
Srđan T. Mitrović	mobile robots, real time control, fuzzy logic, fuzzy control, microprocessing systems, system control (automation), vehicle navigation algorithms, naval combat and navigation systems	 https://orcid.org/0000-0002-1287-2792	 https://publons.com/a/1467408
Dragan D. Mladenović	information security, cyber security, cyber conflict, cyber warfare, information technology, international law, emerging technologies	 https://orcid.org/0000-0003-4530-633X	 https://publons.com/a/1604465
Slavko R. Muždeka	motor vehicles, combat vehicles	 https://orcid.org/0000-0002-6189-9473	 https://publons.com/a/1599773
Dragan S. Pamučar	traffic engineering, operational research	 https://orcid.org/0000-0001-8522-1942	 https://publons.com/a/1239906
Boban Z. Pavlović	telecommunication networks, quality of service, telecommunication traffic	 https://orcid.org/0000-0002-5476-7894	 https://publons.com/a/1606407
Sreten R. Perić	mechanical engineering	 https://orcid.org/0000-0002-7270-5187	 https://publons.com/a/1620400
Slavko, J. Pokorni	reliability, maintainability and system maintenance (hardware, software, human), infrared radiation, information and communication technologies	 https://orcid.org/0000-0002-3173-597X	 https://publons.com/a/1557795
Miroslav V. Popović	computer engineering	 https://orcid.org/0000-0002-1118-6491	 https://publons.com/a/1558230
Stojan N. Radenović	mathematics	 https://orcid.org/0000-0001-8254-6688	 https://publons.com/a/1596168
Jugoslav R. Radulović	ammunition, management, quality	 https://orcid.org/0000-0002-4003-7209	 https://publons.com/a/1611389

Name, middle initial and surname	Scientific research competence area	 ORCID iD	 Publons identifier
Andreja B. Samčović	multimedia, image and signal compression, information security	 https://orcid.org/0000-0001-6432-2816	 https://publons.com/a/1597639
Vlada S. Sokolović	maintenance, technical support, integrated navigation systems, GPS, GNSS, satellite systems, logistics	 https://orcid.org/0000-0003-0782-0506	 https://publons.com/a/1559198
Srećko S. Stopić	hydrometallurgy, nanotechnology, chemical synthesis, recycling, environmental protection	 https://orcid.org/0000-0002-1752-5378	 https://publons.com/a/1597645
Tomislav B. Šekara	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	 https://orcid.org/0000-0001-8031-3135	 https://publons.com/a/1596795
Goran P. Šimić	Inform. systems, computer science, programming, databases, artificial intelligence	 https://orcid.org/0000-0002-7563-699X	 https://publons.com/a/1600386
Ljubiša K. Tančić	internal ballistics, armaments	 https://orcid.org/0000-0003-1242-9333	 https://publons.com/a/1623091
Ivan A. Tot	databases, inform.systems, information system security	 https://orcid.org/0000-0002-5862-9042	 https://publons.com/a/1558155
Slaviša I. Vlačić	air traffic, system control, automatic control, vehicle navigation, naval combat and navigation systems, simulation	 https://orcid.org/0000-0001-9336-0512	 https://publons.com/a/1604062
Dragoljub A. Vujić	applied mechanics, diagnostics, sophisticated systems for technical system maintenance	 https://orcid.org/0000-0001-6999-6828	 https://publons.com/a/1627346
Ivan B. Vulić	information systems, geographic information systems	 https://orcid.org/0000-0002-5161-5422	 https://publons.com/a/1606268
Mladen M. Vuruna	military-chemical engineering (propulsion agents, toxicological agents, protection against NHB weapons, environmental protection)	 https://orcid.org/0000-0002-3558-4312	 https://publons.com/a/1626384
Bojan M. Zrnčić	sensor systems, strategic planning	 https://orcid.org/0000-0002-0961-993X	/

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 (ЦЕОН), Редакција користи електронски систем уређивања АСИСТЕНТ, који омогућава транспарентност и јавност рада, подразумевајући 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) као издавача националног цитатног индекса где се метаподаци опозива и опзваних радова морају означити одговарајућим упозорењима и међусобно повезати унакрсним линковима.

