

# ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

3(11)  
2016

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ**

ЩОКВАРТАЛЬНИК  
ВИДАЄТЬСЯ З СІЧНЯ 2014 РОКУ

Керівник проекту,  
голова редакційної ради  
**І.Б. Чепков,**  
д-р техн. наук

**Редакційна колегія:**  
*С.В. Лапицький*, д.т.н., гол. ред.  
(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)  
*М.І. Васильківський*, д.т.н., заст. гол. ред.  
(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)  
*Ю.М. Бусяк*, д.т.н. (ХКБМ)  
*А.С. Довгопалій*, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)  
*В.В. Зубарев*, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)  
*А.М. Зубков*, д.т.н. (НАСВ)  
*О.П. Коростельов*, д.т.н. (ДержККБ «Луц»)»  
*Д.Б. Кучер*, д.т.н. (АВМС)  
*Д.П. Кучеров*, д.т.н. (НАУ)  
*Б.М. Ланецький*, д.т.н. (ХНУПС)  
*М.І. Луханін*, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)  
*М.М. Мітрахович*, д.т.н.  
(ДП «Івченко-Прогрес»)  
*Б.О. Оліярник*, д.т.н. (ЛНДРТІ)  
*П.П. Чабаненко*, д.в.н.,(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)  
*С.М. Гімбер*, секр. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

**Редакційна рада:**  
*Ю.А. Гусак*, д.в.н. (ВНУ ГШ ЗСУ)  
*М.М. Шевцов* (ОЗСУ)  
*Г.В. Певцов*, д.т.н. (ХНУПС)  
*П.П. Ткачук*, д.і.т.н. (НАСВ)  
*І.В. Толок*, к.пед.н. (ДВОН МОУ)  
*В.Б. Толубко*, д.т.н. (ДУТ)  
*О.В. Харченко*, д.т.н. (ДНДІА)

Розглянуто та схвалено до друку  
науково-технічною радою  
ЦНДІ ОВТ ЗС України  
(протокол № 8 від 31.08.2016)  
Оригінальний макет виготовлено  
Видавничим домом Дмитра Бураго

**Адреса редакції:**

Україна, 03049, м. Київ,  
пр-т Повітрофлотський, 28  
Тел.: (044) 271-0966  
Факс: (044) 520-12-84  
E-mail: cndi\_ovt@mil.gov.ua

Свідчення про державну реєстрацію  
друкованого засобу масової інформації  
серія КВ №20209-10009Р від 20.08.2013

Журнал входить до переліку наукових видань  
Міністерства освіти і науки України  
(наказ №7-дск від 30.09.2014)



## У НОМЕРІ

### ВОЄННО-ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА

- Чепков І. Б., Зубарев В. В., Сверхунов О. О.* Глобальні тенденції розвитку офсетної політики при експорті/імпорті озброєнь. . . . . 3
- Борохвостов В. К., Рябець О. М., Сушак М. Б.* Питання формування ціни на продукцію військового призначення, що закуповується за імпортом. . . . . 8
- Нор П. І., Борохвостов І. В.* Методика комплексної порівняльної оцінки зразків озброєння та військової техніки. . . . . 14

### БРОНЕТАНКОВА ТЕХНІКА

- Чепков І. Б., Бугера М. Г.* Методика построения конструктивной функциональной структуры защитных устройств динамического типа. . . 19
- Александрова Т. Е.* Метод главной координаты в теории стабилизируемых систем. . . . . 26
- Сівак В. А.* Альтернативний підхід до оцінки живучості зразків транспортних засобів та бойових броньованих машин. . . . . 30

### ЗЕНІТНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ

- Ланецький Б. М., Коваль І. В., Лук'янчук В. В.* Методичні рекомендації з контролю працездатного стану електричних відривних роз'ємів зенітних керованих ракет. . . . . 35

### ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКІ СИЛИ

- Дерена А. В.* Гидроакустические помехи и их влияние на структуру построения системы «гидроакустическая станция – надводный корабль» (Часть II). . . . . 39

### ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

- Даник Ю. Г., Писарчук О. О., Лагодний О. В., Гайдарли Г. С.* Фасетна система класифікації інформаційних загроз визначеній цільовій аудиторії в кібернетичному просторі. . . . . 46

### ВИРОБНИЦТВО, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РЕМОНТ

- Шишанов М. О., Гуляев А. В., Канищев В. В.* Методичні основи оцінки технічного рівня виробничо-технічної бази військових ремонтних органів. . . . . 52
- Шишанов М. А., Мельник Б. А., Кобяков Л. И.* Методологические основы обоснования целесообразности повышения уровня ремонтпригодности вооружения и военной техники. . . . . 55
- Шевцов М. М., Бойко В. М., Гаврилов А. Б., Шуригин О. В.* Сучасні вимоги до програмно-апаратного комплексу з перевірки, випробувань і сертифікації апаратури споживачів глобальних навігаційних супутникових систем. . . 60
- Резюме. . . . . 66

# WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

3(11)  
2016

SCIENTIFIC JOURNAL

QUARTERLY  
PUBLISHED SINCE JANUARY 2014

## TABLE OF CONTENTS

### MILITARY TECHNICAL POLICY

- Chepkov I., Zubarev V., Sverhunov O.* Global trends of offset policy development for export/import of weapons . . . . . 3
- Borokhvostov V., Riabets O., Sushak M.* Pricing issues of imported military products . . . . . 8
- Nor P. I., Borokhvostov I. V.* Complex comparative assessment methodology of weapons and military equipment . . . . . 14

### ARMORED VEHICLES

- Chepkov I., Buhera M.* Methodology of the development of constructive functional structure of protective devices of dynamic type . . . . . 19
- Alexandrova T. E.* The method of "the main coordinate" in the theory of the stabilized system . . . . . 26
- Sivak V. A.* Infological model of information systems exploitation management of vehicles for military designation . . . . . 30

### AIR DEFENSE SYSTEMS

- Lanetskiy B., Koval I., Lukianchuk V.* Methodical recommendations for up state monitoring of an electrical sheet connectors of antiaircraft missiles. . . . . 35

### NAVY

- Derepa A.* Hydroacoustic interferences and their influence on the construction structure of the system «hydroacoustic station – surface vessel» (part II). . . . . 39

### INFORMATION SYSTEMS

- Danyk Y., Pysarchuk O., Lahodnyi O., Gaidarly G.* Faceted classification system of information threats specific target audience in cyberspace . . . . . 46

### PRODUCTION, MODERNIZATION, MAINTENANCE

- Shyshanov M., Huliaiev A., Kanishchev V.* Methodological basis of the assessment of technical level of production and technical base of military repair institutions . . . . . 52
- Shyshanov M., Melnyk B., Kobyakov L.* Methodological foundations of rationale for improving maintainability level of weapon and military equipment . . . . . 55
- Shevtsov M., Boyko V. Gavrilov A., Shurygin O.* Modern requirements for hardware and software system of verification, testing and certification of consumer equipment of global navigation satellite systems . . . . . 60

- Resume . . . . . 66

**Project Manager,  
Editorial Director**  
**Chepkov I.B.,**  
DEng

#### Editorial Board:

*Lapytskiy S.V.*, DEng, Chief Editor (CRI WME AFU)  
*Vaskivskiy M.I.*, DEng, (CRI WME AFU)  
*Busyak Yu.M.*, DEng (KMDB)  
*Dovhopolyi A.S.*, DEng (CRI WME AFU)  
*Zubariev V.V.*, DEng (CRI WME AFU)  
*Zubkov A.M.*, DEng (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)  
*Korostelyov O.P.*, DEng ("SKDB"Luch")  
*Kucher D.B.*, DEng (NNA)  
*Kucherov D.P.*, DEng (NAU)  
*Lanetskiy B.M.*, DEng (KNUAF)  
*Lukhanin M.I.*, DEng (CRI WME AFU)  
*Mitrakhovych M.M.*, DEng (SE Ivchenko-Progress)  
*Oliyarnyk B.O.*, DEng (SE LRERI)  
*Chabanenko P.P.*, DScMil, (CRI WME AFU)  
*Himber S.M.*, secretary, (CRI WME AFU)

#### Editors:

*Husak Yu.A.*, DScMil (MSD GS AFU)  
*Shevtsov M.M.* (AAFU)  
*Pyetsov H.V.*, DEng (KNUAF)  
*Tkachuk P.P.*, DSc (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)  
*Tolok I.V.*, Cand. Sc. (DMES MoD of Ukraine)  
*Tolubko V.B.*, DEng (SUT)  
*Kharchenko O.V.*, DEng (SRIA)

Reviewed and approved for publication by  
Science and Engineering Board  
(record No.8 of 31.08.2016)

Original dummy copy was made  
by Dmitry Burago Publishing House

#### Editorial address:

Ukraine, 03049, Kyiv  
28, Povitroflotky Ave  
tel.: (044) 271-0966  
fax: (044) 520-12-84  
E-mail: cndi\_ovt@mil.gov.ua

Printed Medium State Registration Certificate  
serial No. KB 20209-10009R of 20.08.2013

Journal is in the list of scientific professional  
publications of the Ministry of Education and  
Science of Ukraine  
(order No.7-FOUO of 30.09.2014)



УДК 355.02: 355.44

**І. Б. ЧЕПКОВ,***доктор технічних наук, професор,***В. В. ЗУБАРЄВ,***доктор технічних наук, професор,***О. О. СВЕРГУНОВ,***кандидат технічних наук, доцент**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

## Глобальні тенденції розвитку офсетної політики при експорті/імпорті озброєнь

*Проаналізовано зміни в офсетній політиці держав при експорті/імпорті озброєнь для розвитку воєнної промисловості та економіки, що виникли в останні роки в результаті глобальних змін у сфері військово-технічного співробітництва між державами та наявності глобальних економічних, фінансових та політичних криз.*

*Проанализированы изменения в офсетной политике государств при экспорте/импорте вооружений для развития военной промышленности и экономики, возникшие в последние годы в результате глобальных изменений в сфере военно-технического сотрудничества между государствами и наличия глобальных экономических, финансовых и политических кризисов.*

Питання офсетної політики держав в рамках військово-технічного співробітництва (ВТС) в умовах глобалізації досконально розглядалися в ряді робіт, зокрема [1, 2]. Однак останніми роками кризові явища в економіці, зменшення державних оборонних замовлень (ДОЗ) у провідних експортерів, поява нових високотехнологічних товарів військового призначення (ТВП), намагання багатьох країн-імпортерів розвивати власну воєнну промисловість суттєво змінили ринки озброєнь [3, 4]. Зниження обсягів закупівель озброєння, військової та спеціальної техніки (ОВСТ) у провідних експортерів озброєнь призвело до посилення кризових явищ у воєнній промисловості цих держав, зростання конкуренції на ринках озброєнь та змін офсетної політики держав-імпортерів ОВСТ. Це обумовлює з наукового погляду актуальність дослідження змін такої політики. У практичному аспекті актуальність досліджень офсетної політики при експорті/імпорті озброєнь обумовлена необхідністю вивчення світового досвіду для застосування його в Україні для розвитку воєнної промисловості.

**Метою** роботи є вивчення змін офсетної політики на ринках озброєнь з погляду розвитку як воєнної промисловості, так і для корегування воєнно-технічної політики та політики експорту ОВСТ в Україні.

**Особливості змін офсетної політики країн-імпортерів озброєнь.** Сукупна вартість офсетних угод за контрактами з імпорту ОВСТ, підписаних в усьому світі в 2013 р., складала близько 290 млрд. дол. США. У 2014 р. цей показник збільшився до 320 млрд. дол. США, в 2015 р. – до 380, а в 2016 р. перевищить оцінку в 430 млрд. дол. США [3].

До загальних особливостей змін в застосуванні офсетних угод в роботі [4] віднесено:

- збільшення числа країн, що застосовують офсет при закупівлях ОВСТ;

- зростання значимості офсетних програм при проведенні тендерів;

- підвищення ролі і частки проектів з прямого офсету в розроблюваних офсетних програмах;

- збільшення обсягу офсетних зобов'язань до ста та більш відсотків від вартості контракту на поставку ОВСТ;

- наполягання імпортерів у рамках непрямого офсету в першу чергу на передачу їм наукомістких технологій, розробок, ноу-хау військового, подвійного та цивільного призначення, на проведенні спільних наукових досліджень, підготовку кваліфікованих наукових кадрів;

- жорсткість штрафних санкцій за невиконання офсету та підвищення вимог до забезпечення гарантій його виконання;

- зниження розмірів мультиплікаторів (підвищувальних коефіцієнтів) при визначенні офсетної вартості проектів.

У той же час, протягом 2014–2016 рр. проявилися й такі нові тенденції:

- намагання поєднати основний контракт на імпорт ОВСТ і офсетну програму в єдиний процес.* Наприклад, у рамках офіційного візиту в РФ прем'єр-міністра Індії Н. Моді в грудні 2015 р. відбулося підписання угоди між

урядами РФ і Індії про ВТС у галузі вертольотобудування. Згідно з документом до Індії буде поставлено до 50 готових вертольотів Ка-226Т, а в Індії буде організоване виробництво на базі індійсько-російського спільного підприємства (СП) не менш ніж 200 вертольотів Ка-226Т та його модифікацій на основі технологій, переданих РФ. У цьому випадку основна програма з поставок вертольотів і офсетна програма будуть реалізовуватись разом [5]. Угода також передбачає створення центрів обслуговування вертольотів, забезпечення експлуатації, ремонту та їх технічного супроводу. З початку січня 2016 р. сторони розпочали реалізацію угоди, створення СП і підготовку контракту. Фахівцями холдингу «Вертолётъ России» проводиться оцінка виробничих потужностей індійських підприємств, узгодження техніко-організаційної та технологічної частини створення СП, обсягів передачі технологій та визначення остаточної ціни контракту з урахуванням офсетних вимог імпортера. Передбачається глибока локалізація виробництва компонентів в Індії, що повністю відповідає політичному курсу Індії «Купуй і роби в Індії» («Make in India») [5];

*намагання країн-імпортерів отримати комплексну систему озброєнь для вирішення власних задач не тільки на сьогодні, а й на перспективу.* Наприклад, у грудні 2013 р. Міністерство оборони Перу за результатами тендера, проведеного в рамках програми відновлення транспортних можливостей збройних сил країни, уклало з ВАТ «Рособоронекспорт» контракт на поставку 24 військово-транспортних вертольотів Мі-171Ш холдингу «Вертолётъ России», тренажерів, допоміжного устаткування сервісного обслуговування та ремонту вертольотів та підготовки особового складу. Загальна вартість контракту поставки вертольотів і супутніх контрактів становить 528 млн. дол. США. У січні 2016 р. контракт на постачання вертольотів був виконаний, останні три вертольоти були передані командуванню сухопутних військ Перу [6]. У рамках офсетної програми вартістю 180 млн. дол. США в Перу буде створений центр з технічного обслуговування російських вертольотів у м. Лас-Пальмас і змонтований льотний тренажер. Крім того, планується створити спільне виробництво комплектуючих. Тобто в Перу на основі офсетних програм буде створена система, що забезпечить експлуатацію вертольотів.

Відбувається також зміна вимог до офсетних програм в країнах ЄС, що активно розвивають власну воєнну промисловість. Наприклад, у Польщі у 2014 р. був прийняв новий закон про офсетні угоди, що укладаються паралельно з контрактами на імпорт ОВСТ. Новий закон скасував закон про офсетні угоди, що діяв в країні раніше [3].

Відповідно прийнятому нового закону міністерство оборони Польщі тепер зможе укладати з постачальниками ТВП тільки прямі офсетні угоди, безпосередньо пов'язані з ОВСТ основного контракту. При цьому компенсаційні угоди, що передбачають опосередковані види інвестицій у економіку Польщі, наприклад, пряме фінансування або участь у нез'язаних спільних проєктах, було заборонено [3].

За заявою міністерства оборони Польщі, новий закон приводить польські правила рішень щодо офсетних угод і купівлі озброєнь у відповідність до директиви 2009/81/ЄС Європейського Союзу. Ця директива вимагає, щоб країни – члени ЄС у рамках проведення тендерів на імпорт військової техніки висували офсетні вимоги, що безпосередньо зв'язані з предметом конкурсу [3].

Новий закон також зняв обмеження мінімального розміру офсетної угоди, який раніше становив 5 млн. євро. Завдяки цьому стане можливим реалізація невеликих компенсаційних угод під час підписання контрактів на поставку продукції або послуг невеликої вартості. У цілому, Польща розглядає нове законодавство як можливість прискорити розвиток власного оборонно-промислового комплексу та підтримати економіку [3].

Прийняття закону було важливо для Польщі, оскільки країна нині займається реалізацією програми переозброєння збройних сил. Фінансування програми протягом найближчих десяти років – до 2024 р. – складе 33,6 млрд. євро. Для проведення ряду тендерів на поставку нових ОВСТ польським військовим необхідно схвалення контрольних органів Євросоюзу.

Колишнє польське законодавство дозволяло практично будь-які види компенсаційних угод, що уклалися на додаток до основного контракту на поставку ТВП. Компенсації могли здійснюватися як за рахунок створення спільного підприємства на території Польщі, так і участі іноземних підприємств в організації не зв'язаного офсетного зобов'язання.

В Індії в 2016 р. також прийняли рішення щодо змін вимог до офсетних програм. Основним документом, що регламентує закупівлі ОВСТ, у тому числі у форматі ВТС, в державі є «Положення про оборонні закупівлі» (Defence Procurement Procedure – DPP). Починаючи з 2005 р., цей документ через 2–3 роки корегується.

У 2011 р. одне з основних нових положень DPP-2011, що стосуються офсетних угод, було розширення секторів промисловості, в яких припустима реалізація офсетних програм. Як наслідок, також був розширений перелік продукції, закупівлі якої можуть бути зараховані іноземній компанії як виконання офсетних зобов'язань. Замість переліку оборонної продукції (List of Defence Products), що був в DPP-2008, уведений перелік продукції, авторизованої для виконання офсетних зобов'язань (List of Products, Eligible for Discharge of Offset Obligations) [4]. Також важливою зміною до офсетних угод стало фіксування вартості офсетних контрактів в індійських рупіях для нівелювання коливань валютних курсів. В офсетній політиці Індії в DPP-2011 був введений механізм нагромадження офсетних зобов'язань (Banking of Offset Credits). Він дає можливість постачальникові виконати офсетні програми в обсязі, що перевищує регламентований обов'язковий рівень, і надалі зарахувати їх при виконанні офсетних зобов'язань за новими контрактами. Період використання накопичених офсетних зобов'язань позначено в межах двох фінансових років з моменту затвердження пакета цих зобов'язань. Оскільки механізм нагромадження офсетних зобов'язань погоджується з їхнім

заліком за перспективними контрактами при фактичній невизначеності їх одержання постачальником у майбутньому, закономірним є виникнення поняття перевідступлення прав на них, тобто торгівлі офсетами. Однак, за оцінками експертів, процесуальна частина механізму нагромадження офсетних зобов'язань має істотні недоборки через відсутність виразного механізму передачі/перевідступлення прав у випадку неотримання виконавцем перспективних контрактів у Індії.

Згідно з DPP-2011 у практиці ВТС з індійською стороною важливими були процедури оподатковування і митних відрахувань, оскільки продукція, що постачається країнами-експортерами в рамках офсетних угод, нерідко підпадала в одну категорію із чистим імпортом з усіма стримуючими факторами. Наприклад, для індійських компаній, що імпортують компоненти іноземного виробництва для виконання контрактів з міністерством оборони, передбачене звільнення таких поставок від сплати мит, у той час як поставки іноземних компаній, що беруть участь у реалізації офсетних програм, підпадають під обов'язкову сплату митних і компенсаційних мит як постачальники імпортової продукції. Крім того, іноземні компанії, на відміну від індійських, зобов'язані сплачувати акцизні збори (зі ставкою 14,4%) на використанні у виробництві кінцевої продукції матеріали індійського походження. Також кінцева продукція як результат виробництва, розміщеного іноземними компаніями на індійських підприємствах, обкладається податком з продажів.

Уведені в дію у 2011 р. в Індії процедури придбання ОБСТ DPP-2011 також були спрямовані на прискорення прийняття рішень щодо імпорту і спрощення укладання договорів, однак це лише підсилює корупційні схеми при формуванні угод. Наприклад, корупційний скандал навколо угоди щодо придбання VIP вертольотів італійської компанії «Агуста/Уестленд» [7].

Прийняті в 2013 р. процедури придбання ОБСТ DPP-2013 були спрямовані на ліквідацію вищезазначених недоліків DPP-2011 та передумов корупції. У 2013 р. Індія збільшила обсяги закупівлі ОБСТ, однак вона імпортувала більше 70% озброєнь [7].

У 2014–2015 рр. на політичному рівні було прийнято рішення щодо стратегії імпорту ОБСТ. Міністерство оборони Індії 21 березня 2016 р. схвалило документ «Процедури придбання продукції оборонного призначення – 2016» (DPP-2016), який опубліковано 28 березня – у день відкриття виставки «Defexpo India-2016». DPP-2016 замінив діючу DPP-2013 і набув чинності з 2 квітня 2016 р. Метою DPP-2016 є зниження залежності МО Індії від постачань імпортних ОБСТ, стимулювання створення СП на території Індії закордонними постачальниками і національними компаніями, включаючи їх дочірні підприємства [8].

У цьому випадку офсетні вимоги щодо передачі технологій вирішуються шляхом формування СП і реалізації зв'язаних проектів виробництва ОБСТ. Міністерство оборони Індії тільки формує вимоги до ОБСТ і замовляє їх необхідну кількість у СП. Воно розраховує до 2027 р. досягти 70% самостійності в забезпеченні військ ОБСТ

та збільшити число робочих місць у індійській воєнній промисловості.

**Характеристика політики провідних держав-експортерів озброєнь щодо офсетних програм.** Основною тенденцією провідних держав-експортерів озброєнь щодо офсетних програм є намагання обмежити передачу критичних технологій з виробництва озброєнь.

**США** жорстко контролюють цей процес. Вони висловлюють негативне відношення до офсетних угод, що в більшості вимагають передачі певних технологій. Наприклад, в 2015 р. США заборонили компанії «Локхід Мартін» передачу ряду технологій Південній Кореї в рамках уже узгодженої офсетної програми, зокрема технології виробництва активної фазованої антенної решітки, яку корейські компанії мали бажання отримати та використати у власному винищувачі, що розробляється корейськими компаніями спільно з компанією «Локхід Мартін». У США на державному рівні існують дуже суворі обмеження на передачу технологій іншим державам. У той же час, в умовах посилення конкуренції на ринках озброєнь США укладають офсетні угоди. Такі угоди укладаються як у рамках американських програм Foreign Military Sales (FMS), що регулюють контракти на експорт ОБТ на основі державних гарантій, так і програм Direct Commercial Sales (DCS), що регулюють контракти приватних компаній на експорт ОБТ. Ці програми практично охоплюють більшу частину експорту та є основою політики США при експорті звичайних озброєнь.

У США розроблена дуже детальна класифікація офсетних угод. Згідно із законодавством США в ході ВТС вони класифікують та використовують у контрактах офсетні угоди таким чином [1, 4]:

виробництво – організація виробництва американських ОБСТ (або запчастин для них) за ліцензією на території країни-покупця за умови, що вихідний контракт на поставку ОБСТ був укладений з мініборони США (програма FMS);

ліцензійне виробництво – організація виробництва американських ОБСТ (або запчастин для них) за ліцензією на території країни-імпортера за умови, що вихідний контракт на поставку ОБСТ був укладений з американською фірмою-виробником (програма DCS);

субпідряди – організація виробництва запчастин і комплектуючих для американських ОБСТ на території країни-імпортера без передачі повної технічної документації та відповідних прав;

інвестиції – фінансування створення (або розширення) на території країни-імпортера філії компанії-експортера, СП або ж деякого бізнесу, не пов'язаного з профілем діяльності компанії-експортера;

фінансова допомога – надання країні-імпортеру прямих або опосередкованих позик, кредитів, гарантій за кредитами, організація схем фінансування, допомога в реструктуризації державної заборгованості;

закупівлі – придбання кінцевого продукту виробництва країни-імпортера, не пов'язаного з ОБСТ, що поставляються;

передача технологій – організація науково-дослідної або конструкторської діяльності в країні-імпортері, технічна або технологічна допомога підприємствам;

організація навчання – навчання персоналу країни-імпортера для використання та обслуговування експортних товарів.

В ЄС владні структури виступають проти офсетних угод, однак прямо їх поки не забороняють. У країнах ЄС класифікують офсетні угоди на прямі (тобто ті, які прямо відносяться до імпортованої продукції) і непрямі (усі інші) офсети. У той же час, між країнами-членами ЄС створюються умови вільного переміщення без обмежень передач технологій, ноу-хау і спільного виробництва ОБСТ, що зменшує значення офсетних програм в самому ЄС.

Однак країни ЄС, імпортуючи свої ТВП за межі союзу, активно використовують офсетні програми, конкуруючи з іншими державами. Наприклад, німецька компанія «Thyssen Krupp Marine Systems» (TKMS), японська група компаній «Mitsubishi Heavy Industries/Kawasaki Heavy Industries» (МНІ/КНІ) і французька компанія DCNS, які брали участь із лютого 2015 р. у великому тендері в Австралії за назвою SEA-1000 для придбання 12 підводних човнів із заміною шести застарілих дизель-електричних підводних човнів (ДЕПЧ) класу «Collins», погодилися з умовою будівництва неатомних підводних човнів (НАПЧ) на верфі австралійської компанії «Australian Submarine Corporation» (ASC) із залученням інших австралійських компаній з передачею власних проектів, технологій будівництва та інших ноу-хау. У вимогах австралійської сторони було зазначено, що нові НАПЧ повинні мати водотоннажність 4000 т, велику дальність дії та автономність, мати на озброєнні суперважку торпеду, розроблену спільно США та Австралією, а також будуватися на австралійських верфях. В австралійському проекті основний контракт і офсетна угода будуть сполучені. Програма на будівництво нових підводних човнів для ВМС Австралії оцінюється в 38,8 млрд. дол. США [9]. У квітні 2016 р. переможцем тендера об'явлено компанію DCNS, яка запропонувала найкращі офсетні програми з передачі технологій Австралії.

Консорціум європейських компаній «Ховальдсверке-Дойче Верфт Гмбх» і «Мерінфорс інтернешнл LLP» підписав з турецьким урядом 2 липня 2009 р. контракт вартістю 2,5 млрд. євро, що передбачає поставку Туреччині технологій та комплектів для будівництва шести неатомних підводних човнів (НАПЧ) проекту «Тип-214» з повітронезалежною енергетичною установкою (ПНЕУ). Будівництво човнів буде здійснюватися під управлінням консорціуму на судноверфі «Golcuk Military Shipyard», розташованій в районі м. Ізміт (Туреччина). Частка участі в проекті турецької сторони оцінюється в 80%. Передбачається, що вартість супутньої офсетної програми складе 80% від вартості контракту. У цій програмі основний контракт та офсетна програма також об'єднані.

Спочатку планувалося, що будівництво першої НАПЧ почнеться в 2011 р., а турецьким ВМС вона буде поставлена в 2015 р.. Однак через політичні та технічні

проблеми проект суттєво відстав від спочатку погодженого графіка. Відповідно до нового графіка поставка головного підводного човна відбудеться в 2020–2021 рр.

Командування ВМС Туреччини в жовтні 2015 р. повідомило про початок будівництва головного НАПЧ «Пірірейс» («Pirireis») класу «Тип-214». Офіційна церемонія початку будівництва відбулася на воєнному суднобудівному підприємстві «Golcuk Military Shipyard» [10].

РФ та Франція також в конкурентній боротьбі широко використовують офсетні угоди.

**Характеристика можливостей України з реалізації офсетних угод при експорті/імпорті озброєнь.** Останніми роками багато країн (ОАЕ, Індія, Саудівська Аравія, КНР тощо) зацікавлені в налагодженні ВТС з Україною в галузі воєнної промисловості, зокрема в авіапромисловості, з використанням офсетних угод з передачею технологій виробництва авіатехніки. Наприклад, у березні 2015 р. Україна та ОАЕ підписали угоду про співробітництво в сфері авіабудування.

Нові вимоги країн-імпортерів озброєнь з реалізації офсетних програм відкривають можливості України щодо посилення своїх експортних можливостей. Однак це потребує нових методів ВТС України з іншими країнами, обґрунтування дольової участі українських компаній в СП на території імпортерів та визначення обсягів передачі технологій. Як правило, таке співробітництво може бути довгостроковим і на основі міждержавних угод.

Наприклад, індійська компанія «Reliance Defence» і українське ДП «Антонов» у березні 2016 р. домовилися про співробітництво у сфері виробництва військово-транспортних літаків (ВТЛ) та літаків подвійного призначення для військового і комерційного використання в Індії. Партнерство «Reliance Defence» і ДП «Антонов» передбачає розробку військового літака з нерухоливим крилом у конфігураціях для тактичних і стратегічних завдань [11]. Співробітництво компаній буде стосуватися: розробки та виробництва пасажирських регіональних літаків на 50–80 осіб у їхній базовій комплектації та всіх його варіантах, включаючи транспортний, морський патрульний і інші [11].

Нині в ВПС Індії є більше 100 Ан-32, які будуть потребувати заміни. У листопаді 2015 р. Україна згідно з контрактом закінчила модернізацію 40 ВТС Ан-32RE ВПС Індії на ДП «Завод 410 ЦА» та передала технологію модернізації таких літаків в Індію. На індійських підприємствах за цією технологією та з використанням українських комплектуючих вже модернізовано 10 літаків Ан-32RE.

Індія потребує більш 500 регіональних літаків для воєнних та цивільних цілей. Обсяг індійського ринку із закупівлі таких літаків в найближчі 15 років перевищить 5,2 млрд. дол. США [11].

У квітні 2015 р. ДП «Антонов» уклало із саудівською компанією «Taqnia Aeronautics», дочірньою організацією саудівської компанії з питань розвитку та інвестицій «Taqnia» угоду про співробітництво зі спільної розробки та організації виробництва літака Ан-132

вантажопідйомністю 9,2 тонн у Саудівській Аравії (СА) [12]. Метою угоди є реалізація ряду поставлених завдань, включаючи передачу технології авіаційного виробництва в СА, а також підготовку представників СА до роботи в сфері авіаційного виробництва, де їх будуть навчати українські фахівці в галузі авіаційної промисловості.

Відповідно до угоди компанія «Taqnia Aeronautics» і ДП «Антонов» виконують доробку існуючої моделі літака Ан-32 з метою забезпечити поліпшення характеристик літака відносно корисного навантаження, дальності польоту та інших параметрів. Нова модель літака буде мати назву Ан-132, і Саудівська Аравія також буде мати право інтелектуальної власності та конструкторську документацію на літак.

У червні 2015 р. у ході 51-го міжнародного авіакосмічного салону «Le Bourget-2015» (Париж), ДП «Антонов», саудівська «Taqnia», УкрНДІАТ, «Алтіс Холдинг» (Україна), і «Broetje-Automation» (Німеччина) підписали протокол про наміри проектування та будівництво авіаційного заводу в СА. ДП «Антонов» (Київ) у вересні 2015 р., після завершення етапу ескізного проектування літака, розпочало виготовлення першого льотного екземпляра нового багатоцільового Ан-132 у рамках укладеного навесні контракту із СА. Передача першого льотного екземпляра Ан-132 замовникові заплановано на кінець 2016 р. На замовлення саудівських партнерів багатоцільовий літак Ан-132 буде оснащений двигунами PW150A канадської «Pratt & Whitney», авіонікою й іншим устаткуванням західних компаній [13].

За попередніми оцінками, внутрішня потреба СА в багатоцільовому літаку Ан-132 і його модифікаціях оцінюється орієнтовно у 80 машин.

### Висновки

1. При здійсненні ВТС між державами укладання офсетних угод продовжує поширюватись, а вимоги до таких угод стають більш відповідальними та деталізованими.

2. Країни-імпортери озброєнь удосконалюють власну нормативно-правову базу з укладання та реалізації офсетних угод.

3. Спостерігається світова тенденція, коли основні контракти на імпорт озброєнь та офсетні угоди стають одним цілим. При цьому країни-імпортери намагаються одночасно створити спільне виробництво ОВСТ на власній території.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Офсетна політика держав в умовах глобалізації: Оцінки та прогнози [Текст] / В. М. Бегма, С. П. Мокляк, О. О. Свергунов, Ю. В. Толочний. – К. : НІСД, 2011. – 352 с.
- Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання [Текст] : моногр. Т. 2. Військово-технічне співробітництво в системі забезпечення воєнної безпеки держави / І. Б. Чепков, В. В. Зубарев, В. О. Смірнов [та ін.]. – К. : ВД Дмитра Бурого, 2015. – 404 с.
- Польша пересмотрела правила военных офсетных сделок // Lenta.ru. 09.07.2014. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lenta.ru/news/2014/07/09/offset/>.
- Антипов, В. Значимость офсета растет / Антипов В., Бобрович В., Мыскин Р. // Еженедельник ВПК. – Вып. № 8 (476) за 27 февраля 2013 года [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vpk-news.ru/articles/14635>.
- Россия и Индия начали реализовывать проект производства Ка-226Т // ЦАМТО. 28.01.2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.armstrade.org/includes/periodics/news/2016/0128/154533282/detail.shtml>.
- Сухопутные войска Перу получили все заказанные в России вертолеты Ми-171Ш-П // ЦАМТО. 26.01.2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.armstrade.org/includes/periodics/mainnews/2016/0126/100933234/detail.shtml>.
- Минобороны Индии планирует в очередной раз изменить правила закупки вооружений // ЦАМТО. 05.03.2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://armstrade.org/includes/periodics/news/2013/0305/112017378/detail.shtml>.
- Минобороны Индии одобрило новую процедуру закупок ВиВТ // ЦАМТО. 28.03.2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://armstrade.org/includes/periodics/news/2016/0328/111534169/detail.shtml>.
- Австралийский конкурс. Выявляется первый неудачник // Военный паритет. 23.01.2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://forum.militaryparitet.com/viewtopic.php?id=3900>.
- На верфи «Гельджук» началось строительство головной НАПЛ класса «Тип-214» для ВМС Турции // Новости ВПК. 22.10.2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://vpk.name/news/142776\\_na\\_verfi\\_geldzhuk\\_nachalos\\_stroitelstvo\\_golovnoi\\_napl\\_klassa\\_tip214\\_dlya\\_vms\\_turcii.html](http://vpk.name/news/142776_na_verfi_geldzhuk_nachalos_stroitelstvo_golovnoi_napl_klassa_tip214_dlya_vms_turcii.html).
- Индийская Reliance и концерн «Антонов» договорились о сотрудничестве // Новости ВПК. 01.04.2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://vpk.name/news/152612\\_indiiskaya\\_reliance\\_i\\_koncern\\_antonov\\_dogovorilis\\_o\\_sotrudnichestve.html](http://vpk.name/news/152612_indiiskaya_reliance_i_koncern_antonov_dogovorilis_o_sotrudnichestve.html).
- Украина и Саудовская Аравия начнут совместную разработку и производство Ан-132 // РБК-Украина. 13.05.2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rbc.ua/rus/news/ukraine-saudovskaya-araviya-nachnut-sovmestnuyu-1431502501.html>.
- Авиазавод «Антонов» начал производство новейшего Ан-132 // РБК-Украина. 07.09.2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rbc.ua/rus/news/aviazavod-antonov-nachal-proizvodstvo-noveyshego-1441650008.html>.

**Рецензент М. І. Луханін**, д-р техн. наук, проф.  
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)

УДК 327:355.02(477)

**В. К. БОРОХВОСТОВ,**

кандидат технічних наук;

**О. М. РЯБЕЦЬ,**

кандидат технічних наук

(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ),

**М. Б. СУШАК,**

кандидат технічних наук

(Державний науково-дослідний інститут авіації, м. Київ)

## Питання формування ціни на продукцію військового призначення, що закуповується за імпортом

*Розкриті специфіка формування ціни на продукцію військового призначення, що закуповується за імпортом, та вплив на неї багатьох додаткових складових, через які ціна збільшується майже вдвічі. Доведено, що саме це збільшення й слід урахувати під час прийняття рішення щодо закупівлі продукції військового призначення в інших країнах світу.*

*Раскрыты специфика формирования цены на продукцию военного назначения, которая закупается по импорту, и влияние на неё многих дополнительных составляющих, из-за которых цена увеличивается почти в два раза. Показано, что именно это увеличение необходимо учитывать во время принятия решения относительно закупки продукции военного назначения в других странах.*

**Основними джерелами забезпечення Збройних Сил (ЗС) України озброєнням та військовою технікою (ОВТ), запасними частинами, майном та іншими матеріально-технічними засобами (МТЗ), потрібними для їх функціонування в мирний час та у воєнний період, є такі:**

1. Надходження ОВТ та МТЗ з баз (арсеналів) зберігання (резерву).
2. Ремонт пошкоджених зразків ОВТ у військових частинах, на підприємствах оборонно-промислового комплексу (ОПК) та підприємствах національної економіки України.
3. Виробництво ОВТ та МТЗ на підприємствах ОПК України та підприємствах національної економіки України.
4. Виробництво ОВТ та МТЗ у співпраці з іноземними виробниками.
5. Закупівля ОВТ або їх складових та МТЗ за кордоном.
6. Постачання ОВТ та МТЗ з-за кордону (безкоштовне).

Реалії сучасного періоду існування України свідчать про те, що зараз відбувається згортання військово-технічного співробітництва (далі – ВТС) з країнами СНД, у першу чергу – з Росією, тоді як у той же час ВТС з країнами Заходу знаходиться лише в початковому стані. Це призвело до зменшення виробництва ОВТ та МТЗ на підприємствах національного ОПК, у тому числі за допомогою ВТС. У той же час, широке використання та вихід з ладу під час проведення антитерористичної операції (АТО) ОВТ, що знаходилися на оснащенні ЗС України та зберігалися на базах (арсеналах) зберігання (резерву), а також відсутність багатьох запасних частин для їх ремонту, призвели до виникнення проблем з технічним оснащенням ЗС України та його оновленням. У цих складних умовах, коли вітчизняний ОПК не в змозі виробляти, модернізувати та ремонтувати всю номенклатуру ОВТ, що потрібні для забезпечення ЗС України та військових формувань інших міністерств та відомств, одним з важливих джерел надходження ОВТ може стати їх закупівля за кордоном.

Ретельний аналіз показує, що використання даного джерела могло би дозволити в стислий час швидко поповнити некомплект деяких зразків ОВТ, що вкрай потрібні ЗС України та військовим формуванням інших силових відомств України. Однак при цьому виникає **низка проблемних питань**. Основними серед них є такі:

*відсутність у державі достатніх обсягів коштів на закупівлю зразків ОВТ, особливо технологічно складних та вартісних (літаків, вертольотів, кораблів тощо);*

*не всі країни світу будуть продавати Україні зразки ОВТ з погляду на нестабільну обстановку в країні або з настанням особливого періоду, щоб не сприяти подальшій ескаляції збройного конфлікту, або щоб не драгувати ймовірного агресора;*

*закордонні високотехнологічні зразки ОВТ є досить коштовними. Окрім того, як купуючи за гроші, так й отримуючи безкоштовно з-за кордону деякі зразки ОВТ, Україна буде змушена в подальшому купувати в цих країнах боєприпаси до них, запасні частини, матеріали й спеціальне обладнання для їх експлуатації і ремонту, готувати за допомогою іноземних фахівців вітчизняних спеціалістів з*



бойового застосування, експлуатації й ремонту даних зразків ОВТ, що коштує, як показує практика, доволі дорого та не сприяє розвитку вітчизняного ОПК;

*ціни на закордонні зразки ОВТ та МТЗ, що вказуються під час вирішення питання щодо можливості їх закупівлі, є тільки базовими.* Практика свідчить, що є й інші складові вартості продукції іноземного походження, які виникають під час оформлення та реалізації контракту та суттєво збільшують базову ціну за одиницю продукції, що закупляється.

Саме на останнє питання й слід звернути увагу під час прийняття рішення щодо закупівлі продукції військового призначення в інших країнах світу: розраховуючи купити на надані з державного бюджету кошти визначену кількість зразків ОВТ, орієнтуючись тільки на виставлену ймовірним продавцем їх ціну, в результаті, за рахунок інших накладних витрат, встановлених українським законодавством у фінансовій сфері, дана кількість може суттєво зменшитися.

Виходячи з цього, **метою** даної статті є показати, як, наскільки та за рахунок яких витрат формується остаточна вартість зразків ОВТ та МТЗ, що закупляються в інших країнах світу. Під час розроблення статті був використаний практичний досвід формування цін на імпорту продукцію під час укладання зовнішньоекономічних контрактів. У статті наведений конкретний приклад формування такої ціни.

**Укладання Україною зовнішньоекономічних контрактів**, у тому числі й на закупівлю продукції військового призначення, здійснюється за умовами, встановленими чинним законодавством. Одним з основних у цій сфері є Закон України «Про зовнішньоекономічну діяльність» [1]. Даним законом, зокрема, встановлюються види зовнішньоекономічної діяльності, одними з яких є імпорт товарів, капіталів та робочої сили, товарообмінні (бартерні) операції та інша діяльність, побудована на формах зустрічної торгівлі між суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності та іноземними суб'єктами господарської діяльності, операції з придбання, продажу та обміну валюти тощо. Також викладений порядок укладання та оформлення зовнішньоекономічних договорів (контрактів). При цьому підкреслюється, що «суб'єкти зовнішньоекономічної діяльності при складанні тексту зовнішньоекономічного договору (контракту) мають право використовувати відомі міжнародні звичаї, рекомендації, правила міжнародних органів та організацій, якщо це не заборонено прямо та у виключній формі цим та іншими законами України». У законі наголошується, що Україна самостійно встановлює і скасовує податки і пільги для суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності України та здійснює її митне регулювання згідно з цим законом, Митним кодексом України [2], законами України про митне регулювання, Митним тарифом України [3] та міжнародними договорами України. Й хоча в законі відзначається, що суб'єкти зовнішньоекономічної діяльності мають право самостійно визначати форму розрахунків за зовнішньоекономічними операціями з-поміж тих, що не суперечать законам України та відповідають міжнародним правилам, такі розрахунки,

зазвичай, здійснюються в іноземній валюті, як правило – у доларах США.

Окремі положення закону [1] конкретизовані в наказі Міністерства економіки та з питань економічної інтеграції України «Про затвердження Положення про форму зовнішньоекономічних договорів (контрактів)» [4]. У наказі встановлюється, що під час укладання договору (контракту) визначається ціна одиниці виміру товару та загальна вартість товарів або вартість виконаних робіт (наданих послуг), що поставляються згідно з договором (контрактом), крім випадків, коли ціна товару розраховується за формулою, та валюта контракту. При цьому підкреслюється, що якщо згідно з договором (контрактом) поставляються товари різної якості та асортименту, ціна встановлюється окремо за одиницю товару кожного сорту, марки, а окремим пунктом договору (контракту) зазначається його загальна вартість. У цьому разі цінові показники можуть бути зазначені в додатках (специфікаціях), на які робиться посилання в тексті договору (контракту). При розрахунках ціни договору (контракту) за формулою зазначається орієнтовна вартість договору (контракту) на дату його укладення. Також у договорі (контракті) мають встановлюватися умови платежів, у тому числі визначається валюта платежу, спосіб, порядок та строки фінансових розрахунків та гарантії виконання сторонами взаємних платіжних зобов'язань. Зокрема, залежно від обраних сторонами умов платежу, в тексті договору (контракту) зазначаються:

умови банківського переказу до (авансового платежу) та/або після відвантаження товару, або умови документарного акредитива, або інкасо (з гарантією), визначені відповідно до постанови Кабінету Міністрів України (КМУ) «Про типові платіжні умови зовнішньоекономічних договорів (контрактів) і типові форми захисних застережень до зовнішньоекономічних договорів (контрактів), які передбачають розрахунки в іноземній валюті» [5];

умови за гарантією, якщо вона є або коли вона необхідна (вид гарантії: на вимогу, умовна), умови та термін дії гарантії, можливість зміни умов договору (контракту) без зміни гарантії.

Розрахунки за придбану за імпортом продукцію в іноземній валюті здійснюються відповідно до Закону України «Про порядок здійснення розрахунків в іноземній валюті» [6], постанови Кабінету Міністрів України [5] та інших нормативних документів України.

Утім, незважаючи на велику кількість нормативних документів із здійснення та регулювання зовнішньоекономічної діяльності України, слід зазначити, що на цей час при веденні договірної роботи за процедурами закупівлі ОВТ та МТЗ з-за кордону відсутній цілісний механізм формування вартості даних послуг. Особливо складним питанням було та залишається визначення вартості за результатами виконання договорів, де передбачено надання Міністерством оборони (МО) України попередньої оплати постачальнику, який, у свою чергу, закуповує товар у закордонних контрагентів за валюти (долари США). Така оплата повинна здійснюватися

відповідно до умов, встановлених постановою КМУ «Про здійснення попередньої оплати товарів, робіт і послуг, що закуповуються за бюджетні кошти» [7].

Зазвичай умовами сучасних договорів передбачається, що в разі зміни курсу долара США до гривні більш ніж на  $\pm 3$  (три) відсотки, зазначеного в ціновій пропозиції постачальника товару, що акцептована (цінова пропозиція розрахована відповідно до курсу Української міжбанківської валютної біржі (далі – УМВБ)) станом на дату, коли був акцепт (наприклад – 23,60 грн. за 1 долар США), відносно курсу, що буде встановлено УМВБ на момент здійснення постачальником фактичних операцій, ціна договору (в частині імпортової складової) має бути змінена (у більшу або меншу сторону) шляхом перегляду складових ціни товару, що залежить від зміни валютного курсу, а саме перерахування вартості товару згідно із зовнішньоекономічним контрактом з виробником та вартості митного оформлення на підставі укладання додаткової угоди до цього договору.

**Договірна ціна за фактом постачання товару** включає до себе зазвичай такі складові:

вартість товару згідно із зовнішньоекономічним контрактом з виробником;

митні збори;

податок на додану вартість (ПДВ);

додаткові складові ціни товару у гривнях, що відповідно до умов договору не підлягають перерахуванню при зміні курсу долара США (їх склад наведений нижче).

Для прикладу, вартість товару згідно із зовнішньоекономічним контрактом з виробником складає 1 298 001,18 грн. або 55 000,05 доларів США за курсом 23,60 грн. за 1 долар США та розраховується за формулою

$$B_{\text{тов.}} = K \cdot C_0 \cdot S_{\text{опл.}} \cdot S_0, \quad (1)$$

де  $K$  – кількість товару (наприклад 49 шт. військово-технічного майна);  $C_0$  – вартість одиниці товару згідно із зовнішньоекономічним контрактом з виробником (зафіксована в протоколі погодження договірної ціни, що є додатком до договору), яка становить 26 489,82 грн., або 1 122,45 доларів США за курсом 23,60 грн. за 1 долар США;  $S_{\text{опл.}}$  – курс Національного банку України (НБУ) до гривні на дату здійснення фактичних валютних оплат виробнику. На практиці можливі варіанти здійснення перерахування валюти виробнику товару декількома окремими платежами.  $S_{\text{опл.}}$  приймається окремо за кожним перерахуванням. Для прикладу: при першому перерахуванні станом на 17.08.2015 суми 44 000,04 доларів США курс становив 21,757665 грн. за 1 долар США (згідно з представленим платіжним дорученням). Пізніше, але в межах умов договору, постачальником здійснено друге перерахування суми 11 000,01 доларів США. Відповідно до умов договору постачальник, у разі отримання попередньої оплати, повинен здійснити закупівлю (перерахування) доларів США виробнику товару (пропорційно до розміру отриманого авансу) у строк, зазначений у договорі та надати замовнику підтвердуючі документи. У разі невиконання вищезазначеної вимоги замовник встановлює  $S_{\text{опл.}}$  рівний мінімальному курсу

долара США до гривні, що зафіксований на офіційному сайті НБУ протягом строку, зазначеного в договорі з моменту отримання постачальником попередньої оплати, що складало 21,089882 грн. за 1 долар США станом на момент отримання попередньої оплати;  $S_0$  – курс долара США до гривні, зазначений в ціновій пропозиції постачальника, за курсом УМВБ станом на момент акцепту 23,60 грн. за 1 долар США (дані беруться відповідно до показників, зазначених у офіційній довідці банку, через який здійснювалась фінансова операція).

У зв'язку зі здійсненням перерахування валюти двома окремими платежами вартість товару згідно із зовнішньоекономічним контрактом з виробником розраховується таким чином:

$B_{\text{тов.}}$  – вартість товару згідно із зовнішньоекономічним контрактом з виробником (при перерахуванні 44 000,04 доларів США, за курсом 23,60 грн. за 1 долар США)  $\times S_{\text{опл.}}$  (при перерахуванні суми 44 000,04 доларів США курс становив 21,757665 грн. за 1 долар США) /  $S_0$  + вартість товару згідно з зовнішньоекономічним контрактом з виробником (при перерахуванні 11 000,01 доларів США за курсом 23,60 грн. за 1 долар США)  $\times S_{\text{опл.}}$  (при перерахуванні суми 11 000,01 доларів США за курсом 21,089882 грн. за 1 долар США) /  $S_0$  =  $((44\,000,04 \times 23,60) \times 21,757665 / 23,60) + ((11\,000,01 \times 23,60) \times 21,089882 / 23,60) = 957\,338,127 + 231\,988,913 = 1\,189\,327,04$  грн.

Вартість митних зборів розраховується за формулою

$$B_{\text{мит.}} = B_0 \cdot S_{\text{мит.}} / S_0, \quad (2)$$

де  $B_0$  – вартість митного оформлення товару без урахування зміни курсу долара США (має бути зазначено в протоколі погодження договірної ціни, що є додатком до договору). Митне оформлення відбувається у відповідності до вимог Митного кодексу України (розділ IX) [2] та Митного тарифу України [3], якими встановлюється порядок митного оформлення товарів, що закупляються за імпортом, та розміри митних платежів. За умовами даного прикладу вартість митного оформлення товару дорівнює  $B_0 = 194\,700,18$  грн., що становить 16,37 % від первісної базової вартості товару;  $S_{\text{мит.}}$  – курс долара США до гривні, за яким здійснено митне оформлення (згідно з курсом НБУ на момент оформлення декларації митної вартості, що документально підтверджено) становить 21,690618 грн. за 1 долар США;  $S_0$  – курс долара США до гривні, зазначений в ціновій пропозиції постачальника, за курсом УМВБ станом на момент акцепту 23,60 грн. за 1 долар США (дані беруться відповідно до показників, зазначених у офіційній довідці банку, через який здійснювалась фінансова операція).

$$B_{\text{мит.}} = 194\,700,18 \times 21,690618 / 23,60 \approx 178\,947,76 \text{ грн.}$$

Ціна договору розраховується за формулою

$$C_0 = B_{\text{тов.}} + B_{\text{мит.}} + \text{ПДВ} + B_{\text{скл.}}, \quad (3)$$

де  $B_{\text{тов}}$  – вартість товару згідно із зовнішньоекономічним контрактом з виробником (з урахуванням зміни курсу долара США), що на той момент становила 1 189 327,04 грн.;  $B_{\text{мит}}$  – вартість митного оформлення товару, що становила 178 947,76 грн.;  $\text{ПДВ}$  – податок на додану вартість, сума якого визначається після визначення вартості товару згідно з зовнішньоекономічним контрактом з виробником та вартості митного оформлення (митного збору) з урахуванням зміни курсу долара США. Порядок оподаткування та розміри ПДВ встановлюються Податковим кодексом України [8] (розділ Y). За умовами даного прикладу ПДВ дорівнює 361 234,37 грн., що становить 30,37 % від первісної базової вартості товару;  $B_{\text{скл.}}$  – сума додаткових складових ціни товару в гривнях, що відповідно до умов договору не підлягають перерахуванню при зміні курсу долара США і включають:

витрати на придбання валюти. Порядок придбання валюти встановлений постановою Правління Національного банку України «Про врегулювання ситуації на грошово-кредитному та валютному ринках України» [9], а величина податків з її придбання – Податковим кодексом України [8] та іншими нормативними документами Національного банку України. За умовами даного прикладу витрати на придбання валюти дорівнюють 2 280,32 грн., що становить 0,19 % від первісної базової вартості товару;

банківські витрати. Порядок розрахунку та формування банківських витрат встановлюється Законом України «Про банки і банківську діяльність» [10], постановою Правління Національного банку України «Про затвердження Правил бухгалтерського обліку доходів і витрат банків України» [11] та іншими документами з банківської діяльності. За умовами даного прикладу банківські витрати дорівнюють 2 076,80 грн., що становить 0,17 % від первісної базової вартості товару;

витрати на транспортування товару (в тому числі портові витрати). Дані витрати розраховуються залежно від запланованого використання транспортних засобів та відстані транспортування товарів відповідно до Закону України «Про ціни і ціноутворення» [12], Постанови КМУ «Про встановлення повноважень органів виконавчої влади та виконавчих органів міських рад щодо регулювання цін (тарифів)» [13] та інших нормативних документів у сфері надання транспортних послуг. За умовами даного прикладу витрати на транспортування товару дорівнюють 137 759,54 грн., що становить 11,58 % від первісної базової вартості товару;

витрати на відрядження по Україні. Дані витрати розраховуються залежно від обсягів запланованих відряджень. Порядок формування та визначення вартості цих витрат визначається відповідно до наказу Міністерства фінансів України «Про затвердження Інструкції про службові відрядження в межах України та за кордон» [14]. За умовами даного прикладу витрати на відрядження по Україні дорівнюють 17 520,00 грн., що становить 1,47 % від первісної базової вартості товару;

витрати на відрядження за кордон. Дані витрати розраховуються залежно від обсягів запланованих

відряджень. Порядок формування та визначення вартості даних витрат визначається відповідно до наказу Міністерства фінансів України [14]. За умовами даного прикладу витрати на відрядження за кордон дорівнюють 160 302,29 грн., що становить 13,48 % від первісної базової вартості товару;

поштові витрати. Дані витрати розраховуються залежно від обсягів запланованого листування з постачальниками товару. Порядок формування та визначення обсягів цих витрат визначається відповідно до постанови КМУ «Про затвердження Правил надання послуг поштового зв'язку» [15], а їх вартість – на підставі Граничних тарифів на універсальні послуги поштового зв'язку, встановлених Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації [16]. За умовами даного прикладу поштові витрати дорівнюють 4 719,60 грн., що становить 0,40 % від первісної базової вартості товару;

оплата дозволів Державної служби експортного контролю України. Оплата здійснюється відповідно до «Положення про Державну службу експортного контролю України», затвердженого постановою КМУ [17], та нормативних документів, що нею розроблені та затверджені встановленим порядком. За умовами даного прикладу оплата дозволів Державної служби експортного контролю України дорівнює 3 400,00 грн., що становить 0,30 % від первісної базової вартості товару;

оформлення декларації митної вартості. Оформлення відбувається відповідно до положень, затверджених наказом Міністерства фінансів України «Про затвердження Порядку виконання митних формальностей при здійсненні митного оформлення товарів із застосуванням митної декларації на бланку єдиного адміністративного документа» [18]. За умовами даного прикладу оформлення декларації митної вартості коштує 6 000,00 грн., що становить 0,50 % від первісної базової вартості товару;

плановий прибуток. Встановлюється нормативними документами, що визначають рівень цін та прибутку на підприємстві, що закупляє товар за імпортом, та регулюється Законом України «Про ціни і ціноутворення» [12]. За умовами даного прикладу плановий прибуток дорівнює 103 838,50 грн., що становить 8,73 % від первісної базової вартості товару.

Загалом сума додаткових складових ціни товару

$$B_{\text{скл.}} = 2\,280,32 + 2\,076,80 + 137\,759,54 + 17\,520,00 + \\ + 160\,302,29 + 4\,719,60 + 3\,400,00 + 6\,000,00 + \\ + 103\,838,50 = 437\,897,05 \text{ грн.,}$$

а загальна ціна договору

$$C_a = 1\,189\,327,04 + 178\,947,76 + 361\,234,37 + \\ + 437\,897,05 = 2\,167\,406,22 \text{ грн.}$$

Згідно з умовами договору замовник здійснює остаточні розрахунки з постачальником шляхом перерахування на рахунковий рахунок постачальника коштів у сумі, що розраховується за формулою (4)

$$C_{\text{допл.}} = C_{\text{д.}} - C_{\text{по}}, \quad (4)$$

де  $C_{\text{допл.}}$  – сума доплати постачальнику;  $C_{\text{по}}$  – сума попередньої оплати постачальнику (авансування) за договором, надання якої здійснюється відповідно до рішення головного розпорядника коштів (для прикладу було надано аванс в сумі 1 853 376,00 грн.),  $C_{\text{допл.}} = 2\,167\,406,22 - 1\,853\,376,00 = 314\,030,22$  грн.

Таким чином, з урахуванням вищезазначеного перегляду складових ціни товару, що залежить від перерахування з виробником та вартості митного оформлення, доплата до ціни договору постачальнику складає суму 314 030,22 грн.

Аналіз даного прикладу показує, що первісна базова вартість товару 1 189 327,04 грн. внаслідок врахування та включення до неї інших додаткових витрат збільшилася до 2 167 406,22 грн., тобто в 1,83 разу. Практика укладання інших зовнішньоекономічних контрактів показує, що це збільшення може коливатися від 1,4 до 2,0. Саме на нього й слід орієнтуватися під час вирішення питання щодо економічної можливості (доцільності) закупівлі продукції військового призначення, у тому числі ОВТ та МТЗ за кордоном.

Постановою КМУ «Про затвердження Порядку ввезення, першого постачання та цільового використання товарів, визначених частиною восьмою статті 287 Митного кодексу України, для використання у виробництві продукції оборонного призначення» [19], прийнятою у березні 2016 року, було зроблено деяке фінансове послаблення, що сприятиме ввезенню деяких складових (матеріалів, вузлів, агрегатів, устаткування та комплектувальних виробів), призначених для використання у виробництві продукції оборонного призначення, включеної до державного оборонного замовлення.

Постановою, зокрема, визначений механізм ввезення виконавцями оборонного замовлення на митну територію України у митному режимі імпорту товарів, визначених частиною восьмою статті 287 Митного кодексу України [2], для використання у виробництві продукції оборонного призначення, визначеної згідно із законом, якщо замовником такої продукції є державний замовник, визначений КМУ, та цільового використання товарів, що під час такого ввезення звільняються від оподаткування ввізним митом, а операції з їх ввезення та з першого постачання на митній території України – від обкладення податком на додану вартість. Для підтвердження відповідності товарів цим вимогам виконавець оборонного замовлення має подати митниці, що здійснює митне оформлення товарів, заяву із зазначенням найменування товарів, їх кодів згідно з УКТЗЕД, кількості, вартості та призначення, країни походження таких товарів, найменування державного замовника з оборонного замовлення (далі – державний замовник) та виконавця оборонного замовлення, до якої додаються:

1) засвідчені в установленому порядку копії:

зовнішньоекономічного договору (контракту) на постачання товару або іншого документа, який є підставою для ввезення товарів на митну територію України;

державного контракту з оборонного замовлення, укладеного з державним замовником;

документа, що підтверджує включення до реєстру виробників продукції, робіт і послуг оборонного призначення, закупівля яких становить державну таємницю;

технічного паспорта або іншого документа заводу-виробника на кожний товар, який ввозиться на митну територію України;

2) документ, який підтверджує зобов'язання виконавця оборонного замовлення щодо використання ввезених товарів виключно у власному виробництві продукції оборонного призначення на виконання державного контракту з оборонного замовлення, укладеного з державним замовником.

З урахуванням умов, введених даною постановою КМУ [19] (тобто, із звільненням товарів від оподаткування ввізним митом та податком на додану вартість), повна ціна договору  $C_{\text{д.}}^{\text{вв.}}$  наведеного в даному прикладі, складе (у випадку, якщо цей товар підпадає під дію даної постанови)

$$C_{\text{д.}}^{\text{вв.}} = 1\,189\,327,04 + 437\,897,05 = 1\,627\,224,09 \text{ грн.}$$

У цьому випадку первісна базова вартість товару з урахуванням включення до неї інших обов'язкових додаткових витрат збільшиться лише у 1,37 разу, що також становить доволі значну суму.

### Висновки

1. Під час вирішення питання щодо доцільності придбання ОВТ та МТЗ за кордоном слід враховувати, що виставлена продавцем ціна є тільки базовою. Реально до неї додаються інші накладні витрати, встановлені законодавством України, які збільшують вартість ОВТ і МТЗ, й, таким чином, загальну вартість контракту, що укладається.