Обавезе рецензената

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.

Рекламирање

Није дозвољено рекламирање у *Војнотехничком гласнику*.

КОДЕКС ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЭТИКИ ЖУРНАЛА «ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК»

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, Редакционной коллегии, 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 в Вестнике 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 Редакционной коллегии «Военно-технического вестника», а 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 Редакционной коллегией или рецензентами относительно принятия решений о публикации статьи.

Редакция отбирает и оценивает материалы независимо от пола, религии, расы, национальности, политических убеждений автора.

По рекомендациям Центра поддержки развития образования и науки (ЦПРОН), редакция журнала в своей работе пользуется электронной системой редактирования ASSISTANT, обеспечивающей прозрачность и доступность информации о текущем состоянии рукописи, а также подразумевает полную ответственность за принятие решения о её публикации.

Путём использования системы iThenticate (CrossRef и CrossCheck) редакция до момента представления статьи рецензентам проверяет её содержание на плагиат. 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 отказывает автору в публикации.

Редакция журнала проводит конфиденциальное рецензирование, применяя «двойной слепой метод». Авторы статьи и рецензенты не знают 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 принятую 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 рисунки (графики, иллюстрации) и таблицы,
- крупные технические ошибки в оформлении текста, на-пример, пропуск частей текста.

Стандарты регламентирующие процедуру снятия опубликованной работы с публикации, которые применяет «Военно-технический вестник» предписаны Национальной библиотекой Сербии (НБС) и другими научными учреждениями. За статьей (определённой к снятию) в электронном формате закрепляют HTML ссылку с уведомлением о её 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 ЦПРОН – Сербского индекса научного цитирования (СЦИндекс/SCIndex) (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

Рецензенты должны профессионально и объективно аргументировать свою позицию и в указанный срок предоставить редактору оценку научной ценности рукописи.

Рецензенты, рассматривая работы оценивают соответствие темы работы с профилем журнала, релевантность исследуемой области и примененных методов, оригинальность и научную значимость результатов, представленных в рукописи, стиль научного изложения, а также использование в тексте научного аппарата.

Профессиональный рецензент оказывает поддержку Редакции при принятии решений о публикации статьей, а также, оказывает содействие авторам в целях улучшения качества их работы. Взаимодействие рецензента с авторами осуществляется путём контактов с ними через Редакцию.

В случае если рецензент считает, что он в достаточной степени не обладает качествами, необходимыми для осуществления профессиональной рецензии работы, или не сможет её осуществить во время, то ему необходимо об этом проинформировать Редакцию.

Любая работа, представленная на рецензию, является конфиденциальным документом и её 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 будет обнаружено.

Мнение и выводы о рукописи статьи, к которым пришли рецензенты является конфиденциальной информацией и ей нельзя воспользоваться для личных потребностей. Рецензентам рекомендуется не рецензировать работы, которые могут вызвать коллизию интересов (конкуренция, совместная работа, или иные другие 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 Редакцию первичными, необработанными данными, относящимися к работе, и представить их на рассмотрение Редакции, и обеспечить к ним доступ всем заинтересованным лицам, если это является возможным. Также, авторы должны после публикации статьи хранить в разумные сроки полученные результаты.

Авторы должны в своих работах заниматься полностью оригинальными вопросами. В случае если они в своей работе использовали данные или факты других авторов, то об этом необходимо указать в работе.

Также, авторы должны свои работы публиковать только в одном научном журнале, или размещать публикации на сайте с прямыми ссылками. Публикация одной и той же работы в нескольких научных журналах считается неэтичным поведением и является недопустимой.

Авторы работ обязаны указать в своих работах все материалы, которыми они воспользовались при исследовании, в том числе все публикации, которые повлияли на результаты их исследований.

Авторство должно быть ограничено только теми лицами, которые в значительной степени участвовали в процессе исследования и получения результатов работы. Имена, отчества, фамилии всех лиц, участвующих в значительной степени в процессе исследования и получения результатов работы, должны быть указаны в работе в качестве соавторов, и их необходимо поблагодарить за содействие.

Автор должен обеспечить условия, чтобы имена, отчества, фамилии всех соавторов, действительно участвующих в процессе исследования и содействующих получению результатов, были указаны в работе. Также, обязанностью автора является предоставление окончательной версии работы соавторам на согласование.

В случае появления в процессе исследования необходимости контакта с опасными веществами, т.е. веществами, обладающими потенциальной опасностью в отношении человека, животных и окружающей среды, то автор об этом должен четко указать в работе.

Каждый автор обязан в работе указать на все виды потенциальных финансовых или других конфликтов интересов, которые могли бы повлиять на результаты исследования или их интерпретацию. Все источники финансовой поддержки должны быть указаны в работе.

В случае обнаружения автором в работе существенные ошибки или какие-либо неточности, он обязан об этом незамедлительно сообщить Редакции журнала или издателю, также оказать содействие в их исправлении.

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.

Реклама

Реклама в журнале *«Военно-технический вестник»* не допускается.

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 ASSISTANT 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) 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.

Advertising

Advertising in the *Military Technical Courier* is not permitted.

Ликовно-графички уредник
мр *Небојша* Кујунџић,
е-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Техничко уређење
мр *Небојша* Гаћеша, е-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs,
<http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

Лектор
Добрила Милетић, професор,
е-mail: miletic.dobрила@gmail.com

Превод на енглески
Јасна Вишњић, професор,
е-mail: jasnavisnjic@yahoo.com, <http://orcid.org/0000-0003-1728-4743>

Превод на руски
др Карина Авајан,
е-mail: karinka2576@mail.ru

Превод на немачки
Гордана Богдановић
е-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

Превод на француски
Драган Вучковић,
е-mail: draganvuckovic64@gmail.com, <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: 600,00 динара,
Тираж: 100 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
Магистр дизайна, *Небойша* Куюнджич,
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Технический редактор
Кандидат технических наук *Небойша* Гачеша, e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs,
<http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

Корректор
Добрила Милетич,
e-mail: miletic.dobрила@gmail.com

Перевод на английский язык
Ясна Вишнич,
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com, <http://orcid.org/0000-0003-1728-4743>

Перевод на русский язык
Д.филол.н. *Карина* Кареновна Авагян,
e-mail: karinka2576@mail.ru

Перевод на немецкий язык
Гордана Богданович,
e-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

Перевод на французский язык
Драган Вучкович,
e-mail: draganvuckovic64@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-1620-5601>

CIP – Каталогизация в публикации: Национальная библиотека Сербии, г. 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 / главный редактор
Небойша Гачеша. – Первый выпуск (1953) –
г. Белград (ул. Браче Юговича, д. 19): Министерство
обороны Республики Сербия, 1953- (Белград:
Военная типография). - 24 см
Размещено на сайте:
<http://www.vtg.mod.gov.rs>
Ежеквартально - Издание в электронном виде:
Военно-технический вестник (Online) = ISSN2217-4753
ISSN 0042-8469 = Военно-технический вестник
COBISS.SR-ID 4423938

Цена: 600,00 динаров
Тираж: 100 экземпляров

На основании решения Министерства науки и технологий Республики Сербия,
№ 413-00-1201/2001-01 от 12. 9. 2001 года, журнал «Военно-технический вестник»
объявлен изданием, имеющим особое значение для науки.

УДК: Национальная библиотека Сербии, г. Белград

Graphic design editor
Nebojša Kujundžić MA,
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Copy editing
Nebojša Gaćeša MSc, e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs,
<http://orcid.org/0000-0003-3217-6513>

Proofreader
Dobriša Miletić BA,
e-mail: miletic.dobriša@gmail.com

English translation and polishing
Jasna Višnjic BA,
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com, <http://orcid.org/0000-0003-1728-4743>

Russian translation and polishing
Karina Avagyan PhD,
e-mail: karinka2576@mail.ru

German translation and polishing
Gordana Bogdanović,
e-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

French translation and polishing
Dragan Vučković,
e-mail: draganvuckovic64@gmail.com, <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: 600.00 RSD
Printed in 100 copies

According to the Opinion of the Ministry of Science and Technological Development No 413-00-1201/2001-01 of 12th September 2001, the *Military Technical Courier* is a publication of special interest for science.

UDC: National Library of Serbia, Belgrade