2. Під час придбання за імпортом деяких зразків ОВТ та МТЗ доцільно також враховувати збільшення інших витрат за період життєвого циклу того або іншого імпортного зразка ОВТ. Це питання є предметом окремого аналізу, тому в рамках даної статті не розглядається.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про зовнішньоекономічну діяльність», 2012 № 4495 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/959-12>.
2. Митний кодекс України, 1991 № 959 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/laws/show/4495-17/paran4978#n4978>.
3. Митний тариф України (додаток до Закону України «Про Митний тариф України» від 19 вересня 2013 року № 584-VII) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/laws/show/584a-18/paran3#n3>.
4. Наказ Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції України «Про затвердження Положення про форму зовнішньоекономічних договорів

- (контрактів», 2001. № 201 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z0833-01>.
5. *Постанова* КМУ «Про типові платіжні умови зовнішньоекономічних договорів (контрактів) і типові форми захисних застережень до зовнішньоекономічних договорів (контрактів), які передбачають розрахунки в іноземній валюті», 1995 № 444 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/444-95-п>.
  6. *Закон* України «Про порядок здійснення розрахунків в іноземній валюті», 1994 № 185 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/185/94-вр>.
  7. *Постанова* КМУ «Про здійснення попередньої оплати товарів, робіт і послуг, що закуповуються за бюджетні кошти», 2014 № 117 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/117-2014-п>.
  8. *Податковий кодекс* України», 2010 № 2755 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/2755-17>.
  9. *Постанова* Правління Національного банку України «Про врегулювання ситуації на грошово-кредитному та валютному ринках України», 2016 № 140 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/v0140500-16>.
  10. *Закон* України «Про банки і банківську діяльність», 2000 № 2121 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/2121-14>.
  11. *Постанова* Правління Національного банку України «Про затвердження Правил бухгалтерського обліку доходів і витрат банків України», 2003 № 255 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/laws/show/z0583-03/para15#n15>.
  12. *Закон* України «Про ціни і ціноутворення», 2012 № 5007 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/laws/show/5007-17/para65#n65>.
  13. *Постанова* КМУ «Про встановлення повноважень органів виконавчої влади та виконавчих органів міських рад щодо регулювання цін (тарифів)», 1996 № 1548 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/1548-96-п>.
  14. *Наказ* Міністерства фінансів України «Про затвердження Інструкції про службові відрядження в межах України та за кордон», 1998 № 59 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/laws/show/z0218-98/para11#n11>.
  15. *Постанова* КМУ «Про затвердження Правил надання послуг поштового зв'язку», 2009 № 270 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/270-2009-п>.
  16. *Рішення* Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації «Про затвердження Граничних тарифів на універсальні послуги поштового зв'язку», 2015 № 193 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z0461-15>.
  17. *Постанова* КМУ «Про затвердження Положення про Державну службу експортного контролю України», 2015 № 159 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/159-2015-п>.
  18. *Наказ* Міністерства фінансів України «Про затвердження Порядку виконання митних формальностей при здійсненні митного оформлення товарів із застосуванням митної декларації на бланку єдиного адміністративного документа», 2012 № 631 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1360-12>.
  19. *Постанова* КМУ «Про затвердження Порядку ввезення, першого постачання та цільового використання товарів, визначених частиною восьмою статті 287 Митного кодексу України, для використання у виробництві продукції оборонного призначення», 2016 № 170 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/170-2016-п>.

**Рецензент В. В. Зубарєв**, д-р техн. наук, проф.  
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

УДК 623.4.01

**П. І. НОР,***кандидат технічних наук,***І. В. БОРОХВОСТОВ,***кандидат технічних наук**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

## **Методика комплексної порівняльної оцінки зразків озброєння та військової техніки**

*Розглядається методика комплексної порівняльної оцінки тактико-техніко-економічних показників однотипних зразків озброєння та військової техніки шляхом введення нового узагальненого показника з використанням методів кваліметрії, порівняльного аналізу та експертної оцінки.*

*Рассматривается методика комплексной сравнительной оценки тактико-технико-экономических показателей однотипных образцов вооружения и военной техники путем введения нового обобщенного показателя с использованием методов кваліметрии, сравнительного анализа и экспертной оценки.*

При розробленні програмних та планових документів оборонного планування щодо розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) Збройних Сил України, а це державні цільові програми розвитку і державні оборонні замовлення (ДОЗ), завжди актуальним і дискусійними є й будуть питання вибору оптимального варіанта розвитку ОВТ та шляхів їх реалізації. Таких варіантів, в більшості випадків, декілька, і включають вони як закупівлю продукції власного вітчизняного виробництва (нового чи модернізованого), так й іноземних зразків ОВТ, у тому числі таких, що вже були в експлуатації. Більш детальні дослідження за цим напрямом висвітлені в [1–3].

Потреби та вимоги до оновленого ОВТ визначаються на рівні командувань видів та родів військ Збройних Сил (ЗС), а уточнюються і узагальнюються на рівні Генерального штабу ЗС України. У подальшому, згідно з діючим в Україні законодавством, потреби корегуються у відповідності до наявних фінансово-ресурсних можливостей держави на рівні Міністерства оборони (МО) та Кабінету Міністрів України. Закінчується процес прийняттям відповідних програмних та планових документів.

Прийняття рішення щодо варіанта оснащення Збройних Сил тими чи іншими зразками ОВТ є компетенцією відповідних посадових осіб керівних структур ЗС України та має здебільшого евристичний і досить суб'єктивний характер. При відсутності альтернативних варіантів оновлення ОВТ такий стан справ з переозброєнням військ є прийнятним. Але вже зараз, а тим більше в майбутньому, у зв'язку з розвитком оборонної промисловості та розширенням військово-технічного співробітництва України, таких безальтернативних варіантів стає все менше. У зв'язку з цим виникає проблема вибору оптимального з усіх поглядів варіанта оснащення Збройних Сил необхідним ОВТ. Належне наукове обґрунтування даного питання, як правило, відсутнє або не доведене до практичного використання.

Слід відзначити, що певні теоретичні напрацювання відносно наукового обґрунтування вибору шляхів забезпечення ЗС необхідним ОВТ вже існують [2–4], але окремі часткові питання цього процесу ще або не вирішені, або потребують подальшого удосконалення. Це стосується, в першу чергу, повноти та коректності порівняльної оцінки тактико-техніко-економічних показників альтернативних для оснащення ЗС України зразків (комплексів, систем) ОВТ.

Останніми роками з метою визначення оптимального варіанта оновлення ОВТ для потреб ЗС набула практика більш широкого залучення до цього процесу науково-дослідних установ ЗС України. Реалізується вона через проведення науково-технічної експертизи номенклатури зразків ОВТ та дослідно-конструкторських робіт (ДКР) щодо їх створення або модернізації, які претендують до включення в Державну цільову оборонну програму розвитку ОВТ та ДОЗ. Виконавцем такої експертизи на замовлення структури МО України, що формує кінцевий варіант цих документів (на даний час – Департамент ОВТ МО України), виступили фахівці Центрального науково-дослідного інституту (ЦНДІ) ОВТ ЗС України.

У ході виконання даного завдання в ЦНДІ ОВТ ЗС України розроблена і реалізована методика комплексної порівняльної оцінки зразків ОВТ за критерієм “технічна досконалість – вартість – ресурс”. Методика апробована практично для всієї наявної та перспективної номенклатури ОВТ ЗС України. Короткий виклад сутності даної методики для її критичної оцінки та подальшого використання і є метою цієї статті.

Згідно з даною методикою техніко-економічні можливості будь-якого зразка ОВТ оцінюється за допомогою узагальненого показника, який пропонується назвати коефіцієнтом техніко-економічного рівня зразка  $K_{TEP}$ . Як складові цього показника прийнято нормовані за рівнем впливу за допомогою вагових коефіцієнтів значення коефіцієнтів технічної досконалісті  $K_{TD}$  відносно вартості  $K_B$  та запасу ресурсу  $K_{зр}$  визначених зразків ОВТ.

На відміну від загальновідомих критеріїв “ефективність – вартість” та “ефективність – вартість – час”, запропонований критерій “технічна досконалість – вартість – ресурс” має ряд видимих переваг. Він конкретизує та спрощує оцінку ефективності зразка ОВТ (через коефіцієнт технічної досконалісті), що особливо важливо на етапі створення нового (модернізованого) зразка ОВТ. Введення показника запасу ресурсу ОВТ дозволяє оцінити можливі плюси та мінуси всієї номенклатури альтернативних варіантів зразків ОВТ з різним ресурсом, у тому числі і бувших у використанні або модернізованих.

Перша складова  $K_{TD}$  – це інтегральний узагальнюючий показник технічного рівня ОВТ, що визначається на основі порівняльного аналізу тактико-технічних характеристик (ТТХ) двох і більше зразків ОВТ.

Методика, алгоритм та програмний продукт розрахунку коефіцієнтів технічної досконалісті  $K_{TD}$  зразків ОВТ в порівнянні з обраним еталоном розроблені та використовуються в ЦНДІ ОВТ ЗС України для аналізу технічного рівня при оцінці тих чи інших варіантів оновлення наявних зразків ОВТ [5, 6]. Визначені значення коефіцієнтів технічної досконалісті зразків ОВТ  $K_{TD}$  можуть виступати й як кінцевий продукт їх порівняльного аналізу, так і як складова показників більш високого рівня – коефіцієнтів техніко-економічного рівня зразків ОВТ  $K_{TEP}$ .

Методика визначення значень  $K_{TEP}$  побудована на таких основних принципах:

ієрархічний рівень побудови системи оцінки технічного рівня зразків ОВТ з декомпозицією ТТХ на кожному вибраному рівні ієрархії;

формування оптимального переліку ТТХ та декомпозиція їх за типовими функціональними елементами зразків ОВТ;

визначення впливу складових всіх рівнів ієрархії відомими методами експертного опитування.

Використання цих принципів обумовлено необхідністю аналізу і обробки значної кількості різноманітних ТТХ сучасних зразків ОВТ, що знаходяться на озброєнні збройних сил провідних країн світу. Використання 2–4 рівнів ієрархії в системі оцінки технічного рівня

зразків ОВТ дозволяє в рамках даного рівня ієрархії скоротити перелік визначальних (найбільш важливих з погляду ефективності зразків) ТТХ та практично позбутися неоднозначності при проведенні експертного опитування, що безумовно сприяє достовірності одержаних результатів.

У типовому випадку для зразків ОВТ, що призначені для виконання декількох бойових завдань, необхідно сформувати перелік визначальних ТТХ для кожного з типових бойових завдань або тактики їх бойового застосування (оборона, наступ тощо). Це перший рівень ієрархії.

Наприклад, бойові машини піхоти, бронетранспортери та більш легкі броньовані машини призначені для транспортування, захисту особового складу та його вогневої підтримки при зіткненні з противником. Для кожного з цих завдань найбільш важливими з погляду ефективності їх виконання будуть свої конкретні ТТХ. Тому перший рівень ієрархії передбачає декомпозицію всього переліку ТТХ на декілька груп згідно з визначеними завданнями. Подальша оцінка технічного рівня зразків ОВТ виконується окремо для кожної групи ТТХ і буде стосуватися тільки визначеного завдання з можливістю подальшої компіляції отриманих результатів в рамках даного зразка ОВТ.

Досить часто переліки визначальних ТТХ для виконання різних бойових завдань даним зразком ОВТ близькі. У такому випадку, декомпозицію ТТХ на першому рівні ієрархії можна пропустити та визначати рівень технічної досконалісті даного зразка ОВТ на основі одного загального переліку ТТХ.

Другий рівень ієрархії – формування груп ТТХ, тобто декомпозиція їх або за основними властивостями, або за функціональним призначенням складових елементів зразків ОВТ. Перший підхід передбачає розподіл ТТХ за основними властивостями зразка ОВТ. У загальному випадку для бойових броньованих машин такими є маневреність, вогнева могутність, захищеність та ін. Але властивості зразків ОВТ навіть у складі одного виду збройних сил (роду військ), а тим більше різних, незважаючи на однакову функціональну ознаку, різні, принаймні, за термінологією.

На наш погляд, більш універсальним та прийнятним є використання груп декомпозицій, сформованих за належністю до основних складових функціональних елементів даного виду ОВТ. Наприклад, характеристики носія, характеристики засобів ураження цілі та характеристики засобів захисту тощо. Такий підхід досить близький до попереднього, оскільки, наприклад, маневреність визначається в основному ТТХ носія, а вогнева могутність – ТТХ засобів ураження цілі і т. п.

Виходячи з цього, декомпозиція ТТХ зразків ОВТ, що призначені для виконання бойових завдань, може здійснюватися за шістьма основними групами [4]:

1. ТТХ носія (платформи) зразка ОВТ.
2. Характеристики засобів ураження цілей.
3. Характеристики засобів розвідки цілей.
4. Характеристики засобів захисту (виживання) зразка ОВТ.

5. ТТХ засобів управління (цілевказання) і зв'язку.

6. Експлуатаційні показники зразка ОБТ (показники надійності, умов застосування, транспортабельності, ергономічності та ін.).

У найбільш складних зразків ОБТ, наприклад бойових кораблів класу "корвет" і "фрегат", друга та третя групи ТТХ можуть ділитись на окремі підгрупи за принципом дії засобів ураження чи характером цілей, проти яких направлені дані засоби ураження або розвідки цілей. У такому випадку проводиться декомпозиція ТТХ на третьому рівні ієрархії. Наприклад, для вказаних кораблів окремо на основі своїх специфічних ТТХ оцінюють ракетно-артилерійське, мінно-торпедне і авіаційне озброєння (при наявності корабельної авіації). У подальшому виходять на загальну оцінку засобів ураження корабля.

Для зразків ОБТ, основне призначення яких не пов'язане з вогневим ураженням цілі, другу та третю групи ТТХ пропонується замінити однією групою ТТХ, що характеризують цільове призначення даного зразка ОБТ.

У деяких випадках, наприклад при попередніх оцінках технічного рівня на етапі створення (розроблення варіанта модернізації) зразка ОБТ, шосту групу ТТХ, що характеризує експлуатаційні показники, не розглядають через відсутність на даному етапі таких показників.

Останній (четвертий) рівень ієрархії – це оцінка впливу відібраних визначальних ТТХ на технічний рівень зразка ОБТ в кожній із сформованих груп декомпозиції. Він може бути реалізований належним чином, якщо при формуванні переліку ТТХ керуватись такими критеріями відбору:

відібрані в дану групу ТТХ повинні бути доступними та повністю характеризувати відповідні властивості ОБТ даного класу;

ТТХ даної групи не повинні бути взаємно корельованими, тобто не дублювати одна одну;

кількість параметрів (ТТХ) в групі повинна бути мінімальною, а максимальна кількість параметрів не повинна перевищувати 7–8 одиниць.

Оцінка впливу груп декомпозиції та окремо оцінка впливу визначених ТТХ в кожній групі, при наявності і підгрупі, для визначених бойових завдань на рівень технічної досконалості ОБТ даного типу реалізується за допомогою методів експертної оцінки. Вибір конкретного методу залежить від багатьох факторів і є прерогативою особи, що проводить оцінку технічного рівня зразків ОБТ. Рекомендується використання будь-якого з відомих методів, починаючи з найпростішого – прямої експертної оцінки чи заповнення шкали Фішборна і закінчуючи методом аналізу ієрархії.

Значення вагових коефіцієнтів впливу ТТХ та їх груп (підгруп) на рівень технічної досконалості ОБТ даного класу на всіх рівнях ієрархії мають вирішальний вплив на достовірність отриманих результатів. Тому значення коефіцієнтів, що одержані від експертів, аналізуються та узагальнюються для подальшого використання в розрахунках технічного і техніко-економічного рівня зразків ОБТ. Методичні рекомендації щодо виконання даного пункту та вибору складу експертів наведені в [7].

Для порівняльної оцінки технічного рівня зразків ОБТ в залежності від завдань досліджень формується перелік відібраних для аналізу зразків, так звана "вбірка зразків ОБТ", та визначається еталонний зразок. Як еталонний може бути використаний будь-який зразок з вибірки зразків ОБТ. Рекомендується як еталонний зразок використовувати новітні зразки-аналоги (закордонні або вітчизняні), ТТХ яких відомі досліднику. Для обраного еталонного зразка коефіцієнт технічної досконалості приймається рівним одиниці ( $K_{Тде} = 1,0$ ).

При реалізації вказаних основних принципів і рекомендацій розрахунок коефіцієнта технічної досконалості зразка ОБТ  $k$ -го типу  $K_{ТДк}$  проводиться в загальному випадку при декомпозиції на  $6$  груп за допомогою виразу

$$K_{ТДк} = \sum_{i=1}^6 K_{ТДи} \Pi_{icp} = \sum_{i=1}^6 \left( \sum_{j=1}^n K_{ТДji} M_{jicp} \right) \Pi_{icp}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість ТТХ в  $i$ -й групі декомпозиції;  $M_{jicp}$  – опосередковане значення вагового коефіцієнта  $j$ -ї ТТХ в  $i$ -й групі декомпозиції;  $\Pi_{icp}$  – опосередковане значення вагового коефіцієнта  $i$ -ї групи декомпозиції ( $i = 1..6$  – для типового варіанта поділу основних ТТХ даного зразка ОБТ);  $K_{ТДji} = \frac{A_{jik}}{A_{jie}}$  – коефіцієнт технічної до-

сконалості зразка ОБТ  $k$ -го типу для  $j$ -ї ТТХ  $i$ -ї групи декомпозиції ( $A_{jik}$  – числове значення  $j$ -ї ТТХ  $i$ -ї групи декомпозиції  $k$ -го зразка ОБТ;  $A_{jie}$  – значення  $j$ -ї ТТХ  $i$ -ї групи декомпозиції еталонного зразка).

Алгоритм визначення коефіцієнта технічної досконалості ОБТ даного парку  $K_{ТДк}$  показаний на рис. 1. Він послідовно реалізує наведені вище рекомендації та формули розрахунків.

Значення  $K_{ТДк}$  можна розрахувати як з використанням електронно-обчислювальної техніки, так і без її використання. Останнє більш прийнятне у випадку порівняння невеликої кількості (2–3 одиниці) нескладних зразків ОБТ. Програма розрахунку  $K_{ТДк}$  практично необмеженої

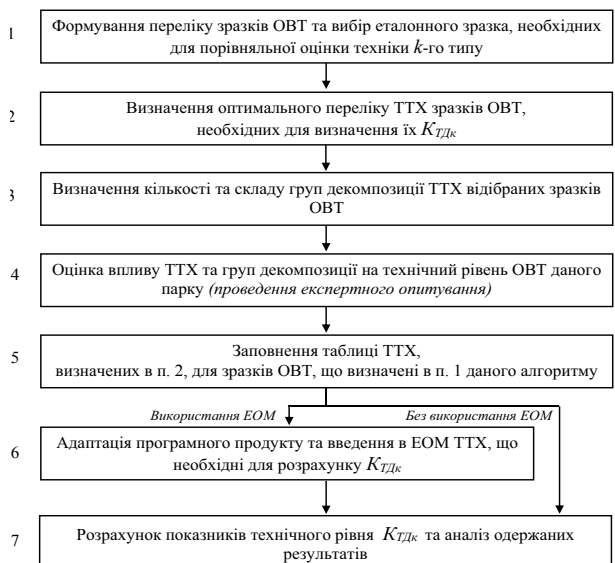


Рис. 1. Алгоритм визначення показників технічного рівня зразків ОБТ



кількості зразків ОБТ в програмному середовищі Microsoft Office Excel або Mathcad розроблена та тривалий час використовується в ЦНДІ ОБТ ЗС України.

Друга складова коефіцієнта техніко-економічного рівня зразків  $K_{TEP}$  – це коефіцієнт відносної вартості  $K_B$ . Визначається як відношення приведеної до курсу року проведення досліджень вартості (каталожної ціна) еталонного зразка  $C_e$  до вартості (каталожної ціни) досліджуваного зразка в порівняльній валюті  $C_k$ . Можливо та навіть бажано використання, при наявності відповідних даних, вартості життєвого циклу відібраних зразків ОБТ.

Особливість розрахунку коефіцієнта відносної вартості полягає в тому, що, на відміну від інших коефіцієнтів, виходячи з принципу “чим менше – тим краще”, в чисельнику відображається значення вартості еталонного зразка. Розрахунок коефіцієнта відносної вартості  $K_{Bk}$   $k$ -го зразка ОБТ проводиться згідно з виразом

$$K_{Bk} = \frac{C_e}{C_k}, \quad (2)$$

де  $C_e$  – приведена до курсу року, в якому проводяться дослідження, вартість (каталожна ціна) еталонного зразка;  $C_k$  – вартість (каталожна ціна) досліджуваного зразка в порівняльній валюті.

Третьою складовою комплексної багатокритеріальної оцінки зразків ОБТ є їх коефіцієнт запасу ресурсу  $K_{ЗР}$ . Визначається як відношення запасу ресурсу (терміну придатності) до кінця експлуатації (капітального ремонту) досліджуваного зразка  $T_k$  до аналогічного показника еталонного зразка  $T_e$ . Розраховується для  $k$ -го зразка ОБТ за формулою

$$K_{ЗРk} = \frac{T_k}{T_e}, \quad (3)$$

де  $T_k$  – запас ресурсу до кінця експлуатації (капітального ремонту) досліджуваного зразка;  $T_e$  – запас ресурсу еталонного зразка.

Ступінь впливу зазначених коефіцієнтів, а саме: технічної досконалості  $K_{ТД}$ , відносної вартості  $K_B$ , та запасу ресурсу  $K_{ЗР}$  – на узагальнений коефіцієнт техніко-економічного рівня зразка  $K_{TEP}$  не однакові. Як показала практика досліджень, врахування різного ступеня впливу можливо за допомогою вагових коефіцієнтів, що отримуються за результатами експертного опитування відповідних фахівців. Наприклад, при проведенні попереднього експертного опитування фахівців ЦНДІ ОБТ ЗС України були визначені такі значення вагових коефіцієнтів (ступенів впливу на узагальнений коефіцієнт технічної ефективності зразка):

- для технічної досконалості зразка – 0,5;
- відносної вартості зразка – 0,3;
- запасу ресурсу – 0,2.

Таким чином, узагальнений коефіцієнт техніко-економічного рівня досліджуваних зразків у порівнянні з еталонним зразком в зв'язку з різним характером його

складових рекомендується розраховувати на основі інтегрального показника нормованих коефіцієнтів технічної досконалості, відносної вартості та запасу ресурсу.

Значення  $K_{TEP}$  можна розрахувати, використовуючи досить просту та наочну геометричну інтерпретацію. Якщо за значеннями 3-х вказаних нормованих коефіцієнтів  $K_{ТД}$ ,  $K_B$  і  $K_{ЗР}$  побудувати площинну пелюсткову діаграму для еталонного та як приклад 2-х досліджуваних зразків, то площі трикутників, що утворені лініями з'єднання кінців векторів  $0,5\vec{K}_{ТД}$ ,  $0,3\vec{K}_B$  та  $0,2\vec{K}_{ЗР}$  відповідно відрізків  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , будуть еквівалентні значенням коефіцієнта техніко-економічного рівня  $K_{TEP}$  даних зразків (рис. 2). Чим більші для даного зразка ОБТ значення коефіцієнта  $K_{ТД}$  тобто кращі його ТТХ, чим більший коефіцієнт  $K_B$  (менша вартість зразка) та більший коефіцієнт  $K_{ЗР}$  (більший ресурс зразка), тим більший узагальнений коефіцієнт техніко-економічного рівня  $K_{TEP}$  даного зразка ОБТ. Більшому значенню  $K_{TEP}$  відповідає і більша площа вказаного на рис. 2 трикутника.

Таким чином, задача знаходження коефіцієнта  $K_{TEP}$  як інтегрального показника зводиться до знаходження площі простої геометричної фігури, в даному випадку трикутника, за відомими значеннями відрізків  $a$ ,  $b$ ,  $c$  (рис. 2).

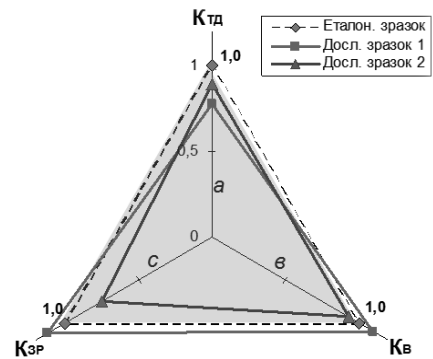


Рис. 2. Геометрична інтерпретація визначення коефіцієнта  $K_{TEP}$

Чисельні значення  $a$ ,  $b$ ,  $c$  для  $k$ -го зразка ОБТ визначаються як  $a_k = 0,5 K_{ТДk}$ ,  $b_k = 0,3 K_{Bk}$  і  $c_k = 0,2 K_{ЗРk}$

Результати розрахунків  $K_{TEP}$  та його складових для еталонного зразка та 2-х інших зразків, що показані на рис. 2, визначені вказаним методом, в порівнянні з еталоном, наведені в табл. 1.

У наведеному на рис. 2 прикладі при порівнянні зразка 1 і зразка 2 з'ясувалося, що за сукупністю ТТХ зразок 2 кращий 1-го зразка на 11% ( $K_{ТД2} = 0,89$ , а  $K_{ТД1} = 0,78$ ). При цьому зразок 2 має в порівнянні з 1-м зразком гірші показники відносної вартості  $K_B$  і запасу ресурсу  $K_{ЗР}$  (табл. 1). Визначити, який з 2-х зразків кращий без розрахунку узагальнюючого показника досить

Таблиця 1

№ п/п	Зразки ОБТ	$K_{ТДk}$	$K_{Bk}$	$K_{ЗРk}$	$K_{TEP}$	$K_{TEP}$ нормований
1	Еталонний зразок	1,0	1,0	1,0	0,1342	100%
2	Досліджуваний зразок 1	0,78	1,10	1,12	0,1252	93,3%
3	Досліджуваний зразок 2	0,89	0,93	0,75	0,1006	74,9%

складно. Результати розрахунків, що наведені в табл. 1, дозволяють це зробити. Виявилось, що зразок 1 за сукупністю показників все ж кращий 2-го зразка на 18,4% ( $K_{TEP1} = 93,3\%$  і  $K_{TEP2} = 74,9\%$ ). На рис 2 видно, що площа трикутника, утвореного за значеннями коефіцієнтів 1-го зразка, більша площі аналогічного трикутника 2-го зразка.

Таким чином, запропонована методика комплексної порівняльної оцінки зразків ОВТ дозволяє розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо вибору оптимального варіанта оснащення ЗС України необхідними зразками ОВТ. Вона як складова науково-технічної експертизи запропонованих варіантів оснащення Збройних Сил може бути використана на будь-якому етапі розроблення програмних і планових документів щодо розвитку ОВТ.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Системно-концептуальные основы методологии военно-научных исследований и решения прикладных военно-технических проблем* [Текст] : моногр. В 3-х кн. / под ред. Б. А. Демидова. – Тверь, 2014. – 676 с., 688 с., 560 с.
2. *Борохвостов, І. В.* Вибір шляхів забезпечення збройних сил озброєнням та військовою технікою з урахуванням можливостей оборонно-промислового комплексу України [Текст] / І. В. Борохвостов, О. Ф. Сальнікова // Стратегічні пріоритети. – 2015. – № 1 (34). – С. 19–25.
3. *Борохвостов, І. В.* Експертне оцінювання варіантів оснащення збройних сил озброєнням та військовою технікою [Текст] / І. В. Борохвостов, О. Ф. Сальнікова // Стратегічні пріоритети. – 2015. – № 4. – С. 45–49.
4. *Чепков, І. Б.* Обґрунтування шляхів забезпечення збройних сил озброєнням та військовою технікою з урахуванням можливостей оборонно-промислового комплексу України [Текст] / І. Б. Чепков, І. В. Борохвостов, О. Ф. Сальнікова // Defense Express. – 2015. – № 12. – С. 8–14.
5. *Нор, П. І.* Методика оцінки технічного рівня зразків озброєння та військової техніки. [Текст] / П. І. Нор, С. В. Кручинін, О. Д. Мельник, В. А. Єфіменко. // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – Вип. 22. – К. : ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2009. – С. 74–82.
6. *Єфіменко, В. А.* Основні технічні показники оцінки ефективності парків озброєння та військової техніки збройних сил [Текст] / В. А. Єфіменко, П. І. Нор, А. Ю. Гупало // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – Вип. 22. – К. : ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2012. – С. 87–98.
7. *Нор, П. І.* Методика оцінки технічного рівня зразків озброєння та військової техніки [Текст] / П. І. Нор, А. Г. Павленко, О. М. Горський. // Труді університету / НУОУ. – Вип. 3 (109). – К. : НУОУ, 2012. – С. 188–194.

**Рецензент М. І. Луханін**, д-р техн. наук, проф.  
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

УДК [355.587:623.438.3].001.8

**И. Б. ЧЕПКОВ,**  
доктор технических наук,

**М. Г. БУГЕРА,**  
адъюнкт

(Центральный научно-исследовательский  
институт вооружения и военной техники  
Вооруженных Сил Украины)

## Методика построения конструктивной функциональной структуры защитных устройств динамического типа

*Представлена конструктивная функциональная структура защитных устройств динамического типа. Проанализированы состояние и тенденции развития защитных устройств ведущих стран мира с помощью патентов. Приведены основные функции элементов для обеспечения защищенности объекта бронированного типа.*

*Наведено конструктивну функціональну структуру захисних пристроїв динамічного типу. Проаналізовано стан і тенденції розвитку захисних пристроїв провідних країн світу за допомогою патентної інформації. Дано основні функції елементів для забезпечення захищеності об'єкта броньованого типу.*

Одним из перспективных направлений дальнейшего совершенствования защищенности военной техники является создание защитных устройств динамического типа (ЗУДТ). ЗУДТ наиболее оптимально дополняет основную защиту, поскольку взаимодействует с нападающими противотанковыми средствами на броне бронированных боевых машин (ББМ) [4]. Современные образцы ЗУДТ как взрывного, так и невзрывного действия с использованием энергетического материала (заряда взрывчатого вещества (ВВ)) имеют ряд недостатков, основными из которых являются [3]:

наличие ослабленных зон в периферийной части ЗУДТ, противоккумулятивная и противоснарядная стойкость которых уменьшается по сравнению с центральной частью до 25 %;

наличие относительно большого количества зарядов ВВ ЗУДТ;

резкое (на 60...80%) снижение эффективности действия при небольших углах встречи (от 0 до 45°).

Существенно повысить эффективность ЗУДТ путем их дальнейшего совершенствования можно различными способами. Прежде всего, это выбор рациональных параметров элементов (форма элемента, блока, детали, тип ВВ, размеры и т. д.), применение в конструктивных схемах ЗУДТ формирующихся взрывом поражающих элементов, неметаллических материалов, готовых поражающих элементов.

Для повышения защиты объектов бронированного типа необходимо решить ряд частных задач, одна из них: углубленное изучение конструкции ЗУДТ, результат которого даст возможность спрогнозировать дальнейшее развитие средств защиты ББМ.

Изучение структуры ЗУДТ возможно с помощью построения конструктивной функциональной структуры (КФС), которая состоит из элементов и функций ЗУДТ.

Исходя из этого, научным заданием является проведение анализа функций ЗУДТ, суть которого заключается в иерархическом конструктивном разделении ЗУДТ на функциональные элементы (ФЭ), описание их функций и построение функциональной структуры (ФС) ЗУДТ.

Каждое ЗУДТ можно представить как сложную систему, имеющую иерархическую соподчиненность. Описания иерархической соподчиненности характеризуются двумя свойствами [1]:

каждое последующее описание является более детальным и более полно характеризует ЗУДТ по сравнению с предыдущим;

каждое последующее описание включает в себя предыдущее.

Иерархическую соподчиненность ЗУДТ описывают рядом свойств: потребность или функция ЗУДТ; техническая функция (ТФ); функциональная структура; физический принцип действия (ФПД); техническое решение (ТР); проект (на рис. 1).



Рис. 1. Свойства защитных устройств динамического типа

Рассмотрим более детально описания свойств ЗУДТ. Описание потребности сводится к обеспечению защищенности объекта бронетанковой техники (военной техники) от средств поражения, формализовано его можно представить в виде трех компонентов (табл. 1):

$$P = (D, G, H) , \quad (1)$$

где  $D$  – указание действия, производимого ЗУДТ и приводящего к желаемому результату (к реализации) интересующей потребности;  $G$  – указание объекта, на который направлено действие  $D$ ;  $H$  – указание особых условий и ограничений, при которых выполняется действие  $D$ .

Для описания ТФ ЗУДТ необходимо проанализировать информацию относительно:

потребности, которую может удовлетворить ЗУДТ;  
физической операции, с помощью которой реализуется потребность:

$$F = (P, Q) , \quad (2)$$

где  $P$  – удовлетворяемая потребность (обеспечение защищенности объекта военной техники), описываемая формулой (1),  $Q$  – физическая операция.

Описание физической операции (ФО) формализовано можно представить тремя компонентами:

$$Q = (A_T, E, C_T) \text{ или } Q = (A_T \rightarrow E \rightarrow C_T) , \quad (3)$$

где  $A_T, C_T$  – соответственно входной и выходной поток (фактор) вещества, энергии или сигналов;  $E$  – операция по превращению  $A_T$  в  $C_T$ ; знак « $\rightarrow$ » указывает на преобразование начального состояния (входной поток)  $A_T$  в конечный результат  $C_T$  (выходной поток). Описание ФО отвечает на вопросы «что» ( $A_T$ ), «как» ( $E$ ), «во что» ( $C_T$ ) преобразуется с помощью описываемого ЗУДТ (табл. 2).

Проведенный анализ патентной информации [6–40] показал, что все существующие типы ЗУДТ состоят из нескольких элементов (агрегатов, блоков, узлов, деталей и т. д.) и могут быть разделены на части. Каждый элемент как самостоятельный объект ЗУДТ выполняет определенную функцию и реализует определенную ФО. Таким образом, между элементами ЗУДТ существуют два вида связей и, соответственно, два вида структурной организации. Элементы ЗУДТ, которые имеют определенные функциональные связи друг с другом, и составляют КФС.

Построение КФС начинается с выбора вершины структуры, в нашем случае – ЗУДТ. Второй ряд (по

Таблица 1. Потребности защитных устройств динамического типа

Наименование технического объекта	Компоненты		
	$D$	$G$	$H$
ЗУДТ	воздействие поражающего элемента ЗУДТ	снаряд, средство поражения	не разрушить броневую преграду (снижение разрушений)

Таблица 2. Описание физической операции защитных устройств динамического типа

Наименование технического объекта	Компоненты		
	$A_T$	$E$	$C_T$
ЗУДТ	ВВ	преобразование энергии (взрыв ВВ)	воздействие поражающего элемента ЗУДТ, направленного на средство поражение

горизонтали) состоит из вершин-объектов окружающей среды (ОС), а третий ряд заполнен вершинами, которые отвечают элементам ЗУДТ. После этого строим направленные ребра графа КФС, которые соответствуют функциям элементов ЗУДТ. КФС позволяет получить более наглядное и цельное представление о ЗУДТ с функциональной точки зрения.

Под свойством ФПД понимаем ориентированный граф, вершины которого являются наименованием физических объектов (обеспечивают преобразование входного/выходного потока), а ребра графа являются входными потоками вещества, энергии или сигналов и выходными потоками вещества. ФПД ЗУДТ представляются принципиальной схемой описываемого объекта ЗУДТ, в которой в упрощенной идеализированной форме показаны основные конструктивные элементы, которые обеспечивают реализацию ФПД, и указаны направления потоков и основные физические величины, характеризующие используемые физико-технические эффекты. Построение такой схемы облегчает последующую разработку (конструирование) технического решения.

Техническое решение представляет собой конструктивное оформление ФПД или ФС. При описании ТР ЗУДТ используются группы (часть) признаков с любой степенью детализации:

перечень основных элементов ЗУДТ (техническая система, деталь, узел, блок, агрегат и т. п.);

взаимное расположение элементов ЗУДТ в пространстве;

способы и средства соединения и связи элементов ЗУДТ между собой;

последовательность взаимодействия элементов ЗУДТ во времени;

особенности конструктивного исполнения элементов ЗУДТ (материал, форма);

принципиально важные соотношения параметров для ЗУДТ в целом или отдельных элементов.

Поскольку во всех патентах на устройства дается описание ТР прототипа и нового решения, то для описания ЗУДТ предлагается использовать способы описания ТР, которые хорошо разработаны и изложены в патентной информации [6–40].

Проведенный анализ патентной информации [6–40] ведущих стран мира (США, Израиль, Украина, Швейцария, Россия), которые занимаются разработкой и производством ЗУДТ, показал, что при прогнозировании ТР ЗУДТ применяют разнообразные по существу идеи, которые могут быть классифицированы по таким признакам [2]:

функциональному назначению объекта ЗУДТ (ЗУДТ для танка и других ББМ);

конструкции объекта ЗУДТ (ЗУДТ с солнечной батареей, с электродетонатором ВВ, без ВВ и т. д.);

технологии изготовления объекта ЗУДТ;

принципу действия (используют/не используют энергию взрыва);

форме объекта ЗУДТ (ЗУДТ с/без крышки, ячейки, полости и т. д.);

материалу корпуса ЗУДТ (стеклотекстильный корпус, разные дополнительные покрытия и т. д.);

внешнему виду и оформлению (коробки, блоки и т. д.).

Таким образом, решая ряд частных задач, одна из которых – углубленное изучение конструкции ЗУДТ, получаем возможность спрогнозировать дальнейшее развитие ЗУДТ. При таком изучении структуры ЗУДТ возможно определить и уточнить задачи (каждого элемента):

1) какие функции выполняет каждый элемент ЗУДТ и какие элементы связаны между собой;

2) какие ФО (преобразования) выполняет каждый элемент ЗУДТ и как они взаимосвязаны между собой;

3) на основе каких физико-технических эффектов работает каждый элемент ЗУДТ и как они взаимодействуют между собой.

Построение КФС ЗУДТ основывается на законе соответствия между функцией и структурой. В правильно спроектированном ЗУДТ каждый элемент (от сложного узла до простой детали) и каждый конструктивный признак имеют вполне определенную функцию (назначение) по обеспечению работы ЗУДТ. И если лишить данный ЗУДТ какого-либо элемента или признака, то он либо перестанет работать (выполнять свои функции), либо ухудшит показатели своей работы [1]. Таким образом, каждый элемент ЗУДТ или его конструктивный признак имеют хотя бы одно назначение по обеспечению реализации функции ЗУДТ. Совокупность всех соответствий в ЗУДТ представляет собой ФС в виде ориентированного графа, который отражает системную целостность ЗУДТ и соответствие между его функцией и конструкцией.

В основу анализа функций ЗУДТ и построения КФС положен принцип выделения и рассмотрения структур с двухуровневой иерархией. Использовать многоуровневые структуры для построения КФС не рационально из-за сложности анализа и последующего синтеза технического объекта. При двухуровневой иерархии рассматриваемый ЗУДТ представляет собой верхний уровень, а выделенные ФЭ – нижний. Анализ и синтез двухуровневой структуры ЗУДТ предусматривает последовательное выделение и рассмотрение технического объекта путем перехода по горизонтали или вертикали от одной структуры к другой [1].

Среди всех выделенных элементов ЗУДТ особое внимание уделяем главным элементам (первичным, исходным, функциональным), которые можно выделить у большинства образцов ЗУДТ. К таким элементам будем относить рабочие органы и другие элементы, которые непосредственно взаимодействуют с предметом обработки  $G$  (формула (1)) и другими объектами окружающей среды (ОС). При выделении главных элементов и соответствующих им объектов ОС рекомендуется учитывать следующие свойства [1]:

функция главных элементов, как правило, совпадает с функцией ЗУДТ или в решающей мере зависит от функции ЗУДТ;

объекты ОС для главных элементов, как правило, совпадают с объектами, на которые направлено действие ЗУДТ.

Одновременно с разделением ЗУДТ на элементы выделяют объекты ОС ЗУДТ, с которыми рассматриваемое

Таблиця 3. Аналіз функцій захисних пристроїв динамічного типу. Функція захисних пристроїв динамічного типу – забезпечення захищеності об'єкта бронірованого типу

Елемент		Функції елементів	
Позначення	Найменування	Позначення	Опис
$E$ $V_1$ $V_2$ $V_3$	Захисний пристрій динамічного типу Засіб ураження Броня Зовнішнє середовище	$F$	забезпечення захищеності об'єкта типу
$E_0$	Бронепластина	$F^I_0$	вплив на уражаючий засіб ( $V_1$ )
	Металева (захисна) пластина	$F^{II}_0$	захист ( $E_9$ ) від ( $V_1$ ) та ( $V_3$ )
$E_1$	Корпус Склотекстолітний корпус	$F_1$	розміщення ВР ( $E_9$ )
$E_2$	Пластина	$F_2$	зберігання ВР ( $E_9$ )
$E_3$	Плита	$F_3$	завдання удару по снаряду ( $V_1$ )
$E_4$	Перегородка	$F^I_4$	для підвищення тиску на фронті ударної хвилі між ( $E_0$ )
		$F^{II}_4$	непередбачена детонація ( $E_9$ ) з сусіднім зарядом
$E_5$	Металевий каркас	$F_5$	для розміщення ( $E_1$ ) на ( $V_2$ )
$E_6$	Накладка Прокладка (пінопласт)	$F_6$	не проводить струм від (електроенергії) ( $E_{20}$ ) до ( $E_{15}$ )
$E_7$	Стільникові осередки	$F_7$	локалізація ( $E_9$ ) з метою недопущення спрацювання всієї ВР ( $E_{10}$ )
$E_8$	Кришка (вологостійка) Фальшкришка	$F_8$	забезпечення з'єднання та розміщення ( $E_9$ ), яка розміщена в ( $E_5$ ), та герметизація
$E_9$	Вибухова речовина (ВР) Енергетичний матеріал Реактивний матеріал	$F_9$	для створення енергії, необхідної для впливу на ( $E_0$ ) та придання кінетичної енергії ( $E_0$ )
$E_{10}$	Наповнювач ВР (ЕДЗ)	$F_{10}$	підвищення чутливості ( $E_9$ ) при впливі ( $V_1$ )
$E_{11}$	Флегматизатор ВР (стабілізатор) Інертний матеріал	$F_{11}$	збільшення необхідної енергії ( $E_9$ ) для впливу ( $E_0$ )
$E_{12}$	Кумулятивне облицювання	$F_{12}$	утворення уражального елемента ( $E_{14}$ ) під дією ( $E_9$ )
$E_{13}$	Ковпачок на ВР	$F_{13}$	захист торцевих (відкритих) частин ( $E_9$ )
$E_{14}$	Уражальний елемент	$F_{14}$	передача енергії, яка виділяється від ( $E_9$ ) на ( $V_1$ ) для його руйнування
$E_{15}$	Детонатор / електродетонатор	$F_{15}$	ініціювання ВР ( $E_9$ )
$E_{16}$	Демпфер Амортизуюча накладка Прокладка	$F_{16}$	зниження дії вибуху ( $E_9$ ) на ( $V_2$ )
$E_{17}$	Елемент Пружний елемент	$F_{17}$	захист контейнера ( $E_1$ ) з ВР ( $E_9$ )
$E_{18}$	Покриття: Лакофарбовий матеріал Термостійке покриття Пластина зі скла	$F_{18}$	захист ( $E_1$ ) від зовнішніх впливів ( $V_3$ )
$E_{19}$	Герметик (між стінками корпусу та кришки)	$F_{19}$	забезпечення герметичності внутрішньої порожнини ( $E_1$ ) в умовах ( $V_3$ )
$E_{20}$	Джерело струму (акумуляторна батарея, сонячна батарея)	$F_{20}$	передає електроенергію на ( $E_{15}$ )

ЗУДТ находится в функциональном или вынужденном взаимодействии и которые существенно влияют на конструкцию ЗУДТ. В первую очередь к ЗУДТ относятся объекты, воспринимающие действие ЗУДТ (компонент  $G$  из формулы (1)).

Главными элементами  $E$  ЗУДТ ( $E_1, E_2, \dots$ ), являются те, которые первыми непосредственно взаимодействуют с объектами  $V$  ( $V_1, V_2, \dots$ ), на которые направлено действие или с которыми взаимодействует ЗУДТ при реализации своей функции. Главные элементы ЗУДТ не имеют постоянной обобщенной функции, поскольку функция главных элементов или совпадает с функцией ЗУДТ, или значительно зависит от функции ЗУДТ.

При описании функций элементов целесообразно в скобках дублировать обозначение объектов ОС  $V$  и других элементов  $E$ , которые участвуют в описании функции. Сами функции обозначают буквами  $F_0, F_1, F_2, \dots$  (индексы соответствуют обозначениям элементов). Если ЗУДТ многофункциональное, то его функции обозначают через  $F^I_0, F^I_0, \dots$  в порядке снижения важности.

Если имеется несколько одинаковых элементов, то рассматривается только один элемент. Любой ФЭ можно рассматривать как самостоятельную техническую систему ЗУДТ и разделять на ФЭ.

Результаты разделения ЗУДТ на элементы и описание их функций оформляем в одной таблице, где при описании каждой функции (точнее, ее компонента  $G$  (формула (1)) в скобках приводят обозначения объектов и элементов, на которые направлено действие рассматриваемого элемента. В начале таблицы дополнительно указывают обозначение и наименование объектов  $V$ . Поскольку результаты разделения ЗУДТ на элементы и функции элементов оформляют в одной таблице, то их целесообразно выполнять одновременно (табл. 3).

Объекты ОС ЗУДТ для главных элементов:  $V_1$  – средство поражения,  $V_2$  – броня и  $V_3$  – окружающая среда (пули стрелкового оружия, осколки осколочно-фугасных боеприпасов, кинетического и механического воздействия).

Следует заметить, что компонент  $G$  формулы (1) в описании функции  $F$ , как правило, совпадает с объектами  $V$ . Эту взаимосвязь будем использовать для взаимного контроля правильности описания  $G$  и  $V$ .

Разделение ЗУДТ ведется до неделимых элементов или прекращается на более высоких уровнях иерархии в зависимости от поставленной задачи.

Любая функция и, соответственно, ФС могут иметь множество структур (конструкций), реализующих эту функцию. И, наоборот, у многих ЗУДТ и их элементов могут быть выбраны такие структуры, которые будут выполнять более одной функции.

После проведения анализа функций ЗУДТ переходим к построению КФС. КФС представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются наименования элементов ЗУДТ и объектов  $V$  ОС, а ребрами – функция элементов  $F$  (рис. 2).

При построении графа в верхнем горизонтальном ряду располагаем вершины – главные элементы (функциональные), которые больше всего взаимодействуют с объектами  $V$ ; ниже, во втором ряду вершины – элементы, которые меньше или совсем не взаимодействуют с объектами  $V$ , и так далее до самого нижнего уровня функционального разделения ЗУДТ. Выше элементов первого уровня в горизонтальном ряду располагаем вершины – объекты  $V$ ; еще выше в прямоугольной рамке даем наименование рассматриваемого ЗУДТ, которое становится вершиной нашего графа. Всем вершинам присваиваем обозначения, совпадающие с обозначениями соответствующих ФЭ и объектов  $V$  (из табл. 3, рис. 2).

Ребра графа (рис. 2) являются функциями элементов  $F$ . Ребра выходят из вершин-элементов, функции которых они описывают, и заканчиваются в вершинах-элементах, работу которых они обеспечивают, или в вершинах – объектах  $V$ , с которыми взаимодействуют вершины-элементы, являющиеся началом ребра. Вершины-элементы, в которых заканчиваются ребра-функции, легко определить из описания функции, точнее из описания ее компонента  $G$  из выражения (1). Для этого в табл. 3 результатов анализа функций ЗУДТ при описании  $G$  специально выделяем в скобках обозначения этих элементов. Если элемент имеет несколько функций, например  $F^I_0, F^I_0$  и  $F^I_4, F^I_4$ , то из соответствующих вершин  $E_0$  и  $E_4$  будут выходить два ребра-функции. Всем ребрам на графе присваивают обозначения, совпадающие с обозначениями соответствующих функций элементов.

ФЭ первого уровня взаимодействуют с объектами ОС  $V_1, V_2, V_3$  и одновременно могут держать связь с элементами нижнего уровня. ФЭ второго уровня взаимодействуют с элементами первого уровня, но не взаимодействуют с объектами ОС.

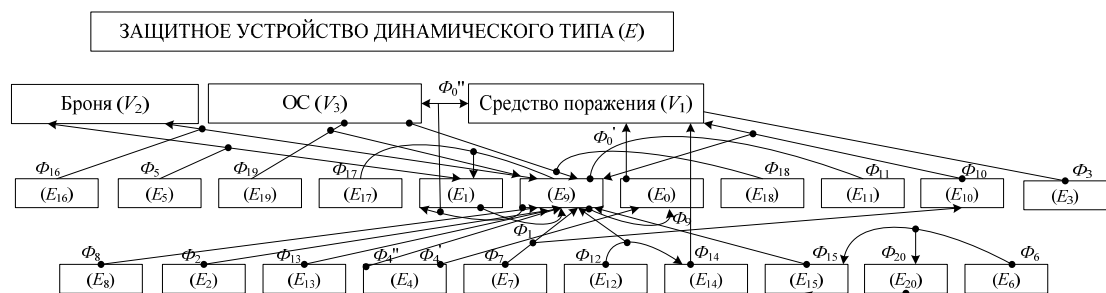


Рис. 2. Функциональная структура защитных устройств динамического типа

От главных элементов обычно начинаются цепочки взаимосвязанных с ними обеспечивающих элементов, т. е. главные элементы (например, элемент  $E_9$  на рис. 2) являются как бы ядром, вокруг которого в функциональном смысле группируются (организуются) остальные элементы ЗУДТ.

Таким образом, анализ КФС разрабатываемых ЗУДТ проводится в целях поиска более эффективных конструкторско-технологических решений. Методика построения КФС ЗУДТ и поиска эффективных конструкторско-технологических решений по ЗУДТ не что иное, как (рис. 3):

1. Оценка функциональной ценности каждого элемента ЗУДТ (узла или детали) с точки зрения его исключения и передачи его функции другому элементу.
2. Выделение в ФС комплекса функций в целях их реализации одним автономным техническим средством ЗУДТ.
3. Оценка целесообразности изменения потоковой ФС и выбора более рациональной последовательности ФЭ ЗУДТ.
4. Оценка целесообразности разделения функций элементов, выполняющих две и более функций.

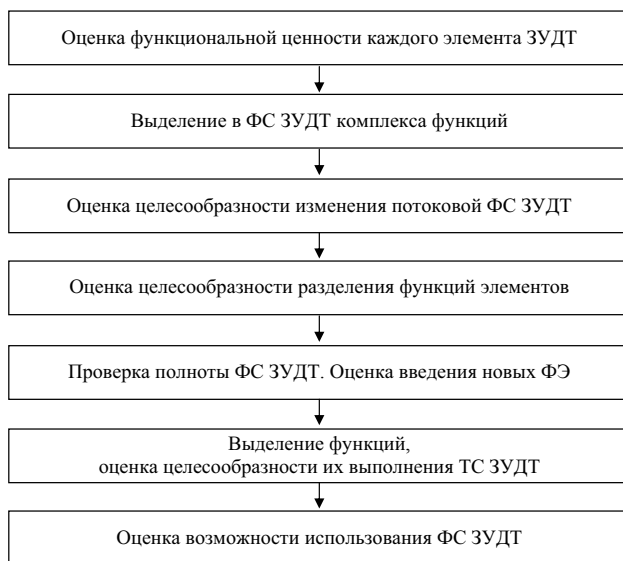


Рис. 3. Методика поиска эффективных конструкторско-технологических решений ЗУДТ

5. Проверка полноты ФС в соответствии с закономерностью функционального строения данного класса ЗУДТ. Оценка целесообразности введения новых ФЭ.
6. Выделение функций, выполняемых человеком, и оценка возможности и целесообразности их выполнения техническими средствами.
7. Оценка возможности использования ФС ЗУДТ, выполняющих близкие и аналогичные функции и имеющих опережающие темпы развития по сравнению с разрабатываемым классом ЗУДТ.

**Вывод.** В настоящей работе построена КФС ЗУДТ, которая позволяет получить более наглядное и цельное представление о ЗУДТ с функциональной точки зрения, предназначенной для повышения защищенности ББМ. Предложена методика построения КФС ЗУДТ. Сформулированы основные конструктивные признаки (элементы) ЗУДТ и их ФЭ. Данная работа может послужить основой для создания методологии исследования ЗУДТ и выбора адекватных методов анализа и прогнозирования их развития с функциональной и физической точек зрения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Половинкин, А. И.* Основы инженерного творчества [Текст] : учеб. пособ. для студентов вузов / А. И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
2. *Половинкин, А. И.* Автоматизация поискового конструирования [Текст] / А. И. Половинкин. – М. : Радио и связь, 1981. – 344 с.
3. *Чепков, И. Б.* Основные направления и проблемы совершенствования взрывных защитных устройств [Текст] / И. Б. Чепков, С. В. Лапицкий // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2005. – № 2. – С. 30–36.
4. *Чепков, И. Б.* Классификация защитных устройств динамического типа [Текст] / И. Б. Чепков // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2004. – № 3. – С. 24–28.
5. *Патент UA41788.* Пристрій для захисту перешкоди від надшвидкісних засобів ураження [Текст] / В. Хитрик. – Пуб. 17.09.2001.
6. *Патент UA22154.* Пристрій для захисту перепони від снарядів [Текст] / С. Бодров. – Пуб. 30.04.1998.
7. *Патент UA48916.* Пристрій для захисту перешкоди від надшвидкісних засобів ураження [Текст] / В. Хитрик. – Пуб. 15.08.2002.
8. *Патент UA72781.* Пристрій для захисту перешкоди від високошвидкісних засобів ураження [Текст] / В. Хитрик. – Пуб. 15.11.2002.
9. *Патент RU2060438.* Устройство для защиты от высокоскоростных средств поражений [Текст]. – Пуб. 20.05.1993.
10. *Патент RU2064650.* Устройство для защиты препятствий от снарядов [Текст]. – Пуб. 27.07.1996.
11. *Патент RU2064154.* Броневая защита [Текст]. – Пуб. 20.07.1996.
12. *Патент RU2079091.* Элемент динамической защиты от кумулятивных боеприпасов [Текст]. – Пуб. 10.05.1997.
13. *Патент RU2284003.* Динамическая защита [Текст]. – Пуб. 20.09.2006.
14. *Патент RU2284004.* Динамическая защита [Текст]. – Пуб. 20.09.2006/.
15. *Патент RU2397429.* Броневая защита танка [Текст]. – Пуб. 20.08.2010/.
16. *Патент RU2482428.* Динамическая защита Голодяева [Текст]. – Пуб. 20.05.2013.



17. Патент RU2514965. Бронированный объект с динамической защитой и электрооборудованием [Текст]. – Пуб. 10.05.2014.
18. Pat. US3592148. Explosive armor [Text] / J. Manis. – Publ. 13.07.1971.
19. Pat. US4368660. Protective arrangement against projectiles, particularly hollow explosive charge projectiles [Text] / M. Held. – Publ. 18.01.1983.
20. Pat. US4665794. Armor and a method of manufacturing it [Text] / U. Gerber. – Publ. 19.05.1987.
21. Pat. US5070764. Combined reactive and passive armor [Text] / H. Shevach. – Publ. 10.12.1991.
22. Pat. US5370034. Reactive armor system with improved flyplates [Text] / J. Turner. – Publ. 06.12.1994.
23. Pat. US5577432. Protective device having a reactive armor [Text] / W. Becker. – Publ. 26.11.1996.
24. Pat. US5637824. Reactive armour effective against normal and skew attack [Text] / M. Benyami. – Publ. 10.06.1997.
25. Pat. US5739458. Protection devices for a vehicle or structure and method [Text] / P. Girard. – Publ. 14.04.1998.
26. Pat. US6345563. Reactive pill armor [Text] / M. Middione. – Publ. 12.02.2002.
27. Pat. US6962102. Armour constructions [Text] / C. Johnston. – Publ. 08.11.2005.
28. Pat. US7322267. Enhanced weight armor system with reactive properties [Text] / D. Munson. – Publ. 29.01.2008.
29. Pat. US8037804. Dynamic armor [Text] / G. Wahlquist. – Publ. 18.10.2011.
30. Pat. US2004/0050239. Explosive matrix for a reactive armor element [Text] / M. Benyami. – Publ. 18.03.2004.
31. Pat. US2006/0086243. Explosive reactive armor with momentum transfer mechanism [Text] / Y. Seo. – Publ. 27.04.2006.
32. Pat. US2010/0300275. Apparatus for providing protection from ballistic rounds projectiles, fragment and explosive [Text] / D. Warren. – Publ. 02.12.2010.
33. Pat. US2011/0247481. Dynamically stressed armor [Text] / G. Simovich. – Publ. 13.10.2011.
34. Pat. US2012/0132064. Armor having prismatic, tessellated core [Text] / D. Hunn. – Publ. 31.05.2012.
35. Pat. US9207046 B1. Reactive armor system and method [Text] / D. Warren. – Publ. 08.12.2015.
36. Pat. CH691408 A5 Schutzvorrichtung mit einer reaktiven Panzerung [Text] / W. Becker. – Publ. 13.07.2001.
37. Pat. IL110736. Reactive protection device against projectiles [Text] / S. Bodrov. – Publ. 15.06.1998.
38. Pat. IL88985. Reactive armour effective against normal and attack [Text]. – Publ. 30.03.1995.
39. Pat. IL70914. Element for an add-on reactive armor for land vehicles [Text] / E. Ratner, J. Erlich. – Publ. 31.08.1988.
40. Патент EA0066720. – Устройство высокочувствительной взрывной реактивной защиты [Текст]. – Пуб. 24.02.2006.

**Рецензент С. В. Лапицкий**, д-р техн. наук, проф.  
(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины)

УДК 623.412

**Т. Е. АЛЕКСАНДРОВА,***доктор технических наук**(Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков)*

## Метод главной координаты в теории стабилизируемых систем

*Предлагается метод параметрического синтеза стабилизатора линейного объекта, основанный на использовании понятия «главной координаты» стабилизируемого объекта.*

*Пропонується метод параметричного синтезу стабілізатора лінійного об'єкта, який засновано на використанні поняття «головної координати» об'єкта, що стабілізується.*

Понятие «главная координата» по отношению к стабилизируемому объекту впервые было введено в работе [1]. Под «главной координатой» будем понимать координату, в наибольшей мере характеризующую поведение стабилизируемого объекта. Изменение главной координаты в стабилизируемом процессе определяет значение функционала качества, вычисленного при решениях математической модели возмущенного движения замкнутой системы стабилизации. Для стабилизируемых объектов и, в частности, объектов военного назначения (танковых и корабельных пушек, самолетов, ракет различного класса) главной координатой обычно является угол отклонения стабилизируемого объекта от заданного направления, а основным требованием к стабилизатору является требование точности стабилизации объекта, которое качественно оценивается значением интегрального квадратичного функционала

$$I = \int_0^T \varphi^2(t) dt, \quad (1)$$

вычисленного на решениях замкнутой системы стабилизации. В соотношении (1) через  $\varphi(t)$  обозначена главная координата стабилизируемого объекта;  $T$  – время анализа качества замкнутой системы стабилизации.

Если предположить, что возмущенное движение замкнутой системы стабилизации описывается линейным векторно-матричным дифференциальным уравнением

$$\dot{X}(t) = A(\alpha)X(t) \quad (2)$$

где  $X(t)$  –  $n$ -мерный вектор состояния;  $\alpha$  –  $m$ -мерный вектор варьируемых параметров стабилизатора, то задача параметрического синтеза стабилизатора состоит в отыскании вектора  $\alpha \in G_\alpha$ , обеспечивающего на решениях системы (2) минимум интегрального квадратичного функционала

$$I(\alpha) = \int_0^T \langle X(t, \alpha), QX(t, \alpha) \rangle dt, \quad (3)$$

где  $G_\alpha$  – множество допустимых векторов  $\alpha$ ;  $Q$  – симметрическая сylvестрова матрица.

В работе [1] показано, что сформулированная задача параметрического синтеза на множестве  $G_\alpha$  имеет единственное решение, иными словами, функционал (3), вычисленный на решениях системы (2) на множестве  $G_\alpha$ , имеет единственный минимум.

В работе [2] показано, что значение функционала (3) составляет

$$I(\alpha) = \langle X(0), K(\alpha)X(0) \rangle, \quad (4)$$

где квадратная симметрическая матрица  $K(\alpha)$  является решением линейного матричного алгебраического уравнения Ляпунова

$$K(\alpha)A(\alpha) + A^T(\alpha)K(\alpha) + Q = 0, \quad (5)$$

а символ  $T$  означает транспонирование матрицы.

Решение сформулированной выше задачи параметрического синтеза стабилизатора сводится к поиску минимакса квадратичной формы (4)

$$I^* = \min_{\alpha \in G_\alpha} \max_{X(0) \in G_X} \langle X(0), K(\alpha)X(0) \rangle, \quad (6)$$

где  $G_X$  – область допустимых значений вектора  $X(0)$ .

Поиск минимакса квадратичной формы (4) является весьма непростой задачей, для решения которой требуются современные сертифицированные программные продукты. В связи с этим **целью** настоящей статьи является использование понятия «главной координаты» стабилизируемого объекта для упрощения решения задачи параметрического синтеза стабилизатора.

Без ограничения общности предположим, что главной координатой, характеризующей поведение замкнутой системы стабилизации, является координата  $x_1(t)$ . Обычно при исследовании процессов стабилизации задают следующие начальные условия системы (2):  $x_1(0) = x_{10}$ ;  $x_2(0) = x_3(0) = \dots = x_n(0) = 0$ , т. е. ненулевое начальное условие имеет место только лишь по главной координате. Тогда квадратичная форма (4) принимает следующий вид:

$$I(\alpha) = k_{11}(\alpha)x_{10}^2. \quad (7)$$

В связи с тем, что оптимальное значение аргумента, обеспечивающего минимум некоторой функции, не зависит от постоянного множителя в соотношении, описывающем функцию, то соотношение (7) может быть представлено в виде

$$I(\alpha) = k_{11}(\alpha), \quad (8)$$

где  $k_{11}(\alpha)$  – первый главный диагональный элемент матрицы  $K(\alpha)$ , а задача поиска минимакса квадратичной формы (4) заменяется задачей поиска минимума функции (8)

$$I^* = \min_{\alpha \in G_\alpha} k_{11}(\alpha), \quad (9)$$

что значительно упрощает решение задачи параметрического синтеза.

В качестве множества  $G_\alpha$  обычно используется область устойчивости в  $m$ -мерном пространстве компонент вектора  $\alpha$ .

В качестве примера рассмотрим замкнутую систему наведения и стабилизации танковой пушки, возмущенное движение которой описывается линейными дифференциальными уравнениями из работы [1]:

$$\ddot{\varphi}(t) = -\frac{k_m k_d}{I_n} \beta(t); \quad (10)$$

$$\ddot{\beta}(t) = -\frac{1}{T_1^2} \beta(t) - \frac{T_2}{T_1^2} \dot{\beta}(t) + \frac{k_c k_y}{c T_1^2} k_\varphi \varphi(t) + \frac{k_c k_y}{c T_1^2} k_c k_\varphi \dot{\varphi}(t),$$

где  $\varphi(t)$  – угол поворота оси канала ствола танковой пушки относительно направления на цель;  $\beta(t)$  – угол поворота якоря электрогидравлического усилителя относительно нейтрального положения;  $I_n$  – момент инерции пушки относительно оси цапф;  $T_1, T_2$  – постоянные времени электромагнита управления;  $k_m, k_d, k_c, k_y, k_\varphi$  – коэффициенты пропорциональности;  $c$  – коэффициент жесткости пружины якоря;  $k_\varphi, k_\dot{\varphi}$  – варьируемые параметры стабилизатора, подлежащие выбору.

Производя замену переменных  $x_1(t) = \varphi(t)$ ;  $x_2(t) = \dot{\varphi}(t)$ ;  $x_3(t) = \beta(t)$ ;  $x_4(t) = \dot{\beta}(t)$ , систему (10) и функционал (1) записываем в виде

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_2(t); \\ \dot{x}_2(t) &= -\frac{k_m k_d}{I_n} x_3(t); \\ \dot{x}_3(t) &= x_4(t); \\ \dot{x}_4(t) &= \frac{k_c k_y}{c T_1^2} k_\varphi x_1(t) + \frac{k_c k_y}{c T_1^2} k_c k_\varphi x_2(t) - \frac{1}{T_1^2} x_3(t) - \frac{T_2}{T_1^2} x_4(t), \end{aligned} \quad (11)$$

$$I(k_\varphi, k_\dot{\varphi}) = \int_0^T x_1^2(t) dt. \quad (12)$$

Собственная матрица системы (11)

$$A(k_\varphi, k_\dot{\varphi}) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{k_m k_d}{I_n} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{k_c k_y}{c T_1^2} k_\varphi & \frac{k_c k_y}{c T_1^2} k_c k_\varphi & -\frac{1}{T_1^2} & -\frac{T_2}{T_1^2} \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Матрица квадратичной формы подынтегральной функции функционала (12)

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Рассмотрим характеристическое уравнение замкнутой системы (11)

$$\det[A(k_\varphi, k_\dot{\varphi}) - Es] = \det \begin{bmatrix} -s & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -s & -\frac{k_m k_d}{I_n} & 0 \\ 0 & 0 & -s & 1 \\ \frac{k_c k_y}{c T_1^2} k_\varphi & \frac{k_c k_y}{c T_1^2} k_c k_\varphi & -\frac{1}{T_1^2} & -\frac{T_2}{T_1^2} - s \end{bmatrix} = 0$$

или

$$s^4 + \frac{T_2}{T_1^2} s^3 + \frac{1}{T_1^2} s^2 + \frac{k_m k_d k_c k_y}{c I_n T_1^2} k_c k_\dot{\varphi} s + \frac{k_m k_d k_c k_y}{c I_n T_1^2} k_\varphi = 0. \quad (15)$$

Значения параметров танковой пушки с электрогидравлическим исполнительным органом составляют  $I_n = 736,9 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$ ;  $T_1 = 10^{-2} \text{ с}$ ;  $T_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ ;  $c = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $k_c = 0,2 \text{ с}^2$ ;  $k_m = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{Па}^{-1}$ ;  $k_d = 1,228 \cdot 10^7 \text{ Па}$ ;  $k_a = 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{А}^{-1}$ ;  $k_y = 10 \text{ Ом}$ .

Тогда характеристическое уравнение (15) записывается в виде

$$s^4 + 5s^3 + 10^4 s^2 + 0,2 \cdot 10^4 k_\dot{\varphi} s + 10^4 k_\varphi = 0. \quad (16)$$

В плоскости варьируемых параметров стабилизатора ( $k_\varphi, k_\dot{\varphi}$ ) построим линии равной степени устойчивости [3], для чего в (16) произведем замену  $s = \beta + j\omega$ , выделим в полученном уравнении действительную и мнимую части, приравняем их к нулю и найдем коэффициенты  $k_\varphi$  и  $k_\dot{\varphi}$ :

$$k_\phi = 3 \cdot 10^{-4} \beta^4 + 2 \cdot 10^{-4} \beta^2 \omega^2 - 10^{-4} \omega^4 + 10^{-3} \beta^3 - 10^{-3} \beta \omega^2 + \omega^2 + \beta^2; \quad (17)$$

$$k_\phi = -2 \cdot 10^{-3} \beta^3 + 2 \cdot 10^{-3} \beta \omega^2 - 7,5 \cdot 10^{-3} \beta^2 + 2,5 \cdot 10^{-3} \omega^2 - 10 \beta.$$

В плоскости варьируемых параметров  $(k_\phi, k_\phi)$  с помощью соотношений (17) построим кривые при изменении  $\omega$  от нуля до бесконечности для различных отрицательных значений  $\beta$ . При  $\beta = 0$  построенная кривая представляет собой область устойчивости замкнутой системы стабилизации, а при  $\beta_k < 0$ ,  $(k = 1 \text{ s})$  – линию равной степени устойчивости. При нахождении точки  $(k_\phi, k_\phi)$  на этой кривой запас устойчивости системы составляет  $\beta = \beta_k$  (рис. 1).

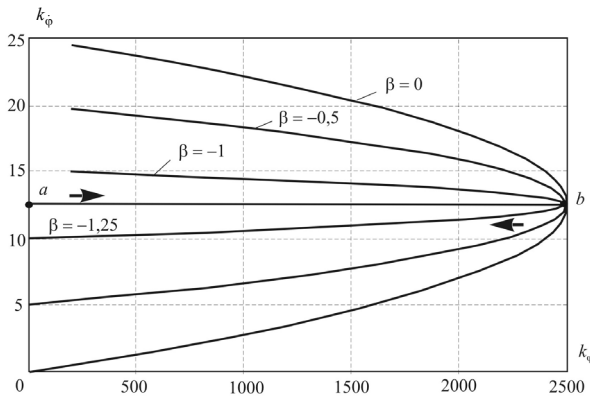


Рис. 1. Кривые равной степени устойчивости системы (11)

При  $\beta = -1,25$  кривые равной степени устойчивости стягиваются в отрезок прямой, параллельной оси абсцисс, ограниченный точками  $a = 1,5613$  и  $b = 2496,87$ . Если значения варьируемых параметров  $k_\phi$  и  $k_\phi$  выбраны на отрезке  $(a, b)$ , то замкнутая система стабилизации имеет постоянный максимальный запас устойчивости. Всюду на отрезке  $(a, b)$  значение параметра  $k_\phi$  постоянно и равно  $k_\phi^* = 12,5$ .

В системе (11) главной координатой является переменная  $x_1(t)$ , поэтому в качестве начальных условий выберем  $x_1(0) = x_{10}$ ;  $x_2(0) = x_3(0) = x_4(0) = 0$ . Действительно, в момент  $t = 0$  танковая пушка отклонена от направления на цель на угол  $x_{10}$ , а стабилизатор отключен, следовательно  $x_2(0) = x_3(0) = x_4(0) = 0$ . После выбора цели в момент  $t = 0$  стабилизатор включается и происходит наводка оси канала ствола на цель. При выбранных начальных условиях значение функционала (12) определяется формулой (8), где вектор варьируемых параметров

$$\alpha = [k_\phi \ k_\phi]^T.$$

Квадратную симметричную матрицу  $K(k_\phi, k_\phi)$  будем отыскивать в виде

$$K(k_\phi, k_\phi) = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} \\ k_{12} & k_{22} & k_{23} & k_{24} \\ k_{13} & k_{23} & k_{33} & k_{34} \\ k_{14} & k_{24} & k_{34} & k_{44} \end{bmatrix}. \quad (18)$$

Подставим матрицы (13), (14) и (18) в матричное уравнение (5), которое эквивалентно системе линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных элементов матрицы (18):

$$2 \cdot 10^3 k_\phi k_{14} + 1 = 0;$$

$$k_{11} + 0,2 \cdot 10^3 k_\phi k_{14} + 10^3 k_\phi k_{24} = 0;$$

$$-10 k_{12} - 10^{-4} k_{14} + 10^3 k_\phi k_{34} = 0;$$

$$k_{13} - 50 k_{14} + 10^3 k_\phi k_{44} = 0;$$

$$k_{12} + 0,2 \cdot 10^3 k_\phi k_{24} = 0;$$

$$-10 k_{22} - 10^{-4} k_{24} + k_{13} + 0,2 \cdot 10^3 k_\phi k_{34} = 0; \quad (19)$$

$$k_{23} - 50 k_{24} + k_{14} + 0,2 \cdot 10^3 k_\phi k_{44} = 0;$$

$$-10 k_{23} - 10^4 k_{34} = 0;$$

$$k_{33} - 50 k_{34} - 10^3 k_{24} - 10^4 k_{44} = 0;$$

$$k_{34} - 50 k_{44} = 0.$$

Из системы (19) получаем

$$k_{11}(k_\phi, k_\phi) = \frac{k_\phi}{k_\phi} + \frac{10^3 k_\phi + 2,5 k_\phi - 25 \cdot 10^3}{40 k_\phi^2 - 10^3 k_\phi + 2,5 k_\phi}. \quad (20)$$

В соотношении (20) положим  $k_\phi = 12,5$ . В результате имеем

$$k_{11}(k_\phi) = \frac{12,5}{k_\phi} + \frac{2,5 k_\phi + 12,5 \cdot 10^3}{2,5 k_\phi - 6,25 \cdot 10^3}. \quad (21)$$

Отыщем минимум функции (21) по  $k_\phi$ , для чего продифференцируем правую часть (21) по  $k_\phi$  и результат дифференцирования приравняем нулю:

$$k_\phi^2 + 25,1 k_\phi - 3 \cdot 10^4 = 0. \quad (22)$$

Решение квадратного уравнения (22) позволяет получить на отрезке  $(a, b)$  точку  $k_\phi = 161,1$ , обеспечивающую минимум функции (21). На рис. 2 показаны сечения функции двух переменных (20) по переменной  $k_\phi$  при различных постоянных значениях переменной  $k_\phi$ .

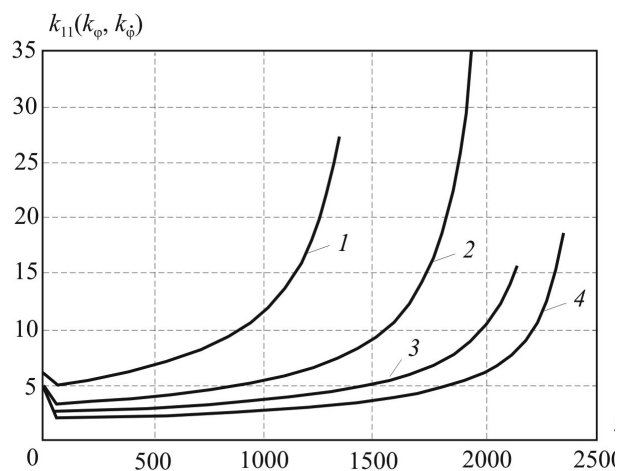


Рис. 2. Сечения функции (20) при  $k_\phi = 5$  (кривая 1);  $k_\phi = 7,5$  (кривая 2);  $k_\phi = 10$  (кривая 3);  $k_\phi = 12,5$  (кривая 4)

Анализ рис. 2 позволяет сделать вывод, что функционал (7), вычисленный на решениях системы (11),

имеет единственный минимум в области устойчивости замкнутой системы (11).

**Заключение.** Предложенный метод параметрического синтеза стабилизатора линейного объекта, основанный на использовании понятия «главной координаты» стабилизируемого объекта, позволяет получить значения варьируемых параметров стабилизатора, обеспечивающих максимальный запас устойчивости замкнутой системе стабилизации и минимум интегральному квадратичному функционалу, являющемуся количественной оценкой точности замкнутой системы.

#### Список литературы

1. *Александрова, Т. Е.* О единственности решения задачи параметрического синтеза

линейной динамической системы с интегральным квадратичным критерием оптимальности [Текст] / Т. Е. Александрова // Системи обробки інформації. – Харків : Харківський університет Повітряних Сил. – 2013. – Вип. 7 (114). – С. 116–120.

2. *Александров, Е. Е.* Автоматизированное проектирование динамических систем с помощью функций Ляпунова [Текст] / Е. Е. Александров, М. В. Бех. – Харьков : Основа, 1993. – 113 с.
3. *Орурк, И. А.* Новые методы синтеза линейных и некоторых нелинейных динамических систем [Текст] / И. А. Орурк. – М.-Л. : Наука, 1965. – 207 с.

**Рецензент Д. О. Волонцевич**, д-р техн. наук, проф.  
(Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»)

УДК 623.4.0725(043.3)

**В. А. СІВАК,**

кандидат технічних наук, доцент  
(Національна академія Державної прикордонної  
служби України ім. Б. Хмельницького,  
м. Хмельницький)

## Альтернативний підхід до оцінки живучості зразків транспортних засобів та бойових броньованих машин

*Розкрита сутність та зміст альтернативного підходу до емпіричної оцінки живучості зразків транспортних засобів та бойових броньованих машин, що полягає в проведенні експертної оцінки їх стійкості від засобів виявлення та ураження противника. Наведений підхід може бути закладений в основу удосконаленої методики оцінки живучості як окремих зразків транспортних засобів та бойових броньованих машин, так і їх сукупності в різних умовах бойової обстановки. Отриманий результат дасть змогу керівникам здійснювати прогнозування та грамотне оперування способами використання транспортних засобів та бойових броньованих машин в умовах виконання різноманітних бойових завдань.*

*Ключові слова: методи, транспортні засоби, бойові броньовані машини, живучість, бойова обстановка.*

*Раскрыта сущность и содержание альтернативного подхода к эмпирической оценке живучести образцов транспортных средств и боевых бронированных машин, который заключается в проведении экспертной оценки их стойкости к действию средств обнаружения и поражения противника. Рассмотренный подход может быть положен в основу усовершенствованной методики оценки живучести как отдельных образцов транспортных средств и боевых бронированных машин, так и их совокупности в различных условиях боевой обстановки. Полученный результат дает возможность руководителям осуществлять прогнозирование и грамотное оперирование способами использованием транспортных средств и боевых бронированных машин в условиях выполнения различных боевых задач.*

*Ключевые слова: методы, транспортные средства, боевые бронированные машины, живучесть, боевая обстановка.*

Захист національних інтересів України у сфері прикордонної безпеки здійснюють підрозділи та органи Державної прикордонної служби України (ДПСУ), які для забезпечення оперативності та мобільності при виконанні оперативно-бойових завдань використовують сучасні транспортні засоби (ТЗ) та бойові броньовані машини (ББМ) різних модифікацій [1]. У процесі їх застосування в бойових умовах особливого періоду досить актуальною постає проблема щодо точності оцінки живучості даних зразків ТЗ та ББМ, яка необхідна для правильного оперування способами їх використання в умовах виконання різноманітних бойових завдань [2].

Досвід з дослідження питань з проведення оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ полягає в застосуванні методів порівняльного аналізу тактико-технічних характеристик ТЗ та ББМ з комплексними показниками відповідних бойових властивостей військово-технічного рівня та оцінки їх за критеріями «ціна–якість», який здійснювався в наукових працях таких вчених, як А. Н. Бабакин, Ю. С. Кузнецов, М. І. Субчев та ін. [3–4].

Проте дані методики враховують лише показники основних бойових властивостей зразків та їх бойовий потенціал, тому для підвищення точності оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ підрозділів та органів ДПСУ автором пропонується альтернативний підхід, який на основі використання апробованих методів експертних оцінок, ранжирування та «експерти і фактори» дозволить розробити удосконалену методику емпіричної оцінки живучості парку ТЗ і ББМ. Використання даної методики сприятиме проведенню експертної оцінки та порівнянню основних властивостей, що характеризують конструктивну живучість зразків ТЗ та ББМ підрозділів та органів ДПСУ, з основними вимогами, які висуваються до живучості цих зразків в умовах бойового застосування.

**Метою** статті є розкриття сутності та змісту альтернативного підходу до емпіричної оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ, що може бути покладений в основу удосконаленої методики.

У межах теоретичного аспекту розробленої та запропонованої автором концепції забезпечення безпечної експлуатації ТЗ підрозділів та органів ДПСУ в умовах охорони державного кордону, сутність якої викладена у матеріалах [5], пропонується альтернативний підхід до оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ, який покладений в основу удосконаленої методики емпіричної оцінки живучості парку ТЗ та ББМ.

Одним з основних критеріїв бойової ефективності зразка є його живучість, яка полягає в їх захищеності від виявлення та ураження сучасними засобами противника [6]. Досвід виконання оперативно-бойових завдань та спільних операцій прикордонних підрозділів в зоні АТО виявив необхідність у грамотному прогнозуванні та оперуванні способами використання ТЗ та ББМ в різних умовах виконання бойових завдань.

Запропонованими технічними рішеннями, що дозволяють забезпечити ефективний захист ТЗ та ББМ від різного виду зброї, є оптимізація компоновальних і конструктивних схем; впровадження матеріалів, які

забезпечують скритність; застосування різних видів бронювання; впровадження засобів посилення протимінної стійкості; використання сучасних високоміцних матеріалів, встановлення захисту від зброї масового ураження.

Так, наприклад, для підтримання живучості ТЗ і ББМ в умовах виконання СБЗ та ведення бойових дій застосовують конструктивні елементи, що підвищують живучість ТЗ і ББМ, тобто елементи активного та пасивного захисту, до них відносяться протикумулятивні решітки та елементи динамічного захисту БТР-70УД, які монтується на бойові машини прикордонників на базі Миколаївського танкоремонтного заводу, а також Київського науково-виробничого об'єднання «Практика».

Для моделювання, проектування та аналізу зазначених організаційно-технічних систем отримали розповсюдження експертні системи, які оперують емпіричними оцінками, що були отримані на основі особистого досвіду та знань експертів (або групи експертів). Основним математичним апаратом формалізації подання і обробки експертних оцінок та висловлювань є теорія нечітких множин [7]. Застосування апарату нечітких множин – це спроба математичної формалізації нечітких (експертних) оцінок у вигляді лінгвістично поіменованих функцій для побудови моделей обробки цих оцінок як композиції вказаних функцій, що мають просту лінгвістичну інтерпретацію. У результаті з'являється можливість для кінцевого користувача оперувати натуральними предметно-орієнтованими лінгвістичними термами, що подаються на рівні обрахувань у вигляді чисел. Такий підхід дає приблизні проте якісні способи опису складних та нечітко визначених організаційно-технічних систем. Теоретичні підстави для застосування даного підходу загалом точні та суворі в математичному сенсі та не є самі по собі джерелом невизначеності. У кожному конкретному випадку ступінь точності рішення може бути узгоджена з вимогами конкретного завдання.

У межах пошуку альтернативи існуючим методикам запропонований підхід до оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ, сутність якого полягає в проведенні експертної оцінки їх стійкості від засобів виявлення та ураження противника, а також порівняння основних властивостей, що характеризують конструктивну живучість зразків, з основними вимогами, які висувуються до їх живучості в умовах бойового застосування.



Рис. 1. Блок-схема основних етапів реалізації альтернативного підходу до емпіричної оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ

Блок-схема основних етапів реалізації запропонованого альтернативного підходу до емпіричної оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ зображена на рис. 1.

Розкриємо структуру поетапної реалізації основних елементів запропонованого альтернативного підходу.

1. На першому етапі здійснюється загальна формалізація завдання, що полягає у виборі доцільних методів емпіричної оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ, а також у визначенні послідовності та особливості процедури проведення дослідження. У межах визначеного завдання вибрано дослідні типи та марки зразків ТЗ та ББМ, якими на сучасному етапі укомплектовані підрозділи та органи ДПСУ (табл. 1).

Таблиця 1. Перелік марок запропонованих дослідних зразків ТЗ та ББМ

№ з/п	Марка ТЗ (ББМ)	Тип зразка
1	УАЗ-3163 «Патріот»	Транспортний засіб
2	ВАЗ-2123 «Chevrolet Niva»	Транспортний засіб
3	Land Rover «Defender»	Транспортний засіб
4	Renault «Duster»	Транспортний засіб
5	Ford «Ranger»	Транспортний засіб
6	Volkswagen «Amarok»	Транспортний засіб
7	ББМ «Козак»	Бойова колісна броньована машина
8	ББМ «Козак-2»	Бойова колісна броньована машина
9	ББМ «Дозор-Б»	Бойова колісна броньована машина
10	ББМ «Барс-8»	Бойова колісна броньована машина
11	ББМ «Тритон»	Бойова колісна броньована машина
12	ББМ КрАЗ «Спартан»	Бойова колісна броньована машина
13	ББМ КрАЗ «Кугуар»	Бойова колісна броньована машина
14	БТР АТ105 «Саксон»	Бронетранспортер
15	БРДМ-2Ді «Хазар»	Броньована розвідувально-дозорна машина

2. На другому етапі формується експертна група з оцінки живучості зразків ТЗ та ББМ, яка складається з досвідчених фахівців, що мають практичний досвід експлуатації та бойового застосування сучасних зразків ТЗ та ББМ, досконало знають їх тактико-технічні характеристики і бойові можливості, а також вимоги керівних та нормативних документів з організації експлуатації ТЗ та ББМ.

Для підбору експертної групи з числа ймовірних кандидатів їм пропонується заповнити анкети для визначення рівня своєї компетенції, яка полягає в проведенні самооцінки та оцінки аргументованості [8].

Після чого за результатами опитування кандидатів у експерти здійснюється відбір з усіх можливих кандидатів та формування групи з експертів, які виявили найвищий рівень компетентності та спроможні неупереджено оцінити рівень живучості дослідних зразків ТЗ та БМ.

Визначення чисельності експертної групи  $N_{EF}$  здійснюється за формулою

$$N_{EF} = \frac{\varphi d^2}{\Delta Q^2(1-\bar{Y})}, \quad (1)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт, який залежить від величини довірчої ймовірності, приймаємо ( $\varphi = 0,07$ );  $d$  – розмах оцінок, приймаємо  $d = 3$ ;  $\Delta Q^2$  – абсолютна похибка, приймаємо  $\Delta Q = 0,5$ ;  $\bar{Y}$  – довірна ймовірність, приймаємо  $\bar{Y} = 0,75$ .

Проведемо відповідні розрахунки за формулою (1):

$$N_{EF} = \frac{0,07 \cdot 9}{0,25 \cdot (1 - 0,75)} = 11,52 \approx 12.$$

3. На третьому етапі здійснюється безпосередня робота експертної групи з оцінки живучості зразків ТЗ та БМ, яка полягає у заповненні анкети (табл. 2) з кожної властивості живучості, що пропонується, та виставленню проти кожної властивості якісної оцінки її характеристики за шкалою «0»; «1» та «2». При цьому рівень оцінювання характеризується таким чином:

«2» – коли за думкою експерта параметри, що характеризують живучість зразка, повністю забезпечують дану властивість;

«1» – коли за думкою експерта параметри, що характеризують живучість зразка, лише частково забезпечують дану властивість;

«0» – коли за думкою експерта параметри, що характеризують живучість зразка, не забезпечують дану властивість.

4. На четвертому етапі відбувається обробка анкет за допомогою методу «експерти–фактори» (табл. 3) та отримуються коефіцієнти властивості живучості на кожний зразок ТЗ та БМ (табл. 4).

Після чого отримуємо загальну оцінку зразка як середнє арифметичне за кожною властивістю живучості кожного з дослідних зразків.

Таким чином, розглянутий у цій статті альтернативний підхід до емпіричної оцінки живучості зразків ТЗ та БМ полягає в проведенні експертної оцінки їх стійкості від засобів виявлення та ураження противника. Враховуючи простоту та доступність його застосування, даний підхід може бути покладений в основу удосконаленої методики оцінки живучості парку ТЗ та БМ.

Запропонований підхід до емпіричного виміру конструктивної живучості зразків ТЗ та БМ може бути застосований для прогнозування ситуаційного розвитку подій при отриманні бойових пошкоджень і втрат техніки в умовах бойової обстановки, а також грамотного

Таблиця 2. Анкета оцінки конструктивної живучості зразка ТЗ та БМ на прикладі броневих автомобіля КрАЗ «Кугуар»

№ з/п	Властивість, що характеризує живучість	Параметри, що визначають властивість живучості зразка	Якісні характеристики за шкалою (від 0 до 2)
1	Захист від куль стрілецької зброї та осколків протипіхотних гранат	броньований корпус, куленепробивне скло та наявність решіток на бокових вікнах	2
2	Захист від куль групової зброї та осколків мінометних мін	Броньований корпус класу CEN Level BR6 (захист від куль калібру 7,62 та осколків на відстані 10 м)	1
3	Захист від крупнокаліберних куль та осколків протитанкових гранат, ударної хвилі від них	відсутній	0
4	Протимінний захист корпусу та днища від фугасних та осколкових мін і зарядів	броньоване днище, яке витримує підрив 2-х фугасних та ПП мін	2
5	Протимінний захист корпусу та днища від кумулятивних зарядів та мін, а також артилерійських б/п калібром до 122 мм	відсутній	0
6	Захист зразків ТЗ та БМ від засобів виявлення противником	захисне маскувальне покриття	1
7	Динамічний захист корпусу від засобів ураження	відсутній	0
8	Можливість з ураження противника за допомогою штатного озброєння	кулемети 7,62 та 12,7 мм та 40-мм автоматичний гранатомет	2
9	Можливість з виявлення засобів ураження противника	відсутній	0



Таблиця 3. Метод «експерти–фактори».  
Оцінка властивостей живучості зразків ТЗ та ББМ

Експерт	Показники властивостей живучості					
	$x_1$	...	$x_j$	...	$x_n$	$\sum_{n=1}^N b_{mn}$
$m_1$	$\sum_{i=1}^R b_{1i}$	...	$\sum_{i=1}^R b_{1i}$	...	$\sum_{i=1}^R b_{1n}$	$\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^R b_{1n}$
...	...	...	...	...	...	...
$m_j$	$\sum_{i=1}^R b_{j1}$	...	$\sum_{i=1}^R b_{ji}$	...	$\sum_{i=1}^R b_{jn}$	$\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^R b_{jn}$
...	...	...	...	...	...	...
$m_m$	$\sum_{i=1}^R b_{m1}$	...	$\sum_{i=1}^R b_{mi}$	...	$\sum_{i=1}^R b_{mn}$	$\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^R b_{mn}$
Відносна важливість властивості живучості для кожного експерта $W_{mn} = \sum_{n=1}^N b_{mn} / \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^R b_{mn}$						
$m_1$	$W_{11}$	...	$W_{1i}$	...	$W_{1n}$	–
...	...	...	...	...	...	–
$m_j$	$W_{j1}$	...	$W_{ji}$	...	$W_{jn}$	–
...	...	...	...	...	...	–
$m_m$	$W_{m1}$	...	$W_{mi}$	...	$W_{mn}$	–
–	$\sum_{i=1}^m W_{11}$	...	$\sum_{i=1}^m W_{mi}$	...	$\sum_{i=1}^m W_{mn}$	–
Середня оцінка вагомості властивості живучості $B_n = \sum_{i=1}^m W_{mn} / m$						
$B_1$	...	$B_i$	...	...	$B_n$	–

Таблиця 4. Загальна оцінка конструктивної живучості КраЗ «Кугуар» за сукупністю коефіцієнтів її властивостей

№ з/п	Властивість, що характеризує живучість	Параметри, що визначають властивість живучості зразка	Коефіцієнти властивості живучості
1	Захист від куль стрілецької зброї та осколків протипіхотних гранат	броньований корпус, куленепробивне скло та наявність решіток на бокових вікнах	0,857
2	Захист від куль групової зброї та осколків мінометних мін	броньований корпус класу CEN Level BR6 (захист від куль калібру 7,62 та осколків на відстані 10 м)	0,487
3	Захист від крупнокаліберних куль та осколків протитанкових гранат, ударної хвилі від них.	відсутній	0,025
4	Протимінний захист корпусу та днища від фугасних та осколкових мін і зарядів	броньоване днище, яке витримує підрив 2-х фугасних та ПП мін	0,873
5	Протимінний захист корпусу та днища від кумулятивних зарядів та мін, а також артилерійських б/п калібром до 122 мм	відсутній	0,015
6	Захист зразків ТЗ та БКМ від засобів виявлення противником	захисне маскувальне покриття	0,345
7	Динамічний захист корпусу від засобів ураження	відсутній	0,012
8	Можливість з ураження противника за допомогою штатного озброєння	кулемети 7,62 та 12,7 мм та 40-мм автоматичний гранатомет	0,845
9	Можливість з виявлення засобів ураження противника	відсутній	0,014
Загальна оцінка живучості зразка			0,385

визначення завдань з маскуванню та інженерного обладнання місць дислокації парків ТЗ та ББМ прикордонних підрозділів у цілому.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про Державну прикордонну службу України» [Текст] // Відомості Верховної Ради. – 2003. – № 27. – Ст. 208. (Із змінами, внесеними згідно із Законом № 965IV (96515) від 19.06.2003 // ВВР. – 2003. – № 45. – Ст. 357).
2. Кириленко, В. А. Аналіз факторів впливу на безпеку експлуатації та живучість транспортних засобів в особливих умовах загострення обстановки та ведення бойових дій [Текст] / В. А. Кириленко, В. А. Сівак // Збірник наук. праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Сер. Військові та технічні науки. – 2015. – № 23. – С. 152–163. Інв. 2074-в.
3. Кузнецов, Ю. С. Применение методов сравнительного анализа для оценки бронированных машин [Текст] / Ю. С. Кузнецов // Зарубежное военное обозрение. – 2013. – № 4. – С. 46–51.
4. Субчев, Н. И. Повышение живучести бронированных боевых машин легкой категории [Текст] / Н. И. Субчев // Сер. Вооруженные силы и военно-промышленный потенциал / ВИНТИ. – 2004. – № 9. – С. 30–48.
5. Сівак, В. А. Концепція безпечної експлуатації транспортних засобів в умовах охорони державного кордону [Текст] / В. А. Сівак // Збірник наук. праць НАДПСУ. Сер. Військові і технічні науки: наук. вид. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2015. – № 2 (64). – С. 204–211.
6. Бабакин, А. Н. Живучесть ВАТ и боестойкие шины [Текст] / А. Н. Бабакин // Автомобильная промышленность. – 2011. – № 11. – С. 19–22. (Сер. Конструкции автотранспортных средств).
7. Фишберн, П. В. Теория полезности для принятия решения / П. В. Фишберн. – М. : Высш. шк., 1985. – 216 с.
8. Ротштейн, А. П. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений [Текст] / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба // Известия РАН. Сер. Теория и системы управления. – 2001. – № 3. – С. 150–154.

**Рецензент Осташевський С. А.,** д-р техн. наук,  
доцент

УДК 623.4.017

**Б. М. ЛАНЕЦЬКИЙ,***доктор технічних наук, професор,***І. В. КОВАЛЬ,** кандидат технічних наук,**В. В. ЛУК'ЯНЧУК,** кандидат технічних наук*(Науковий центр Повітряних Сил Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків)*

## Методичні рекомендації з контролю працездатного стану електричних відривних роз'ємів зенітних керованих ракет

*Розглядаються питання контролю працездатного стану електричних відривних роз'ємів зенітних керованих ракет (ЗКР), проведеного при вирішенні задач продовження призначених показників. Обґрунтовується необхідність контролю величини перехідного опору контактів електричного відривного роз'єму. Формуються рекомендації з методики контролю працездатного стану електричного відривного роз'єму з розробкою пристрою контролю на базі імітатора борту ЗКР.*

*Рассматриваются вопросы контроля технического состояния электрических отрывных разъёмов зенитных управляемых ракет (ЗУР), проводимого при решении задач продления назначенных показателей. Обосновывается необходимость контроля величины переходного сопротивления контактов электрического разъёма. Формируются рекомендации по методике контроля работоспособного состояния электрического отрывного разъёма с разработкой устройства контроля на базе имитатора борта ЗУР.*

Одним з призначених показників ЗКР є призначена кількість зчленувань електричного відривного роз'єму. Для вирішення завдань продовження цього призначеного показника необхідно мати методику контролю працездатного стану таких роз'ємів, а також проводити випробування на надійність та за їхніми результатами оцінювати показники надійності. У зв'язку із цим для вирішення задач продовження призначених показників ЗКР актуальним є завдання розробки методичних рекомендацій з контролю працездатного стану електричних відривних роз'ємів ЗКР при їхніх багаторазових зчленуваннях.

З останніх публікацій, пов'язаних з оцінкою працездатного стану електроконтактних з'єднань, можна відзначити [1], в якій розглянутий метод контролю працездатного стану електричних контактних з'єднань, застосовуваних на енергетичних і промислових підприємствах, за їхньою температурою. Показано, що ефективним є періодичний моніторинг температури електроконтактного з'єднання з наступним прогнозом зміни цього параметра з метою прогнозування моменту настання граничного стану.

Однак вибір температури електричних контактних з'єднань як параметра, що визначає працездатний стан, доцільний для контролю працездатного стану нероз'ємних електричних з'єднувачів, що працюють при великих струмах тривалий час. Для роз'ємних електричних з'єднань, зокрема таких, як відривний роз'єм ЗКР, характерними є циклічні режими роботи при відносно малих струмах протягом нетривалого часу. Тому як визначальний необхідно обирати інші параметри, чутливі до зміни працездатного стану відривних роз'ємів ЗКР.

На даний момент фактично не розглянуті проблеми, пов'язані з контролем працездатного стану контактних з'єднань при їхніх багаторазових зчленуваннях і, особливо, працездатного стану електричних відривних роз'ємів ЗКР на етапі продовження призначених показників. Експлуатаційною документацією (ЕД) не передбачений контроль працездатного стану роз'єму. Виходячи із цього, для проведення робіт з продовження актуальним є розробка методики контролю працездатного стану відривних роз'ємів ЗКР.

Завданням дослідження в статті є розробка методичних рекомендацій з контролю працездатного стану електричних відривних роз'ємів при їхніх багаторазових зчленуваннях для вирішення задачі продовження призначених показників ЗКР.

З метою вироблення методичних рекомендацій з контролю працездатного стану роз'ємів розглянемо для прикладу конструкцію відривного роз'єму ШО ЗКР 9М38М1 і фізичні процеси, що відбуваються при його багаторазових зчленуваннях, які впливають на зміну його працездатного стану. Відривний роз'єм ШО ЗКР 9М38М1 (далі – роз'єм) призначений для виконання дистанційного стикування й розстикування борту ЗКР 9М38М1 із самохідною вогневою установкою (СВУ) 9А310М1 або пусковою заряджальною установкою 9А39М1 (ПЗУ) і передачі живильних напруг, електричних сигналів і команд між ЗКР 9М38М1 і СВУ або ПЗУ [2]. Конструктивно роз'єм складається з розетки (части-

на роз'єму з контактами-гніздами, яка знаходиться на СВУ або ПЗУ), і вилки (частина роз'єму з контактами-штирями, яка нерухомо закріплена на ЗКР 9М38М1). Вилка роз'єму, яка складається з металевого корпусу, у якому закріплений пластмасовий ізолятор з армованими в ньому електричними контактами-штирями є його частиною, яка не обслуговується. Розетка роз'єму закріплена на рухливій каретці, що входить до складу стикувального обладнання СВУ або ПЗУ і складається з металевого корпусу, в якому закріплені напрямні штирі. У корпусі розетки закріплений пластмасовий ізолятор, в якому армовані електричні контакти-гнізда. Розетка роз'єму є заміною його частиною [3].

У процесі зчленування роз'єму контакти-штирі вилки роз'єму після з'єднання підтискаються пружинами в контактах-гніздах розетки роз'єму з метою забезпечення більш щільного з'єднання. Передача живильних напруг, електричних сигналів і команд відбувається між контактами-штирями і контактами-гніздами роз'єму. Контакти роз'єму мають різне призначення і забезпечують комутацію кіл передачі сигналів і команд між ЗКР 9М38М1 і СВУ або ПЗУ [1], [4]:

- постійного струму напругою +27 В;
- живильної напруги 3 ф, 220 В, 400 Гц;
- імпульсного послідовного коду.

Розглянемо фактори, що впливають на зміну працездатного стану електричних контактів при їхній взаємодії в процесі зчленування.

Поверхня контакту, як і будь-якого твердого тіла, завжди має шорсткість і хвилястість. Геометричну модель контактної поверхні можна розглядати приблизно як деяку хвилясту поверхню, на якій розташовані сферичні виступи [5]. Наявність шорсткості й хвилястості приводить до того, що дві поверхні завжди контактують тільки в окремих точках. Поверхня, що являє собою сукупність точок, через які передається тиск, називається ефективною поверхнею механічного контакту. Така поверхня є ефективною поверхнею електричного контакту за умови, що вона вільна від непровідних плівок, тобто являє собою чистий метал. Ефективна поверхня контакту є функцією контактного натискання. Під дією зусилля натискання дві поверхні зближаються за рахунок деформації контактуючих виступів і в зіткнення входить усе більша й більша кількість окремих виступів. На практиці контактні поверхні завжди вкриті плівками, що ізолюють одну поверхню від іншої. Основним механізмом провідності електричного контакту є омична провідність через ділянки із чисто металевим контактом, що утворюються внаслідок локального руйнування плівок, тому що навіть при невеликому контактному тиску (порядку 15–100 г) механічний тиск, що діє на плівку на окремих контактуючих виступах, досягає дуже великих значень. Таким чином, основним механізмом провідності в роз'ємних електричних контактах є омична провідність електричного струму через ділянки із чисто металевим контактом. Завдяки тому, що в місці контакту в зіткнення вступає не 100% площі контактуючих поверхонь, виникає перехідний опір контакту, який утворюється внаслідок малої площі контактних точок.

Для захисту контактних поверхонь від плівок, особливо окисних, контакти електричних з'єднувачів покриваються корозійностійкими металами та їх сплавами (золото, срібло, паладій, золото-нікель та ін.). Однак при багаторазовому з'єднанні та роз'єднанні контактних пар покриття на їхніх поверхнях руйнуються, і поверхні, що контактують, втрачають захист від плінкоутворення. Зношування контактів в основному обумовлюється тертям контактуючих поверхонь відносно один одного в процесі з'єднання й роз'єднання електричних роз'ємів. Процес зношування контактів характеризується трьома фазами, як показано на рис. 1.

У першій фазі, якій відповідає кількість зчленувань  $N_1$ , здійснюється припрацювання контактних поверхонь, що характеризується різким зростанням маси матеріалу покриття, вилученого з поверхонь, які труться.

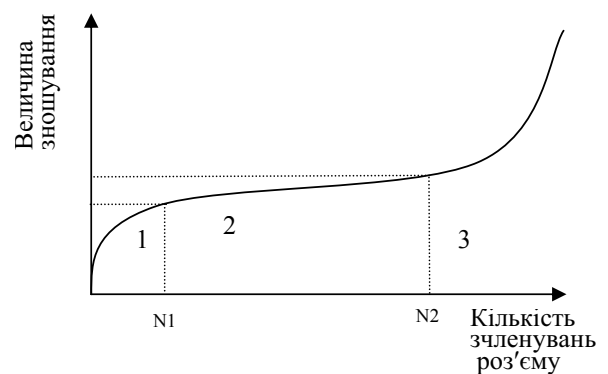


Рис. 1. Фази процесу зношування контактів

Перша фаза становить не більш 5–10% від загального ресурсу роботи електричних з'єднувачів. Друга фаза, якій відповідає кількість зчленувань  $N_2$ , є фазою, коли процес зношування покриття контактних поверхонь є таким, що встановився. Ця фаза характеризується більш рівномірним зношуванням і значно більшим ресурсом роботи в порівнянні з першою фазою – близько 90–95% від загального ресурсу роботи роз'єму. Третя фаза – фаза критичного зношування. На цій фазі подальша експлуатація роз'єму стає практично неможливою у зв'язку з настанням критичного стану контактів.

Критичний стан контактів настає в результаті відшарування поверхневих шарів покриття контактуючих поверхонь, що приводить до злипання металевих поверхонь, які контактують, і виривання окремих невеликих фрагментів нерівностей. Процес злипання й виривання фрагментів нерівностей відбувається в часі, як лавиноподібний, що приводить до різкого збільшення процесу зношування. У процесі зношування починають брати участь не тільки поверхневі шари покриття, але й основний метал, з якого виготовлені контакти. Додатково продукти зношування, що перебувають у зоні контактування, прискорюють процес руйнування контактних поверхонь. Кожній фазі зношування відповідає певна кількість зчленувань. Збільшення кількості зчленувань приводить до зменшення площі зіткнення контактів і відповідно до збільшення їх перехідного опору.

З метою встановлення кількості зчленувань роз'єму при календарній тривалості експлуатації ракети, що перевищує початково призначений термін служби, необхідно визначати початок настання фази критичного зношування контактних поверхонь роз'єму. Для оцінювання працездатного стану контактуючих поверхонь роз'єму в процесі проведення робіт з продовження необхідно здійснювати контроль величини їх перехідного опору.

Контроль величини перехідного опору зчленування роз'єму може здійснюватися непрямим або прямим методами.

При контролі прямим методом як показник працездатного стану пари контактів «штир-гніздо» роз'єму доцільно встановити перехідний опір контактних поверхонь  $R_{нк}$ . При цьому методі контролю перехідний опір вимірюється безпосередньо між контактуючими поверхнями, після чого проводиться порівняння вимірної величини з її допуском. Як критерій працездатного стану роз'єму в цілому доцільно встановити умову  $R_{нк\sum u} \leq R_{нк\sum m}$ , де  $R_{нк\sum u}$  – вимірювана величина перехідного опору контактів роз'єму в цілому,  $R_{нк\sum m}$  – величина перехідного опору, при якому забезпечується передача сигналів і команд, передбачених ЕД, з необхідною якістю.

При контролі непрямим методом вимірюються величини живильних напруг, електричних сигналів і команд, що проходять через контакти, після чого проводиться порівняння вимірюваних величин з їхніми допусками, а також контролюється повнота відпрацьовування команд і сигналів, встановлених ЕД.

ЕД на ЗКР 9М38М1 [2], [6] не передбачені роботи, спрямовані на підтримку працездатного стану роз'єму, а також не встановлені показники і критерії, що визначають його працездатний стан. У [2], [4] наведені допускові значення величини сили струму в колах передачі команд і сигналів, що проходять через контакти роз'єму. Наведені значення сили струму доцільно використовувати для непрямого методу контролю величини перехідного опору контактів роз'єму.

Як один з показників працездатного стану пар контактів «штир-гніздо» роз'єму при непрямому методі контролю доцільно встановити силу струму в колі передачі конкретної команди або сигналу відповідно до відомого закону Ома:

$$I_{нк} = \frac{U_{нк}}{R_e + R_{нк}},$$

де  $I_{нк}$  – величина сили струму в колі передачі команд і сигналів,  $R_e$  – еквівалентний опір відповідного кола передачі команд і сигналів ЗКР,  $R_{нк}$  – перехідний опір пари контактів «штир-гніздо»,  $U_{нк}$  – напруга в колі передачі команд і сигналів. Як критерій працездатного стану пар контактів доцільно встановити умову  $I_{нко} \leq I_{нкн}$ , де  $I_{нко}$  – вимірювана величина сили струму в колі передачі команди або сигналу,  $I_{нкн}$  – потрібна величина сили струму в колі передачі команд і сигналів, при якій забезпечується передача сигналів і команд, передбачених ЕД, з необхідною якістю.

Як інший показник працездатного стану роз'єму при непрямому методі контролю доцільно встановити

можливість передачі через його контакти команд і сигналів, передбачених ЕД, а критерієм працездатного стану роз'єму при цьому доцільно вибрати можливість проходження всіх команд і сигналів. Для контролю непрямым методом доцільним є розробка пристрою для контролю працездатного стану роз'єму.

Пристрій для контролю працездатного стану роз'єму може бути розроблений на базі імітатора борту 9В175М1, що входить до складу машини технічного обслуговування 9В881 [4]. Імітатор борту 9В175М1 стикується із ЗКР 9М38М1 через роз'єм і призначений для перевірки кіл керування ракет СВУ або ПЗУ в усіх режимах її роботи: «Очікування», «Підготовка», «Пуск». При проведенні перевірок за допомогою імітатора борту для передачі сигналів і команд задіюються всі необхідні контакти роз'єму. Кола керування ЗКР 9М38М1 і апаратури стартової автоматики СВУ або ПЗУ вважаються працездатними, якщо сигнали і команди, що спостерігаються на табло 9В175М1 і СВУ, або ПЗУ, за обсягом і часовою послідовністю проходження відповідають циклограмі роботи ЗКР 9М38М1 у всіх режимах, передбачених ЕД. Розробку пристрою для контролю працездатного стану роз'єму на базі імітатора 9В175М1 доцільно проводити з метою забезпечення проведення випробувань вилки роз'єму, розміщеної на ЗКР 9М38М1. Такий пристрій повинний забезпечувати можливість:

підключення вилки роз'єму, знятої з борту ЗКР 9М38М1, до штатного штирового роз'єму виробу 9В175М1;

виміру величини сили струму, що проходить через контакти, при непрямому методі контролю перехідного опору контактів роз'єму;

контролю проходження команд і сигналів на імітатор борту ракети та в зворотному напрямку у режимах функціонування ЗКР, передбачених ЕД.

Контроль працездатного стану роз'єму доцільно проводити після кожного зчленування роз'єму у два етапи. На першому етапі здійснюється контроль сигналізації проходження команд і сигналів. При цьому роз'єм вважається працездатним, якщо забезпечується передача всіх команд і сигналів, передбачених ЕД. На другому етапі здійснюється вимір величини сили струму в колі передачі команд і сигналів. Якщо  $R_{нк}$  лежить у межах допуску, то вилка роз'єму вважається працездатною, і навпаки, якщо  $R_{нк}$  лежить поза межами допуску, тобто відбулася відмова зчленування, то вилка роз'єму вважається непрацездатною. Під відмовою зчленування роз'єму розуміється вихід величини перехідного опору хоча б однієї пари контактів «штир-гніздо» за межі допуску.

Слід зазначити, що розетка роз'єму, розташована на СВУ або ПЗУ, є заміною та контрольованою його частиною [4], тому відмова контакту «штир-гніздо» і вилки роз'єму в цілому фіксується за умови працездатного стану розетки роз'єму.

Вірогідність результатів контролю працездатного стану вилки роз'єму та роз'єму в цілому за допомогою пристрою, розробленого на базі імітатора борту 9В175М1, доцільно оцінювати статистичним методом. При контролі працездатного стану роз'єму можуть

виникати помилки контролю 1 і 2 роду [7]. Оцінювати вірогідність результатів контролю працездатного стану роз'єму доцільно за співвідношенням

$$D_k = 1 - [P_{nc}\alpha_k + (1 - P_{nc})\beta_k],$$

де  $P_{nc}$  – імовірність знаходження роз'єму в працездатному стані перед початком і в процесі контролю працездатного стану;  $\alpha_k$  – імовірність того, що працездатний роз'єм в результаті контролю визнається непрацездатним – імовірність помилки 1 роду;  $\beta_k$  – імовірність того, що непрацездатний роз'єм в результаті контролю визнається працездатним – імовірність помилки 2 роду.

Імовірності  $\alpha_k$  і  $\beta_k$  доцільно оцінювати статистичним методом, при цьому потрібна вірогідність контролю працездатного стану роз'єму при проведенні випробувань повинна становити не нижче 0,99.

**Висновки.** За результатами досліджень можна надати такі методичні рекомендації:

при проведенні робіт з продовження призначених показників ЗКР необхідно передбачати роботи, пов'язані з контролем працездатного стану електричних відривних роз'ємів ЗКР;

при контролі працездатного стану електричних відривних роз'ємів ЗКР прямим методом як показник працездатного стану роз'єму доцільно встановити перехідний опір контактів «штир-гніздо». Як критерій працездатного стану відривних роз'ємів ЗКР доцільно встановити величину перехідного опору всіх пар контактів роз'єму;

при контролі працездатного стану відривних роз'ємів ЗКР непрямым методом як показник працездатного стану роз'єму доцільно встановити:

а) силу струму в колі передачі конкретної команди або сигналу. Величину сили струму в колі доцільно вибрати як критерій працездатного стану роз'єму;

б) можливість передачі через контакти відривного роз'єму команд і сигналів, передбачених ЕД. Як критерій працездатного стану роз'єму доцільно встановити можливість проходження всіх команд і сигналів.

Для непрямого методу контролю працездатного стану роз'єму ШО ЗКР 9М38М1 доцільно розробити при-

стрій на базі імітатора борту 9В175М1, який повинен забезпечувати:

вірогідність результатів контролю працездатного стану не нижче 0,99;

тривалість одного циклу контролю з урахуванням стикування й розстикування роз'єму до 5 хвилин;

вартість контролю працездатного стану одного роз'єму менше 1% вартості перевірки ракети за допомогою автоматизованої контрольної випробувальної пересувної станції 9В95.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Измайлов, В. В. Автоматизированная система прогнозирования остаточных ресурсов электроконтактных соединений [Текст] / В. В. Измайлов, А. Е. Наумов // Программные продукты и системы. – 2008. – № 2. – С. 73–75.
2. Ракета 9М38М1 [Текст] : техн. описание. 9М38М1.0000.000 ТО. – 73 с.
3. Войсковой зенитный ракетный комплекс «Бук». Ч. 2. Технические средства [Текст]. – М. : Воениздат, 1990. – 255 с.
4. Автоматизированная контрольно-испытательная подвижная станция 9В95 [Текст] : инструкция по эксплуатации. – 104 с.
5. Сафонов, А. Электрические прямоугольные соединители. Анализ физических процессов в контактах [Текст] / А. Сафонов, Л. Сафонов // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 6. – С. 25–34.
6. Эксплуатация ракеты на арсеналах, ЗРТБ и в ЗРЧ [Текст]. 9М38М1.0000.000 ИЭ. – 32с.
7. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения [Текст] : инструкция по эксплуатации. – 10 с.

**Рецензент О. Б. Волонцевич**, д-р техн. наук, проф. (Науковий центр Повітряних Сил Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків)

УДК 623.983

**А. В. ДЕРЕПА,**

кандидат технических наук  
(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники,  
г. Киев)

## **Гидроакустические помехи и их влияние на структуру построения системы «гидроакустическая станция – надводный корабль»<sup>1</sup> (Часть II)**

*Исходя из задачи систематизированного исследования характеристик гидроакустического вооружения в реальных условиях, в работе рассматриваются особенности построения систем «гидроакустическая станция – надводный корабль» с учетом влияния на их структуру гидроакустических помех.*

*Виходячи зі задачі систематизованого дослідження характеристик гідроакустичного озброєння, в роботі розглядаються особливості побудови систем «гідроакустична станція – надводний корабель» з врахуванням впливу на їхню структуру гідроакустичних завад.*

В части I этой работы (пункты 1–4) рассмотрены вопросы влияния гидроакустических помех на структуру построения комплексной системы «гидроакустическая станция – надводный корабль» («ГАС-НК») с гидроакустическими антеннами, размещенными в корпусе корабля.

В части II рассмотрим влияние гидроакустических помех на структуру построения комплексной системы «ГАС-НК» с антеннами переменной глубины (АПГ).

**5. Влияние гидроакустических помех на выбор структуры построения системы «ГАС-НК» с АПГ.** Помехи работе ГАС с АПГ можно условно разделить на собственные и внешние. К собственным помехам относятся:

гидродинамические, обусловленные пульсациями давления в потоке обтекания и срывом вихрей на кабель-буксире;

вибрационные, возникающие в процессе буксировки буксируемого тела с антенной и воздействующие на преобразователи антенны в режиме приема через механические связи;

гидростатические, связанные с изменением наружного давления при вертикальных перемещениях антенны в процессе ее буксировки;

трибоэлектрические, обусловленные образованием статических электрических зарядов при деформации токоведущих жил кабель-буксира, а также АПГ при реализации их в виде ГПБА;

помехи, обусловленные механическими деформациями антенны при выполнении ее конструкции с гибкими связями между элементами, например, ГПБА;

электрические помехи в виде шумов встроенных в антенну электронных блоков.

Результирующая внешняя помеха формируется следующими основными компонентами: фоновыми шумами моря; корабельной помехой, создаваемой движителями и механизмами корабля-буксировщика; помехой, обусловленной наличием кильватерного следа корабля-буксировщика и др.

В низкочастотном диапазоне, являющимся основным для работы ГАС с ГПБА, возникновение фоновых шумов обусловлено сейсмическими и ветровыми процессами, биоорганизмами и техногенными процессами. В диапазоне низких звуковых частот (до 150 Гц) преобладают шумы судоходства. Они представляют собой интегральный шум множества находящихся в акватории судов, который воспринимается не в виде локальных источников звука, а в виде распределенного по пространству шумового фона, спектральную плотность которого демонстрируют кривые на рис. 9 [1].

Как и в случае системы «ГАС-НК» с гидроакустическими антеннами, размещаемыми на корпусе НК, основной целью учета влияния структурных акустических помех системы «ГАС-НК» с АПГ является минимизация их уровня в местах расположения АПГ. При этом, учитывая, что структура построения системы «ГАС-НК» с АПГ существенно отличается от таковой для системы «ГАС-НК» с корпусными гидроакустическими антеннами, физические приемы для достижения

<sup>1</sup> Окончание. Начало см. в № 1 (9)

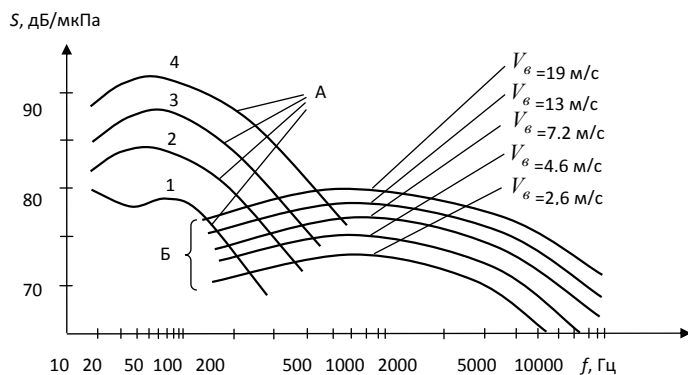


Рис. 9. Спектральная плотность шумов моря, обусловленная судоходством (А) и ветровым волнением (Б).

Интенсивность судоходства: 1 – малое, 2 – среднее, 3 – интенсивное, 4 – плотное;  $V_{\text{в}}$  – скорость ветра

эффекта минимизации уровня этих помех также будут существенно отличаться от ранее рассмотренных.

По степени их влияния на конечный результат эти приемы можно расположить в такой последовательности:

максимальное удаление АПГ от корабля-носителя ГАС как источника интенсивных помех работе системы «ГАС-НК»;

формирование пространственной направленности ГАС системы «ГАС-НК» с минимальной чувствительностью к звуковому давлению в режиме приема в секторе углов, охватывающих направление на корабль-носитель со стороны области расположения АПГ;

выбор соответствующего режима движения корабля-носителя ГАС с АПГ;

принятие мер по снижению возбудимости кабель-троса, несущего АПГ, набегающим на него потоком жидкости;

поиск и реализация обтекаемой формы и размеров контейнеров, в которых размещаются АПГ.

Выполним качественные оценки того, как практическая реализация каждого из перечисленных выше приемов отразится на структуре построения системы «ГАС-НК» с АПГ.

Как уже отмечалось, особенностями системы «ГАС-НК», содержащей ГАС с АПГ, являются, во-первых, наличие локального источника шумов вблизи ГАС в виде корабля-буксировщика АПГ, и, во-вторых, наличие системы буксировки АПГ, позволяющей обеспечить возможность пространственного разнесения гидроакустической антенны и корабля-буксировщика как источника интенсивных помех. Именно практическая реализация этой возможности оказалась радикальным способом снижения влияния помех от корабля-носителя на работу ГАС с АПГ. При этом, чем больше удалена АПГ от корабля-буксировщика, тем меньше уровень создаваемой им локальной помехи в месте расположения АПГ. Однако практическая реализация возможности пространственного разнесения корабля-буксировщика и АПГ тоже имеет свои ограничения. Они определяются эксплуатационными факторами устройств постановки и выборки системы буксировки АПГ. В свою

очередь, эти факторы зависят от следующего: массы и габаритов АПГ; длины и массы кабель-буксира; натяжения кабель-буксира при буксировке АПГ на максимальной скорости; динамических усилий, возникающих при выборке буксируемого тела в условиях качки корабля.

Пространственное разнесение АПГ от корабля-буксировщика в значительной мере также зависит от рабочего диапазона частот системы «ГАС-НК». Для ГАС с АПГ, работающих на средних звуковых частотах, АПГ реализуются в виде сосредоточенных приемно-излучающих или «объемных» конструкций приемно-излучающих гидроакустических антенн, которые размещаются в специально создаваемых для их размещения буксируемых телах. Форма и размеры этих тел практически и определяют расстояние между АПГ и кораблем-буксировщиком. Учитывая целесообразность заглибления антенн на ось подводного звукового канала, что позволяет резко увеличить дальность действия ГАС, и существующие скорости буксировки антенн (15–30 уз), длина кабель-буксиров должна быть такой, чтобы гидроакустическая антенна в рабочем состоянии находилась на глубинах 200–400 м. Для кораблей малого водоизмещения, которые, как правило, действуют в прибрежных акваториях или в островных архипелагах, длина вытравленного кабель-буксира не превышает 50 м.

Иная ситуация имеет место в системах «ГАС-НК» при их работе в области низких звуковых и инфразвуковых частот. Для таких систем АПГ реализуются либо в виде пассивных ГПБА, либо в виде комбинации буксируемого излучателя и ГПБА. При этом длина кабель-буксира варьируется в диапазоне от 500 до 2000 м [1]. Различают тяжелые и легкие кабель-буксиры. Тяжелый кабель-буксир обеспечивает заглибление ГПБА путем установки на кабеле дополнительной статической нагрузки в виде сосредоточенной или распределенной массы. Он обеспечивает заглибление антенны на горизонт 15–500 м в зависимости от скорости корабля-носителя ГАС и вытравленной длины кабель-буксира [2].

Иногда для заглибления ГПБА используются гидродинамические заглибители, представляющие собой тело с крыльями и хвостовым оперением и обладающие



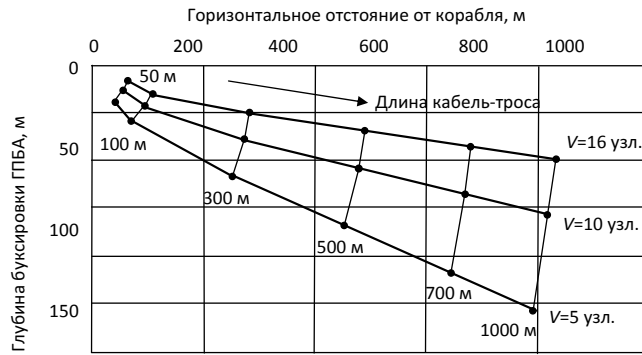


Рис. 10. Залежність глибини буксировки ГПБА від швидкості корабля-буксировщика та довжини витравленого кабель-троса

малым лобовым сопротивлением. К гидродинамическому заглубителю может крепиться легкий кабель, обеспечивающий дополнительное отведение ГПБА от корабля.

Еще одним из возможных путей снижения интенсивных помех создаваемых кораблем-буксировщиком АПГ работе системы «ГАС-НК» с АПГ, является формирование в ГАС с АПГ характеристик направленности специальной формы в режиме приема сигналов. Особенно важен этот путь для ГАС с АПГ сосредоточенной конструкции, для которых возможности существенного уменьшения помех за счет пространственного разнесения АПГ и корабля-буксировщика имеют определенные ограничения. При этом подавление локальной помехи, поступающей на АПГ с пространственных углов, охватывающих направления на корабль-буксировщик со стороны расположения АПГ, может быть не хуже, чем при использовании пространственного разнесения АПГ и корабля-буксировщика. Суть рассматриваемого пути состоит в том, что в указанном выше пространственном секторе углов ГАС с АПГ формирует характеристику направленности с низким уровнем бокового поля. Степень подавления локальной помехи зависит от среднего уровня боковых лепестков характеристики направленности ГАС с АПГ в режиме приема в области углов действия этой помехи. Чем ниже средний уровень бокового поля, тем больше подавляется локальная помеха [3, 4]. Существуют различные подходы к разработке физических алгоритмов создания характеристик направленности специального вида. Их практическая реализация обеспечивается введением в бортовую аппаратуру обработки информации ГАС с АПГ специальных процессоров подавления локальных помех.

О возможных режимах движения корабля-носителя ГАС с АПГ, обеспечивающих минимизацию уровня помех различной физической природы в местах расположения АПГ, говорилось выше. Наиболее сильное влияние выбор режимов буксировки оказывает на ГАС с АПГ в виде ГПБА. В частности, при работе системы «ГАС-НК» с ГПБА в дрейфе и в режиме с периодическим выпуском со скоростью буксировки и последующей выборкой антенны на первое место выступает помеха, обусловленная шумами моря. Такая же ситуация

возникает и в случае применения ГАС с опускаемой сосредоточенной антенной. При малых скоростях буксировки (менее 6 уз) наиболее значительными составляющими являются вибрационная помеха и помеха, обусловленная механическими деформациями гидроакустической антенны. Для ГАС с сосредоточенными буксируемыми антеннами наиболее эффективным методом защиты от таких помех является размещение АПГ в буксируемых телах специальной формы.

В случае ГАС с ГПБА практические меры по снижению помех этого вида являются более разнообразными. Для уменьшения влияния вибрационных помех построение ГАС осуществляют: с использованием виброустойчивых гидроакустических преобразователей; с применением механических развязок гидроакустических приемников от тросов, составляющих основу силовой конструкции ГПБА; с установкой виброизолирующих секций между системой заглубления или кабель-буксиров и гидроакустической антенной.

При скоростях буксировки более 6 уз преобладающей становится гидродинамическая составляющая помехи. Основными мерами по снижению ее влияния для ГАС с сосредоточенными буксируемыми антеннами являются оптимизация формы буксируемого тела и покрытие его поверхности специальными полимерными добавками, снижающими возможности турбулизации потока, обтекающего буксируемое тело. Для ГАС с ГПБА эти меры выглядят так: обеспечение нейтральной плавучести по всей ее длине; придание оболочке антенны хорошо обтекаемой формы; использование оболочек с малой шероховатостью поверхности; электрическое объединение приемников в группы с целью осреднения помех, имеющих флуктуационный характер. Если шаг размещения гидроакустических приемников в ГПБА превышает радиус пространственной корреляции гидродинамической помехи, выигрыш в помехоустойчивости ГПБА составит  $N^{1/2}$ , где  $N$  – число приемников в группе.

Одним из основных элементов системы «ГАС-НК», содержащей ГАС с АПГ, является система буксировки антенны. Она включает в себя кабель-буксир и буксируемое тело с АПГ в случае сосредоточенной гидроакустической антенны или заглубитель в случае выполнения АПГ в виде ГПБА. Система буксировки антенны

должна обеспечить вывод АПГ на заданную глубину при требуемом удалении от корабля-носителя ГАС и последующую стабильность пространственного положения антенны во время работы ГАС. Система буксировки антенны одновременно осуществляет и механическую, и электрическую связь элементов буксируемых ГАС с надводным кораблем. Параметры поведения кабель-буксира и буксируемой системы в целом в потоках воды и на волнении во многом определяют основные эксплуатационные характеристики ГАС с АПГ. При этом гидродинамическое сопротивление и возникающие кавитационные процессы существенным образом влияют на маневренность корабля-носителя ГАС с АПГ, а возбуждающие звук колебательные процессы, порождаемые срывом вихрей с кабель-буксира и других элементов буксируемой системы в потоке и кавитацией, создают дополнительные значительные помехи работе ГАС с АПГ. Для минимизации влияния перечисленных физических факторов на систему «ГАС-НК» с АПГ применяют специально разработанные для этих целей обтекатели (рис. 11) [5].

На сегодняшний день наибольшее распространение получили следующие типы обтекателей: муфтовой или нанизываемый на кабель-трос; навесной или прицепной к кабель-тросу; волосяной и ленточный. Первые два обтекателя называют еще профилированными. Муфтовые обтекатели (рис. 11, *а*) имеют вид флюгера обтекаемого профиля, который выполняется из эластичного материала. Их недостатком является то, что при наматывании на барабан лебедки устройства постановки и выборки буксируемой системы они имеют склонность к остаточным деформациям. Последние могут увеличиваться под действием гидродинамических сил, что создает условия для боковых уводов буксируемой системы из диаметральной плоскости корабля-буксировщика, возрастания вибраций кабель-троса, а, следовательно, и создаваемой ими помехи работе ГАС с АПГ. Для минимизации влияния этого недостатка хвостовую часть обтекателя целесообразно изготавливать из эластичного, не имеющего остаточных деформаций металла или использовать муфтовые обтекатели повышенной жесткости.

Навесной или прицепной обтекатель (рис. 11, *б*) также имеет вид флюгера обтекаемого профиля, но

крепится на кабель-тросе таким образом, что при намотке на барабан лебедки он всегда может быть развернут так, чтобы не воспринимать нагрузки. Кроме того, его особенностью является хорошая флюгерная устойчивость при буксировке. Их недостатками являются более высокое гидродинамическое сопротивление и худшие, по сравнению с муфтовыми обтекателями, кавитационные качества.

Возникающая при малых заглублениях кабель-троса кавитация вызывает вибрацию профилированных обтекателей, которая к тому же усиливается чаще всего под воздействием кильватерной струи корабля. Поэтому определенный интерес представляют другие виды обтекателей, которые способствуют существенному снижению вибраций кабель-буксира, обусловленных виброобразованием. В частности, могут быть использованы обтекатели волосяного типа (рис. 11, *в*). Они представляют собой «чулок-плетенку», вдоль которой расположена бахрома из синтетических волокон, эластичных нитей или лент. Этот «чулок-плетенка» надевается на кабель-буксир, укладывается на барабан лебедки спускоподъемного устройства в несколько рядов. Применение такого «чулка-плетенки» существенно снижает уровень шума, создаваемого кабель-буксиром. При некотором снижении за счет вибраций гидродинамического сопротивления волосяные обтекатели увеличивают сопротивление трения. Поэтому натяжение кабель-буксира изменяется незначительно. Основными недостатками обтекателей волосяного типа является малая долговечность бахромы и ее слабая устойчивость к воздействию перемоток на барабане лебедки.

В качестве обтекателей кабель-буксиров применяют также и ленточные обтекатели (рис. 11, *г*). Они выполняются в виде ленточек из синтетического материала, которые прижимаются к кабелю проволоками его брони.

Как уже отмечалось, в состав системы «ГАС-НК» с буксируемыми и опускаемыми АПГ входят носители аппаратуры с размещенными в них гидроакустическими антеннами. Естественно, что форма, размеры и структура построения этих носителей оказывают существенное влияние на эффективность указанных систем. В особенности это касается ГАС с буксируемыми АПГ, где перечисленные факторы формируют влияние не

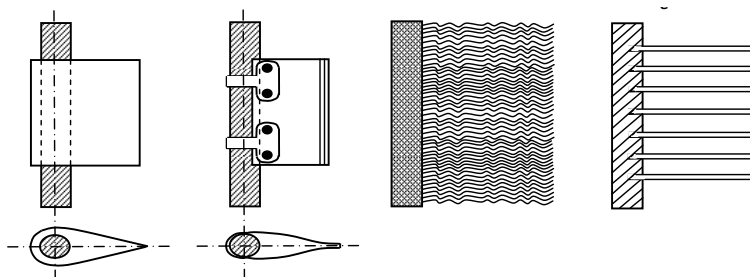


Рис. 11. Типы обтекателей:  
*а* – муфтовой или нанизываемый (с закрытым тросом); *б* – навесной или прицепной (с открытым тросом); *в* – волосяной; *г* – ленточный

только на акустические характеристики ГАС с АПГ, но и обуславливают необходимость изменения архитектуры корабля-буксировщика АПГ и усложняют условия его эксплуатации в связи со сложностью управления положением носителя аппаратуры АПГ. При создании ГАС с АПГ в виде сосредоточенных объемных конструкций и ГАС с АПГ в виде конструкций с гибкими связями (ГПБА) носители аппаратуры выполняют соответственно либо в виде контейнеров – буксируемых носителей, либо в виде длинномерных носителей аппаратуры.

Для обеспечения необходимых ходовых характеристик системы «ГАС-НК» с АПГ буксируемые носители, предназначенные для движения на больших скоростях, должны иметь удобообтекаемую или близкую к ней форму. Только при малых скоростях движения формы буксируемого носителя не оказывают существенного влияния на процесс буксировки. Массовые и габаритные параметры буксируемого носителя определяются размерами и массой устанавливаемой в них аппаратуры. Наиболее распространенной гидродинамической схемой построения буксируемого носителя является самолетная схема. Указанный носитель способен сохранять устойчивость движения на высоких скоростях буксировки и обладает возможностями управления движением благодаря устанавливаемому в его хвостовой части специальному оперению. Существенными недостатками буксируемого носителя самолетного типа являются сложность конструкции, высокая стоимость изготовления и уязвимость при спускоподъемных операциях. Деформации несущих поверхностей и корпуса носителя при ударах о борт корабля-буксировщика могут привести к неустойчивости буксировки. Сложность буксируемого носителя обусловлена тем, что его конструкция должна включать в себя звукопрозрачный обтекатель и акустически обустроенную камеру, в которой размещается гидроакустическая антенна и электронная аппаратура к ней. Как и в случае обтекателя НК, обтекатель буксируемого или опускаемого носителя предназначен для защиты гидроакустической антенны от механического воздействия набегающего водного потока и помех гидродинамического происхождения.

Конструкторско-технологические и акустические характеристики буксируемого тела (размеры, форма, прочность, звукопрозрачность) оказывают непосредственное влияние на эффективность работы системы «ГАС-НК» с АПГ и на ее основные тактико-технические характеристики. Так, неправильный выбор формы носителя АПГ может обусловить появление перетражений сигнала от внутренних стенок, результатом чего может быть появление ложных отметок целей на индикаторе ГАС. Недостаточная жесткость конструкции буксируемого или опускаемого тела может быть причиной возбуждений его вибраций и возникновения дополнительной акустической помехи, называемой собственным шумом тела с АПГ. Недостаточная звукопрозрачность обтекателя искажает характеристику направленности АПГ и затрудняет адаптивное подавление помех от локальных источников в виде «мешающих целей».

Звукопрозрачное окно буксируемого или опускаемого носителя объемной конструкции АПГ должно обеспечить максимальное прохождение полезного сигнала. Хотя при этом потери и сигнала, и внешней помехи одинаковы, и поэтому их соотношение оказывается неизменным, наличие других составляющих помехи, прежде всего структурной, вынуждает стремиться к максимальной прозрачности окна. При этом одновременно минимизируется рефракция сигнала на буксируемом и опускаемом носителе, что уменьшает ошибки пеленгования цели. При недостаточной звукопрозрачности тела-носителя АПГ локальная помеха теряет свои когерентные свойства, превращаясь в диффузный по пространству шум, что затрудняет адаптивное подавление помехи. Возникающее в процессе эксплуатации явление обрастания буксируемого тела приводит к росту турбулентности обтекающего потока, следствием чего является увеличение уровня гидродинамической помехи, и, одновременно, к снижению звукопрозрачности окна. Уменьшение влияния этих эффектов достигается применением специальных красок или покрытием поверхности носителя эластомером. Появление при турбулентном обтекании локальных областей пониженного давления может порождать кавитацию, которая сопровождается акустической эмиссией, приводящей к росту акустической помехи.

При выборе материала для звукопрозрачного окна буксируемого или опускаемого носителя АПГ можно исходить из тех же критериев, которые рассматривались для корабельных обтекателей. В этой связи представляется целесообразным использовать количественные данные по звукопрозрачности некоторых конструкционных материалов, применяемых при изготовлении буксируемых или опускаемых носителей АПГ, приведенные в табл. 1.

Естественно, что по сравнению с корабельными обтекателями конструкции звукопрозрачных окон буксируемых или опускаемых тел с объемными АПГ будут более простыми. Более простыми выполняются и конструкции акустических камер буксируемых и опускаемых тел, в которых размещаются АПГ. В частности, с целью отстройки от шумов корабля-носителя ГАС с АПГ в верхней части буксируемого или опускаемого тела над гидроакустической антенной размещают акустический экран, защищающий антенну от винтовых помех корабля-носителя в зоне их воздействия на антенну.

Наряду с буксируемыми контейнерами с аппаратурой, снабженными устройствами стабилизации в потоке и органами управления ходовыми параметрами, в последние годы широкое распространение получили длинномерные буксируемые носители с распределенными параметрами. Их появление, как уже отмечалось, обусловлено применением в системах «ГАС-НК» ГАС с АПГ в виде ГПБА. Типовая компоновка таких длинномерных буксируемых носителей изображена на рис. 12.

Якорь-фал 8 с концевым телом 7 служат для стабилизации движения ГПБА, исключая эффект усиления

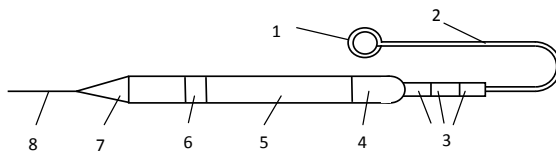


Рис. 12. Компоновка длинномерного буксируемого носителя:  
 1 – вращающийся токосъемник; 2 – кабель-буксир; 3 – виброизолирующие модули; 4 – система уплотнения и передачи сигналов на борт корабля; 5 – антенные модули с гидрофонами; 6 – датчики курса и глубины; 7 – концевое тело; 8 – якорь-фал

поперечных колебаний антенны от ее головной части к хвостовой. Датчики курса и глубины 6 вырабатывают данные для контроля пространственного положения ГПБА, что необходимо для компенсации погрешностей определения пеленга на цель, возникающих, в частности, при маневрировании корабля-носителя. Антенные модули 5 ГПБА содержат преобразователи, сигналы которых после предварительной фильтрации и усиления поступают в систему уплотнения, частотного или временного, и передачи сигналов 4 через кабель-буксир 2 на борт корабля. Виброразвязывающие секции 3 обеспечивают защиту приемных элементов антенны от вибраций, возникающих в кабель-буксире.

**6. Влияние помех, связанных с шумами моря и шумами судоходства, на выбор структуры построения систем «ГАС-НК».** Практическая реализация описанных выше методов и приемов по снижению уровня корабельных акустических помех привела к тому, что на сегодняшний день их уровень стал ниже уровня помех, обусловленных динамическими шумами моря и окружающего судоходства. Нейтрализация дестабилизирующего влияния последних на работу обеих составляющих системы «ГАС-НК» представляет сегодня наиболее сложную научно-техническую проблему. При поиске методов ослабления влияния шумов моря в основу может быть положен экспериментально выявленный феномен анизотропных шумов моря в вертикальной плоскости. Этот эффект зависит от многих гидролого-акустических факторов и направленных свойств гидроакустических антенн, в частности, уровня их бокового поля и возможности обеспечения сканирования их характеристиками направленности в вертикальной плоскости.

Столь же сложная задача, если еще не более сложная, связана с поиском методов ослабления шумов, создаваемых окружающим судоходством. Каждый из кораблей (судов), находящийся в зоне эксплуатации комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль», представляет собой мешающую цель, создающую помехи, локализованные в пространстве. Эта задача решается путем технической реализации в системах «ГАС-НК» адаптивных

алгоритмов обработки гидроакустических сигналов в пространственной области. Для этого в состав ГАС, входящих в систему «ГАС-НК», должны быть введены адаптивные гидроакустические решетки, представляющие собой сочетание многоканальной антенны и высокопроизводительного цифрового процессора.

**Выводы.** Практическая реализация методов и приемов снижения уровня корабельных акустических помех привела к тому, что на сегодняшний день их уровень стал ниже уровня помех, обусловленных динамическими шумами моря и окружающего судоходства. Нейтрализация дестабилизирующего влияния последних на работу обеих составляющих системы «ГАС-НК» представляет сегодня наиболее сложную научно-техническую проблему. При поиске методов ослабления влияния шумов моря в основу может быть положен экспериментально выявленный феномен анизотропных шумов моря в вертикальной плоскости. Этот эффект зависит от многих гидролого-акустических факторов и направленных свойств гидроакустических антенн, в частности, уровня их бокового поля и возможности обеспечения сканирования их характеристиками направленности в вертикальной плоскости.

Столь же сложная задача, если еще не более сложная, связана с поиском методов ослабления шумов, создаваемых окружающим судоходством. Эта задача решается путем технической реализации в системах «ГАС-НК» адаптивных алгоритмов обработки гидроакустических сигналов в пространственной области. Для этого в состав ГАС, входящих в систему «ГАС-НК», должны быть введены адаптивные гидроакустические решетки, представляющие собой сочетание многоканальной антенны и высокопроизводительного цифрового процессора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Корякин, Ю. А.* Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы [Текст] / Ю. А. Корякин, С. А. Смирнов, Г. В. Яковлев. – СПб. : Наука, 2004. – 410 с.

2. *Справочник по гидроакустике* [Текст] / А. П. Евтюков, А. Е. Колесников [и др.]. – Л. : Судостроение, 1988. – 552 с.
3. *Дідковський, В. С.* Конструювання електроакустичних приладів і систем для мультимедійних акустичних технологій [Текст] / В. С. Дідковський, С. М. Порошин, О. Г. Лейко [та ін.]. – Харків : Вид-во ФПП Амелянчик, 2013. – 390 с.
4. *Лейко, А. Г.* Направленность группы точечных приемников в присутствии системы параллельных эллиптических цилиндров [Текст] / А. Г. Лейко, В. И. Маяцкий // Акуст. журн. – 1973. – Т. 19, № 3. – С. 458–461.
5. *Поддубный, В. И.* Динамика подводных буксируемых систем [Текст] / В. И. Поддубный, Ю. Е. Шамарин, Д. Г. Черненко [и др.] – СПб. : Судостроение, 1995. – 200 с.

**Рецензент А. Г. Лейко**, д-р техн. наук, проф.  
(Национальный технический университет «Киевский политехнический институт»)

УДК 004.413.4:004.738.52

**Ю. Г. ДАНИК,***доктор технічних наук, професор,***О. О. ПИСАРЧУК,***доктор технічних наук, професор,***О. В. ЛАГОДНИЙ,** *ад'юнкт**(Житомирський військовий інститут**ім. С. П. Корольова),***Г. С. ГАЙДАРЛИ,***старший науковий співробітник**(Національний університет оборони України**ім. І. Черняхівського, м. Київ)*

## **Фасетна система класифікації інформаційних загроз визначеній цільовій аудиторії в кібернетичному просторі**

*Запропоновано фасетну систему класифікації інформаційних загроз цільовій аудиторії в кібернетичному просторі, що усуває недоліки ієрархічних систем класифікацій і дає можливість отримувати код інформаційної загрози для каталогізації, архівації та ідентифікації. Використання запропонованої фасетної класифікації зменшує час, необхідний для ідентифікації інформаційної загрози в інформаційних джерелах Інтернету.*

*Предложена фасетная система классификации информационных угроз целевой аудитории в кибернетическом пространстве, которая устраняет недостатки иерархических систем классификаций и дает возможность получать код информационной угрозы для каталогизации, архивации и идентификации. Использование предложенной фасетной классификации уменьшает время, необходимое для идентификации информационной угрозы в информационных источниках Интернета.*

Враховуючи досвід проведення антитерористичної операції в окремих районах східної частини України, можна стверджувати, що в теперішній час стрімко розвивається “неконвенційна війна” (unconventional warfare), якій притаманні процеси всебічної інформатизації суспільства у формі неконвенційних дій (гібридних, асиметричних, мережоцентричних, високотехнологічних тощо) [1]. Характерною ознакою таких дій є застосування поряд з традиційним озброєнням і військовою технікою форм, методів і засобів деструктивного інформаційно-психологічного впливу (ІПсВ) на керівництво, особовий склад Збройних Сил, соціальні верстви населення держави-противника. Загалом неконвенційні дії спостерігаються в збройних конфліктах протягом останніх 10 років, наприклад, у Грузії, Україні, Сирії, Абхазії. Одною зі складових таких неконвенційних діє є ІПсВ, суть якого полягає в негативному впливі на визначену цільову аудиторію за допомогою інформації, що призводить до зміни думок, світоглядних установок та системи знань про навколишній світ, певних дій особистості. За допомогою використання методів і форм ведення ІПсВ інформаційне повідомлення трансформується в інформаційну загрозу (ІЗ), яка призводить до негативного впливу і поширюється через глобальну мережу Інтернет, а точніше через кібернетичний простір (КП). Під КП будемо розуміти систему, яка складається з елементів формування, передавання, зберігання інформації та взаємозв'язків між ними, у ньому готуються й відбуваються процеси управління, здійснюються управлінські відносини. Складовими КП є інформаційний, комунікаційний, віртуальний комп'ютерно-мережний та соціотехнічний простори [2]. Стрімкий розвиток КП надає цільовій аудиторії безмежний доступ до різноманітної інформації в Інтернеті.

Щодня здійснюється ІПсВ, ІЗ доставляються до цільової аудиторії через теле-, радіомовлення, друковані засоби тощо, у тому числі й через Інтернет. Визначена цільова аудиторія, на яку спрямований ІПсВ, сприймаючи різноманітну інформацію у вигляді повідомлень, тексту, аудіо-, відеороликів, не може в ній розрізнити ІЗ, яка має на меті переконати чи змусити особистість до певної дії, що може призвести до виникнення кризових явищ у суспільстві [3]. Для протидії ІПсВ першочерговим завданням є своєчасне виявлення, прогноз подальшого розвитку ІЗ та вжиття відповідних заходів щодо їх стримування, нейтралізації. Для того щоб виявляти ІЗ, потрібно мати їх класифікацію за певними індикаторами. Тому **актуальним завданням** є розроблення системи класифікації ІЗ для своєчасного їх виявлення в КП за певними, більш дієвими, індикаторами (фасетами).

Підходи до класифікації ІЗ висвітлені в багатьох публікаціях вітчизняних і закордонних вчених. Найвідомішими серед них є В. А. Ліпкан, Ю. Г. Даник, В. Л. Бурячок, В. О. Хорошко, А. В. Манойло, В. Г. Крисько тощо [4–7]. Аналіз їх робіт за напрямом досліджень свідчить про те, що класифікація ІЗ визначеній цільовій аудиторії в КП потребує додаткового вивчення. Це пов'язано з тим, що дана класифікація повинна забезпечувати виконання таких завдань:

1) вона має обмежуватися визначеною цільовою аудиторією, активністю контенту, текстами повідомлень з інтернет-сайтів, що стосуються національної безпеки України;

2) розроблена класифікація повинна стати основою для процесів: моніторингу, виявлення, протидії, прогнозу;

3) вона має надати можливість для прогнозу біфуркаційного розвитку ІЗ;

4) значна динаміка зміни щільності потоку ІЗ повинна враховуватися при проведенні класифікації.

У цілому класифікація процесів і явищ передбачає розвиття об'єкта дослідження на класи і підкласи на основі загальних ознак. Результати таких класифікацій відображають у вигляді ієрархічних (деревоподібних) схем. При проведенні класифікації конфліктних чи загрозливих ситуацій їх поділяють на типи та види. Класифікація ризиків становить собою розподіл їх на окремі групи за визначеними ознаками для досягнення конкретної мети. Загрози в інфосфері класифікують за джерелом їх виникнення та об'єктом, на який вони націлені.

Більшість авторів у своїх публікаціях застосовували, як правило, ієрархічну систему класифікації, при якій послідовно деталізуються тільки якісні властивості об'єктів дослідження множин: клас, підклас, група, підгрупа, вид тощо. Дану систему широко використовують у різних галузях науки, але вона має такі недоліки: брак резервного обсягу; складність; необхідність ранжирування ознак класифікації; побудова громіздкого класифікаційного дерева. Усе це призводить до неможливості чіткої ідентифікації об'єктів класифікації. Проте існує інший метод – це фасетна система класифікації, що передбачає паралельний поділ множини об'єктів на незалежні класифікаційні угруповання, де множина об'єктів, що характеризується деяким набором однакових для всіх ознак (фасет), може поділитися багаторазово і незалежно [8]. Фасети – основні ознаки, індикатори, за якими потрібно розробити класифікацію ІЗ визначеній цільовій аудиторії в КП. Отже пропонуємо застосувати фасетну систему класифікації, що компенсує недоліки ієрархічної системи, є інноваційною в предметній області, більш зручною для інформаційно-пошукових

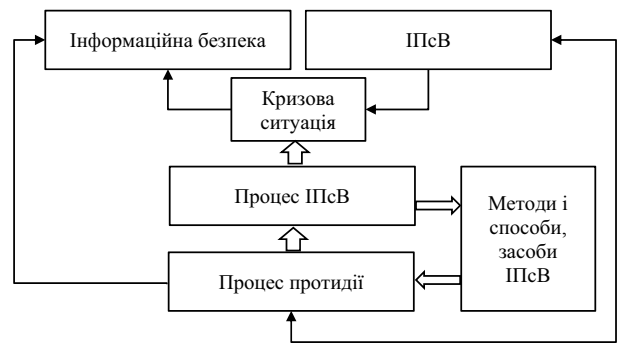


Рис. 1

систем і дозволяє систематизувати процес за необхідним набором ознак.

**Метою** статті є розроблення фасетної системи класифікації ІЗ визначеній цільовій аудиторії в КП.

Для досягнення мети дослідження в першу чергу необхідно сформулювати понятійний апарат, розкрити сутність і зміст ІЗ визначеній цільовій аудиторії, встановити основні складові системи реалізації ІЗ та процесу, який відбувається всередині неї. Загальна структурна схема ІЗ інформаційній безпеці, зображена на рис. 1, дає уявлення про взаємозв'язок елементів і процесів.

Під *інформаційною безпекою* будемо розуміти такий стан захищеності людини, суспільства і держави, при якому забезпечується адекватне світосприйняття особистістю інформації з різноманітних джерел, що досягається своєчасним виявленням та прогнозуванням розвитку ІЗ.

*Загроза* – явище, чинник (їх сукупність), що здатні реально створити умови або стати причиною повної або часткової неможливості реалізації будь-яких інтересів.

*Інформаційна загроза* – сукупність умов, випадкове поєднання обставин і подій або наміри об'єкта впливу щодо реалізації ймовірної небезпеки, яка несе деструктивний інформаційний вплив на особистість, суспільство, державу.

Для проведення фасетної системи класифікації будемо розглядати ІЗ, що присутні в інформаційному просторі та своїм деструктивним впливом на визначену цільову аудиторію можуть призвести до кризової ситуації.

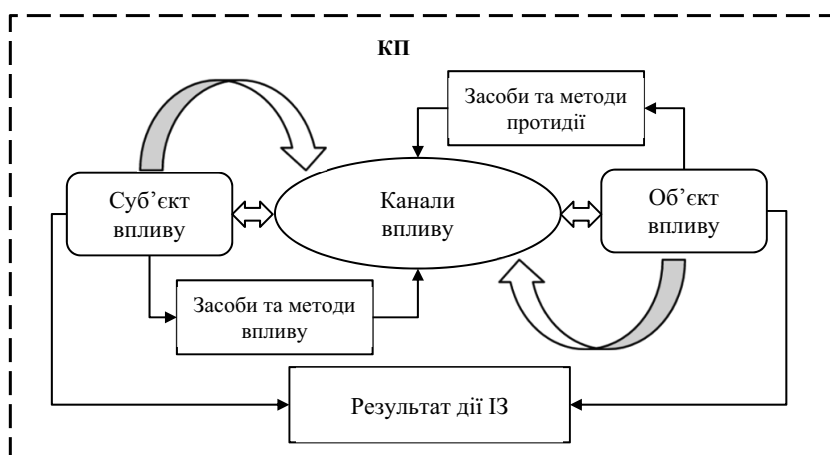


Рис. 2

ІЗ трансформується в інформацію у вигляді дезінформації, маніпулювання, навіювання, переконання та безпосередньо впливає на інформаційну безпеку держави.

*Кризова ситуація* – це такий стан системи, при якому контрольовані параметри виходять за межі допустимих значень, і, як наслідок, виникають біфуркаційні точки, що призводить до хаосу. Кожна ІЗ як елемент системи має свої кількісні та якісні характеристики. В інформаційному просторі до основних абстрактних характеристик ІЗ можна віднести: джерело її виникнення; частоту появи; об'єкт ІЗ; її контентне забарвлення; спосіб реалізації. Для проведення класифікації ІЗ цільовій аудиторії потрібно використовувати багатокритеріальний підхід, який дасть змогу врахувати більшість критеріїв (характеристик, індикаторів) ІЗ і підвищить адекватність прийняття остаточних рішень.

Реалізація ІЗ можлива за наявності таких основних складових системи (рис. 2): об'єкта й суб'єкта впливу, зв'язку між ними в КП, де відбувається даний процес.

*Об'єкт впливу* – це особистість, суспільство, держава, щодо яких можливе здійснення ІЗ (у тому числі застосування інформаційної зброї), результатом якого буде модифікація властивостей свідомості як інформаційної системи. Об'єкт впливу є елементом сприйняття, аналізу та прийняття рішення (результат дії ІЗ).

*Суб'єкт впливу* – це особистість, суспільство, держава, група осіб, віртуальна соціальна спільнота, які здійснюють ІЗ на визначений об'єкт відповідними засобами та методами. Суб'єкт впливу є елементом формування та розповсюдження ІЗ.

На рис. 3 зображено процес деструктивного впливу на соціум, який передбачає лавиноподібний перехід від одного етапу до іншого та містить в собі такі основні елементи логічного ланцюга: суб'єкт впливу (поява, джерело ІЗ) – загроза (дія, атака) – об'єкт впливу (сприйняття ІЗ) – результат дії (наслідок). При цьому ІЗ

в цьому ланцюзі розвивається, модифікується і здатна до самоорганізації.

На рис. 3 введено такі позначення:  $X(t)$  – вхідна складова ІЗ,  $Y(t)$  – прийняття рішення об'єктом (результат дії ІЗ),  $k_i(t)$  – інформаційні загрози,  $t$  – час.

*Суб'єкт впливу  $S$  як осередок виникнення ІЗ* – середовище формування, передавання, обміну та зберігання інформації різного характеру, що служить для донесення до цільової аудиторії відповідна контенту негативно-го характеру.

*Дія загрози  $N$*  – це можлива небезпека (потенційна або та, що вже існує) вчинення будь-якої негативної дії, спрямованої на соціум. Її ефективність залежить від індивідуальних властивостей об'єкта впливу: освіченості, навколишнього середовища сприймання інформації, інформованості та часу перебування під ІЗ.

*Об'єкт впливу  $D$*  – це соціум, який знаходиться під дією ІЗ і сприймає визначений контент у вигляді ІЗ завдяки проведенню інформаційних і кібернетичних дій над інформацією.

*Результат дії загрози  $R$*  – це можливі наслідки реалізації ІЗ при дії джерела загрози в КП.

ІЗ може проявлятися в різних формах інформації, тому при проведенні фасетної класифікації слід враховувати методи і форми ІЗ (рис. 4).

Протидія відомим формам і методам ІЗ займає важливе місце в системі забезпечення інформаційної безпеки держави та включає в себе комплекс заходів щодо запобігання виникненню кризових ситуацій (рис. 5). Саме своєчасність виявлення і прогнозування подальшого розвитку ІЗ дозволить ефективно протидіяти цим методам і формам ІЗ.

Для того щоб розробити фасетну класифікацію, потрібно виділити, за якими індикаторами (фасетами) її проводити та дотримуватися встановлених правил проведення класифікації. Відповідно до нової редакції

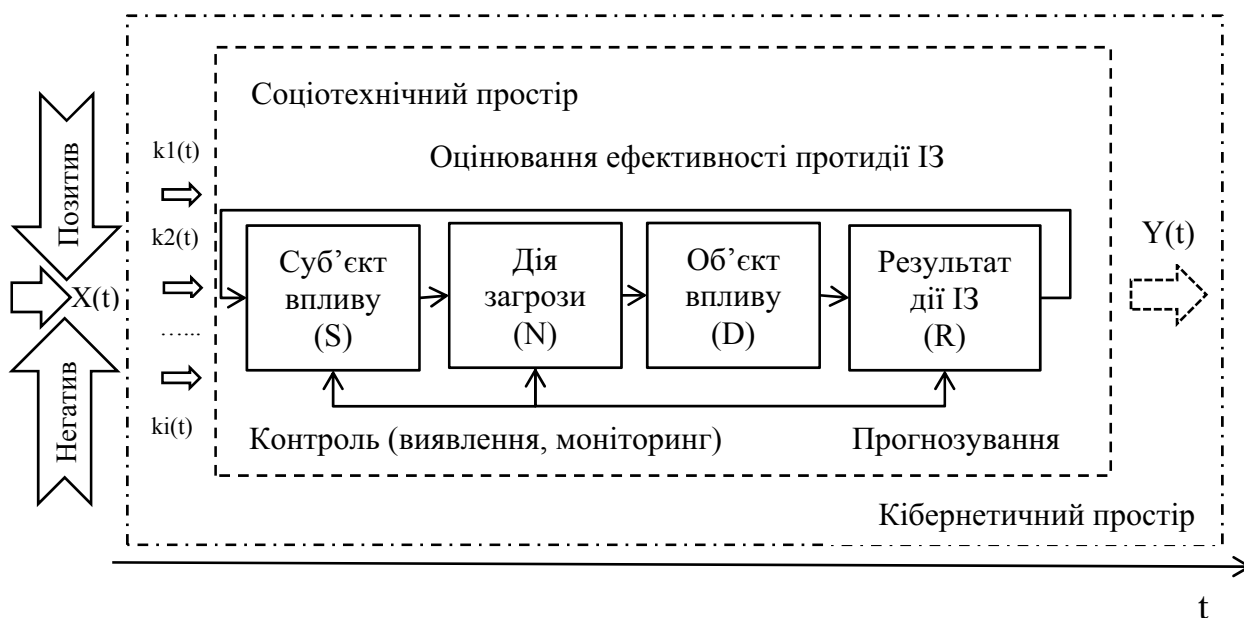


Рис. 3



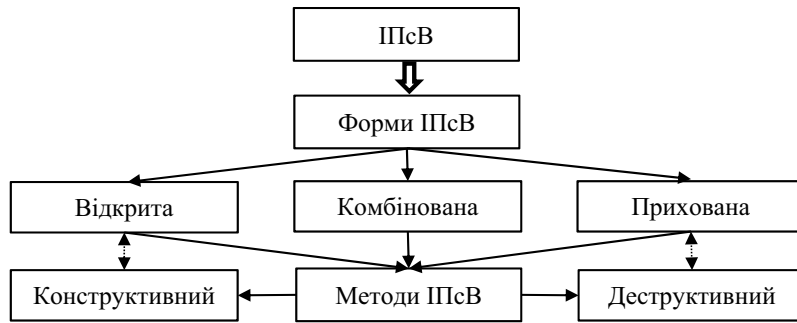


Рис. 4

Воєнної доктрини України 2015 року [9] основними реальними та потенційними загрозами інформаційній безпеці цільовій аудиторії України є:

зовнішні деструктивні інформаційні впливи на суспільну свідомість через засоби масової інформації, а також мережу Інтернет;

поширення негативного інформаційного впливу на свідомість людини (громадянина), здатного змінювати психічний стан, психологічні та фізіологічні характеристики, керувати свободою вибору;

деструктивні інформаційні впливи, спрямовані на підрив конституційного ладу, суверенітету, територіальної цілісності й недоторканності кордонів України;

використання засобів масової інформації, а також мережі Інтернет для пропаганди сепаратизму за етнічною, мовною, релігійною та іншими ознаками.

Основними вимогами методу фасетної класифікації є:

- 1) наявність достатнього обсягу необхідної інформації, що гарантувала б охоплення всіх об'єктів класифікації;
- 2) забезпечення гнучкості й надмірності для можливого збільшення множини об'єктів, що класифікуються;
- 3) дотримання принципу взаємного виключення фасетів;
- 4) врахування істотних ознак, що забезпечують вирішення цільового завдання;
- 5) лаконічність, чіткість і зрозумілість класифікаційних ознак.

Наведені вище індикатори відображають методи та способи реалізації ІПсВ, а вимоги методу фасетної

класифікації – місце їх у фасетах: за інформаційним джерелом  $S$ ; за контентним забарвленням інформаційного повідомлення  $B$ ; за характером інформації  $T$ ; за формою подання інформації  $F$ ; за частотою появи в інформаційному джерелі  $N$ ; за об'єктом впливу  $D$ ; за способом ІПсВ  $E$ ; за реакцією аудиторії на ІЗ  $R$ ; за рівнем загрози системі управління держави  $G$ .

Визначенню фасетів ІЗ передував аналіз реального негативного інформаційного впливу в повідомленнях, розміщених у відкритих інформаційних джерелах інтернет-середовища. Об'єктом ІПсВ було обрано керівництво України як складну соціотехнічну систему.

#### Характеристика фасетів.

Фасет 1. Формування, зміна, трансформація і розповсюдження інформації відбувається в джерелі виникнення ІЗ. В Інтернеті ці процеси протікають швидше, ніж в засобах теле-, радіомовлення, тому *за інформаційне джерело  $S$*  доцільно розглядати соціальні мережі, інформаційні сайти, блоги і форуми [10].

Фасет 2. Інформація може мати позитивний, нейтральний і негативний характер, саме ці ознаки і застосовують у фасеті *контентне забарвлення інформаційного повідомлення  $B$* .

Фасет 3. *За характером інформації  $T$*  інформаційний привід може бути достовірним негативним, достовірним позитивним і неправдивим (фейковим).

Фасет 4. *За формою подання інформації  $F$*  слід розглядати приховану і відкриту форму відображення інформаційного повідомлення.

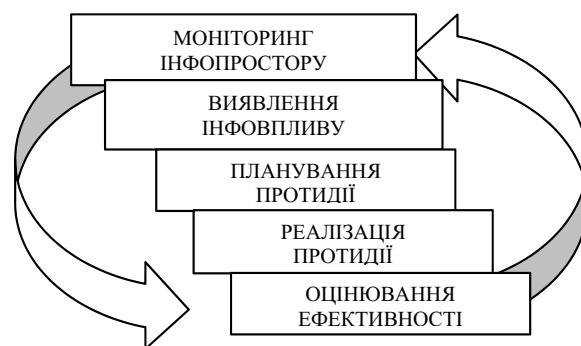


Рис. 5

Фасет 5. Під частотою появи в інформаційному джерелі *N* будемо розуміти появу певного інформаційного повідомлення, яке містить ІЗ, в дискретні проміжки часу: фонова публікація, фаза підготовки, інформаційна операція. Частота появи характеризує активність контенту.

Фасет 6. Інформаційна загроза може бути спрямована будь на кого незалежно від соціального статусу, віку, місця проживання тощо. Серед об'єктів впливу *D* визначено такі: Президент країни, влада, керівництво Збройних Сил України, особовий склад Збройних Сил України, соціальна група, окрема особистість.

Фасет 7. До більш негативних способів ІПСВ *E* на свідомість особистості належать навіювання, дезінформація, переконання, маніпулювання.

Фасет 8. Реакція аудиторії на ІЗ *R*, яка взаємозв'язана з частотою появи в інформаційному джерелі і викликає в особистості негативне ставлення до процесів, що відбуваються, може проявлятися в її незадоволенні владою, проведенні страйків, терористичних актів, революцій, збройних сутичок. Реальним доказом цього є анексія

Криму Російською Федерацією та введення своїх військ для підтримки так званих ДНР і ЛНР.

Фасет 9. Під рівнем загрози системі управління держави *G* мається на увазі ієрархія управління, де відбувається прийняття рішення: вищого (стратегічного), середнього (оперативного), нижчого (оперативно-тактичного) рівнів.

Результати фасетної класифікації оформлено у вигляді спеціальної таблиці, стовпці якої визначають критерії класифікації (що для зручності користування в подальших наукових дослідженнях будуть нормовані), а рядки – можливі значення цих критеріїв.

Розроблену дев'ятикритеріальну фасетну класифікацію ІЗ визначеній цільовій аудиторії в КП наведено в табл. 1. У ній виокремлено 9 принципових підходів, кожен з яких характеризується 2–6 індикаторами. Зведений перелік критеріїв для фасетної класифікації формується в 9 паралельних незалежних фасетів. Конкретні значення критеріїв доповнюються характерними ознаками й у фасеті розміщуються у вигляді простого переліку.

Таблиця 1

Дев'ятикритеріальна фасетна класифікація ІЗ визначеній цільовій аудиторії в КП

№	Код фасета	Розділ фасета	Опис
1	S		<b>Класифікація ІЗ за інформаційним джерелом</b>
		1	Соціальні мережі
		2	Інформаційні сайти
		3	Блоги, форуми
2	B		<b>Класифікація ІЗ за контентним забарвленням інформаційного повідомлення</b>
		1	Негатив
		2	Нейтральна
		3	Позитив
3	T		<b>Класифікація ІЗ за характером інформації</b>
		1	Достовірний негатив
		2	Достовірний позитив
		3	Фейк
4	F		<b>Класифікація ІЗ за формою подання інформації</b>
		1	Прихована
		2	Відкрита
5	N		<b>Класифікація ІЗ за частотою появи в інформаційному джерелі</b>
		1	Фонова публікація
		2	Фаза підготовки
		3	Інформаційна операція
6	D		<b>Класифікація ІЗ за об'єктом впливу</b>
		1	Президент України
		2	Влада країни
		3	Керівництво ЗС України
		4	Особовий склад ЗС України
		5	Соціальна група
		6	Окрема особистість
7	E		<b>Класифікація ІЗ за способом впливу</b>
		1	Навіювання
		2	Дезінформація
		3	Переконання
		4	Маніпулювання
8	R		<b>Класифікація ІЗ за реакцією аудиторії на ІЗ</b>
		1	Невдоволення
		2	Страйк
		3	Революція
		4	Терористичний акт
		5	Збройний конфлікт
9	G		<b>Класифікація ІЗ за рівнем загрози системі управління держави</b>
		1	Вищий (стратегічний) рівень
		2	Середній (оперативний) рівень
		3	Нижчий (оперативно-тактичний) рівень

**Практичний приклад застосування**

Наприклад, назва одного з рівнів небезпеки інформаційної загрози описана фасетною класифікацією: код S.2–B.1–T.3– F.2–N.3–D.1–E.4–R.3–G.1. Розшифрування даного коду: проводиться інформаційна операція способом маніпулювання свідомістю населення через інформаційні сайти, розповсюджений негативний контент проти Президента України, який є відкритим фейком, може призвести до революції та загрожує стратегічному рівню управління державою.

Проводився моніторинг відкритих джерел інформації в мережі Інтернет, у результаті якого були виявлені інформаційні приводи певного змісту. На основі фасетів (табл. 1) ІЗ були присвоєні коди. Результати дослідження відображено в таких фасетах: реальні події, які відбулися, і відомі наслідки, наприклад:

“14.09.2015 Порошенко відмовився обмінювати Савченко на російських спецназівців“ – код S.2–B.1–T.1–F.2–N.1–D.1–E.3–R.1–G.1;

“15.09.2015 Соціопитування: українці категорично проти прем’єрства Тимошенко“ – код S.1,3–B.2–T.3–F.1–N.1–D.6–E.2–G.3;

“17.09.2015 Ляшко після арешту Мосійчука звинуватив Порошенка в шантажі“ – код S.2,3–B.1–T.1–F.2–N.1–D.1–E.1–R.2–G.1.

Тобто пряма або опосередкована ІЗ несе небезпеку системі в цілому або її складовим. Реакція аудиторії на дані ІЗ – економічна, політична, соціальна кризи.

**Висновки.** При проведенні дослідження було розроблено фасетну систему класифікації ІЗ визначеній цільовій аудиторії в КП. Вона побудована таким чином, щоб була можливість наповнення класифікатора новими фасетами, категоріями фасетів та підкатегоріями. Запропонована фасетна класифікація дає можливість отримувати код ІЗ, що зменшує час, необхідний для її виявлення. Вона не є остаточною, може змінюватися й розширятися відповідно до виконання поставлених завдань. Перспективою подальших досліджень є: нормування індикаторів (критеріїв) ІЗ; оцінювання рівня небезпеки інформаційної загрози цільовій аудиторії; проведення прогнозування подальшого розвитку ІЗ.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

- Unconventional warfare [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fas.org/irp/doddir/army/fm3-05-130.pdf>.
- Інформаційна та кібербезпека: соціотехнічний аспект [Текст] : підруч. / В. Л. Бурячок, В. Б. Толубко, В. О. Хорошко, С. В. Толюпа. – К. : ДУТ, 2015. – 288 с.
- Даник, Ю. Г. Національна безпека: запобігання критичним ситуаціям [Текст]: моногр. / Ю. Г. Даник, Ю. І. Катков, М. Ф. Пічугін. – Житомир : Рута, 2006. – 388 с.
- Гришук, Р. В. Диференціально-ігрові моделі та методи моделювання процесів кібернападу [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 21.05.01 / Р. В. Гришук. – К., 2013. – 411 с.
- Даник, Ю. Г. Підхід до класифікації кібернетичних загроз [Текст] / Ю. Г. Даник, В. І. Шестаков, С. В. Чернишук // Збірник наук. праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Сер. Військові та технічні науки. – 2014. – № 1. – С. 314–329.
- Никитина, В. Л. О классификации информационных отношений и угроз в сети Интернет [Электронный ресурс] / В. Л. Никитина // Безопасность информационных технологий. – 2011. – № 2. – С. 21–23 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://rvti.ru/data/file/bit/bit\\_2\\_2011\\_4.pdf](http://rvti.ru/data/file/bit/bit_2_2011_4.pdf).
- Манойло, А. В. Государственная информационная политика в особых условиях [Текст] : моногр. / А. В. Манойло. – М. : МИФИ, 2003. – 388 с.
- Ясенев, В. Н. Автоматизированные информационные системы в экономике [Текст] : учеб.-метод. пособ. / В. Н. Ясенев. – Н. Новгород, 2007. – С. 80.
- Нова редакція Воєнної доктрини України : затверджена Указом Президента України № 555/2015 від 24 вересня 2015 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents/5552015-19443>.
- Новиков, Д. А. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и протиборства [Текст] / Д. А. Новиков, Д. А. Губанов, А. Г. Чхартишвили ; под. ред. Д. А. Новикова. – М. : Изд-во физ-мат. лите-ры, 2010. – 228 с.

**Рецензент Р. В. Гришук**, д-р техн. наук, старший наук. співробітник (Житомирський військовий інститут ім. С. П. Корольова)

УДК 623.486+001.891.3

**М. О. ШИШАНОВ,***доктор технічних наук, професор,***А. В. ГУЛЯЄВ,** *кандидат технічних наук,***В. В. КАНІЩЕВ,** *науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

## **Методичні основи оцінки технічного рівня виробничо-технічної бази військових ремонтних органів**

*Наведено результати аналізу факторів, що впливають на оцінку технічного рівня виробничо-технічної бази військових ремонтних органів та показники ефективності ремонту озброєння й військової техніки.*

*Приведены результаты анализа факторов, которые влияют на оценку технического уровня производственно-технической базы военных ремонтных органов и показатели эффективности ремонта вооружения и военной техники.*

Виробничо-технічну базу (ВТБ) військових ремонтних органів (ВРО) необхідно розглядати як сукупність великих структурних елементів з наявністю внутрішніх взаємозв'язків. Ефективність роботи ВРО залежить від забезпеченості в цих структурних елементах і їхніх співвідношеннях.

Відсутність обліку факторів, що впливають на функціонування ВТБ, а також слабо обумовлений зв'язок між діяльністю ВТБ ВРО та результатами її роботи призвели до диспропорції структурних елементів діючої ВТБ, що відображається на результатах процесу відновлення озброєння та військової техніки.

Тому на перший план висувається проблема розробки системи показників, яку повинно бути орієнтовано на ефективний розвиток ВТБ. Існування будь-якої системи показників визначається методичним підходом, пов'язаним, перед усім, з рішенням задач якісного та кількісного виміру складних процесів. Відсутність закінченого та остаточно сформованого погляду на методологію формування системи показників призвело до того, що в теперішній час в роботах [1–4] запропоновано різні сукупності показників рівня розвитку ВТБ, відбір яких визначається цілями, що ставляться в роботах. За такого підходу можна говорити не про систему показників, а про їхню сукупність, бо система показників являє собою лише такий набір показників, що взаємопов'язані, який дає всебічну характеристику об'єкта, що відображається в аспекті задачі розвитку.

Для того щоб будь-яка система кількісних показників об'єктивно відображала процеси, що протікають, вона повинна мати такі властивості:

1. Показники системи повинні бути несуперечливими.
2. Число показників повинно бути достатнім для опису конкретних об'єктів і зв'язків між ними.
3. Набір показників повинен дозволяти оцінювати об'єкти (або їхню сукупність) як підсистему в системі більш високого рівня.
4. Показники в сукупності повинні утворювати не арифметичну суму, а систему інтегральних показників, яку можна використовувати для послідовного формування дерева цілей розвитку об'єкта.
5. Система показників повинна спиратися на ті з них, за допомогою яких можна одержати будь-які вторинні показники (коефіцієнти).
6. Показники не повинні припускати подвійного тлумачення.

Облік і втілення вимог, що мають визначне значення для науково обгрунтованого формування будь-якої системи показників, реалізується в процесі багатоступеневої диференціації від властивостей до кількісно вимірюваних параметрів.

Відбір найважливіших параметрів базувався на відомому принципі Паретто, який говорить, що з погляду характеристик системи суттєві лише деякі з багатьох факторів. Дійсно, у більшості систем 20% факторів визначають 80% властивостей системи, а решта 80% факторів визначають лише 20% її властивостей.

При формуванні всієї системи показників нами було виявлено більше 50 параметрів ВТБ, що достатньо



Рис. 1

повно відображають її основні властивості. Однак, як показує досвід, цілеспрямовано керувати зміненням такої кількості параметрів неможливо й недоцільно. Тому для вибору системи показників були визначені фактори, що впливають на рівень розвитку ВТБ. Найважливішою особливістю кожного фактора був характер його впливу на ефективність ремонту.

Вся сукупність факторів технічного рівня поділяється на групи за їхньою техніко-економічною сутністю. У кожну групу входять фактори, що характеризуються схожістю їхнього якісного змісту. Класифікацію факторів технічного рівня показано на рис. 1

Подані в класифікації фактори є основою для розробки системи показників, що виражають дію розглянутих факторів й зміну величини дії кожного фактора на результуючу ознаку. Використання кількісних оцінок дії цих факторів дозволяє інтегрально оцінити технічний рівень окремих структурних ланок виробничо-технічної бази.

Багатофакторність і багатогранність розвитку змушує використовувати множину показників. Однак багатозначний результат оцінки є незручним, бо утруднює узагальнення вимірювань окремих елементів об'єкта, що вивчається, та прийняття загального висновку про рівень, який виміряно. У зв'язку з цим виникає необхідність у зведенні показників до одного з них або синтезуючому, в якому, як у фокусі, сходилися б результати окремих вимірювань, тобто питання полягає у виборі узагальнюючого показника рівня розвитку ВТБ ВРО.

У теперішній час розроблено значну кількість методик визначення рівня розвитку ВТБ, що можуть бути класифіковані в залежності від методу одержання узагальнюючого показника.

У першу підгрупу потрібно віднести роботи [5, 9], де для комплексної оцінки пропонується використовувати показник, який одержано шляхом складання або

перемноження осібних показників технічного рівня виробництва без урахування ступеня їхнього впливу на техніко-економічні показники роботи ВРО.

У цьому випадку підсумковий показник:

$$K_{\text{мре}} = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_n}{n} \quad \text{або} \quad K_{\text{мре}} = \sqrt[n]{K_1 + K_2 + \dots + K_n},$$

де  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – окремі показники технічного рівня виробництва;  $n$  – число окремих показників, що використовуються.

За відносної простоти розрахунків даний метод має ряд недоліків, а саме: не враховується значущість впливу окремих показників на результат роботи ВРО.

У дослідженнях [1, 6, 8], концепції яких можна віднести до другої підгрупи, рекомендується визначати значущість окремих показників, що агрегатуються експертним шляхом за допомогою балів. Технічний рівень ВТБ у загальному вигляді визначається за формулою

$$K_{\text{мре}} = \sum_{i=1}^n a_i b_i + c_i d_i + \dots + m_i l_i,$$

де  $a_i, c_i, \dots, m_i$  – значення факторів (показників) технічного рівня;  $b_i, d_i, \dots, l_i$  – вагові коефіцієнти факторів (показників).

Недоліком даної методики є те, що суб'єктивна думка експертів може бути недостатньо обґрунтованою.

Заслуговує уваги методика визначення рівня розвитку ВТБ за допомогою комплексного показника, що пропонується в роботах [7, 10]:

$$P_p = \frac{K_{\text{факт}_i}^{\epsilon}}{K_{\text{мін}_i}^{\epsilon}},$$

де  $K_{\text{факт}_i}^{\epsilon}$  – фактичне значення питомих приведених витрат ВТБ, що має  $i$ -у трудомісткість у разі ремонту ОВТ;  $K_{\text{мін}_i}^{\epsilon}$  – мінімальні питомі приведені витрати можливі за  $i$ -го об'єму робіт.

**Висновок.** Оцінюючи метод розрахунку, який запропоновано, потрібно сказати, що даний умовний показник ефективності містить в собі такі показники, як сума амортизаційних відрахувань на відновлення пасивної частини основних виробничих фондів та трудомісткості ремонтів, що можуть тільки побічно визначити рівень розвитку ВТБ.

Найбільш правильним, на нашу думку, є визначення комплексного показника, що ґрунтується на застосуванні кореляційного аналізу впливу окремих показників технічного рівня виробництва на показники ефективності виробництва

$$K_{mps} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Z_i}{\sum_{i=1}^n Z_i},$$

де  $X_i$  – відносний  $i$ -й окремий показник технічного рівня  $i$ -го виробництва;  $Z_i$  – значущість  $i$ -го окремого показника;  $n$  – кількість окремих показників.

Застосування кореляційного аналізу дозволяє визначити ступінь впливу кожного окремого показника на показник ефективності ремонту ОВТ та визначити резерв у ВРО в разі підвищення технічного рівня ВТБ.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Курников, И. П. Эффективность технического перевооружения производства [Текст] / И. П. Курников. – К. : Вища шк., 1983. – 103 с.
2. Пальтерович, Д. М. Планирование технического перевооружения производства [Текст] / Д. М. Пальтерович. – М. : Экономика, 1982. – 232 с.
3. Техничко-организационный уровень производства : определение, экономическая оценка, анализ [Текст]. – К. : Наук. думка, 1979. – 193 с.
4. Гончаров, Б. Н. Обновление парка оборудования в условиях интенсификации производства [Текст] / Б. Н. Гончаров, Б. Е. Бачевський, О. А. Бурбело. – К. : Техніка, 1990. – 136 с.
5. Гапоненко, А. Л. Ускорение реконструкции и обновления производства [Текст] / А. Л. Гапоненко. – М. : Мысль, 1988. – 175 с.
6. Математическая теория планирования эксперимента [Текст] / под ред. С. М. Ермакова. – М. : Наука, 1983. – 292 с.
7. Хмельницкий, Г. А. Эффективность реконструкции и технического перевооружения промышленных предприятий [Текст] / Г. А. Хмельницкий, В. Д. Грищенко. – К. : Будівельник, 1986. – 114 с.
8. Курников, И. П. Технический уровень производства предприятий автомобильного транспорта [Текст] / И. П. Курников. – К. : Вища шк., 1980. – 168 с.
9. Геронимус, Б. Л. Совершенствование планирования на автотранспорте [Текст] / Б. Л. Геронимус. – К. : Вища шк., 1980. – 272 с.
10. Храковский, Ю. И. Капитальные вложения в расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий [Текст] / Ю. И. Храковский, А. Т. Ковалев. – М. : Стройиздат, 1984. – 100 с.

УДК 632.4.004.67

**М. А. ШИШАНОВ,**

*доктор технических наук, профессор,*

**Б. А. МЕЛЬНИК,** кандидат технических наук,

**Л. И. КОБЯКОВ,** научный сотрудник

*(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники, г. Киев)*

## Методологические основы обоснования целесообразности повышения уровня ремонтпригодности вооружения и военной техники

*Для исследования путей повышения эффективности функционирования вооружения и военной техники (ВВТ) проведен анализ разработанного системного образа функционирования организованной совокупности образцов ВВТ. В рамках разработанной модели решены некоторые задачи обоснования целесообразности повышения уровня ремонтпригодности ВВТ.*

*Для дослідження шляхів підвищення ефективності функціонування озброєння та військової техніки (ОВТ) проведено аналіз розробленого системного образу функціонування організованої сукупності зразків ОВТ. У межах розробленої моделі вирішені деякі задачі обґрунтування доцільності підвищення рівня ремонтпридатності ОВТ.*

Ремонтпригодность должна рассматриваться как альтернатива другим путям обеспечения высокой эффективности функционирования вооружения и военной техники (ВВТ). Следовательно, необходимо сформулировать условия предпочтительности повышения ремонтпригодности при обеспечении высокой (или заданной) эффективности изделий ВВТ, т. е. необходимо сформулировать и решить задачу: в каких случаях целесообразно повышать ремонтпригодность, выделяя для этой цели соответствующие ресурсы.

Анализ теоретических моделей, которые описывают ведение боевых действий противоборствующими сторонами, современных военных конфликтов, показывает что средние значения численности боевых средств, непосредственно участвующих в боевых действиях, определяются:

соотношением сил;

эффективностью системы огня;

возможностями системы восстановления (ремонтпригодностью образцов ВВТ, возможностью сил и средств технического обеспечения).

В качестве примера повышения уровня ремонтпригодности образцов ВВТ можно привести данные о трудозатратах при ремонте (восстановлении) некоторых образцов бронетанковой техники США (табл. 1) [1].

Таблица 1

Снятие и замена сборочных единиц и деталей	Танк М1 "Абрамс" чел./час	Танк М60А1" чел./час
Силовая установка	4,1	8,0
Стартер	1,0	10,0
Бортовая передача	7,7	11,0
Передний опорный каток	1,1	1,5
Торсион	4,5	9,0
Гусеница в сборе	3,8	4,0
Генератор переменного тока	3,6	10,0
Трансмиссия	16,3	20,0
Уплотнение маски пушки	8,4	24,0-48,0

Данные, представленные в табл. 1, позволяют сделать вывод о том, что количество образцов бронетанковой техники, которые возвращаются в боевые порядки после восстановления, увеличивается в 2–2,5 раза, что позволяет поддерживать боеспособность войск на заданном уровне. Таким образом, повышения уровня ремонтпригодности образцов ВВТ является как оперативно-тактической, так и технической задачей.

Задача повышения уровня ремонтпригодности является задачей оптимизации процесса по двум критериям. Она может быть сформулирована и решена в общем виде следующим образом [2, 3]:

определить путь достижения максимальной эффективности системы при заданных ресурсах;

определить путь достижения заданной эффективности системы при минимуме расхода ресурсов.

Первая формулировка соответствует более свободной постановке задачи, которая характерна для этапа поисковых разработок; вторая – работе изделия ВВТ в комплексе с другими изделиями. В обеих постановках предполагается последовательное решение следующих частных задач:

исследование функционирования ВВТ с целью выбора критерия эффективности процесса, альтернатив повышения их эффективности и установления взаимосвязей (ее решение заканчивается разработкой математической модели процесса, которой предшествует описательная модель);

разработка метода оценки стоимостных затрат на реализацию каждой альтернативы (стоимостные модели процесса);

сбор данных;

проведение расчетов;

анализ расчетов с целью выбора предпочтительной (оптимальной) альтернативы.

Современные ВВТ функционируют, как правило, организованными совокупностями – системами, занимающими определенное место в иерархическом ряду систем. Поэтому первую задачу – определение целевой функции, набора альтернатив и взаимосвязей между ними – целесообразно решать с помощью системной методологии [4].

Системная методология – инструмент логического анализа деятельности сложных социальных, военных или производственных организаций, формальное (математическое) описание которых достаточно сложно, но при упрощении может дать желаемые результаты. Целью такого анализа является выбор стратегии руководства при управлении организациями (системами) или же принятие предпочтительных решений при их про-

ектировании (модернизации) [5]. В зависимости от назначения системная методология классифицирует подсистемы систем (системы) на основные, вспомогательные, обеспечивающие и управляющие. Такие типовые подсистемы присущи большинству различного рода систем. Каждая из них реализует основной, вспомогательный, обеспечивающий и управляющий процессы [6].

В системах высшего уровня формируют требования к функционированию систем более низкого уровня. Однако различие между требуемыми и фактическими значениями показателей выполняемого системой процесса порождает проблему повышения эффективности или качества функционирования системы. Эффективность системы – это степень достижения поставленной цели в количественном выражении, а качество функционирования – качество полученного продукта; в дальнейшем рассматривается проблема повышения эффективности [6].

Выявление проблемы и поиск ее предпочтительного решения производится путем отбора и систематизации всех факторов, влияющих на функционирование системы, анализа их взаимосвязей и оценки влияния на показатели процесса. Для этого разрабатывается системный образ функционирования анализируемой системы (рис. 1). Система представляется в виде “черного ящика”, имеющего вход и выход. Она имеет определенную структуру, и её функционирование протекает при известных ограничениях.

В общем случае характеристиками входа являются количество, качество и стоимость “сырья”; характеристиками структуры системы – количество, качество и стоимость ее элементов для переработки “сырья”; характеристиками ограничений – режим функционирования системы более высокого уровня во времени и пространстве, условия окружающей среды, а также принципы и

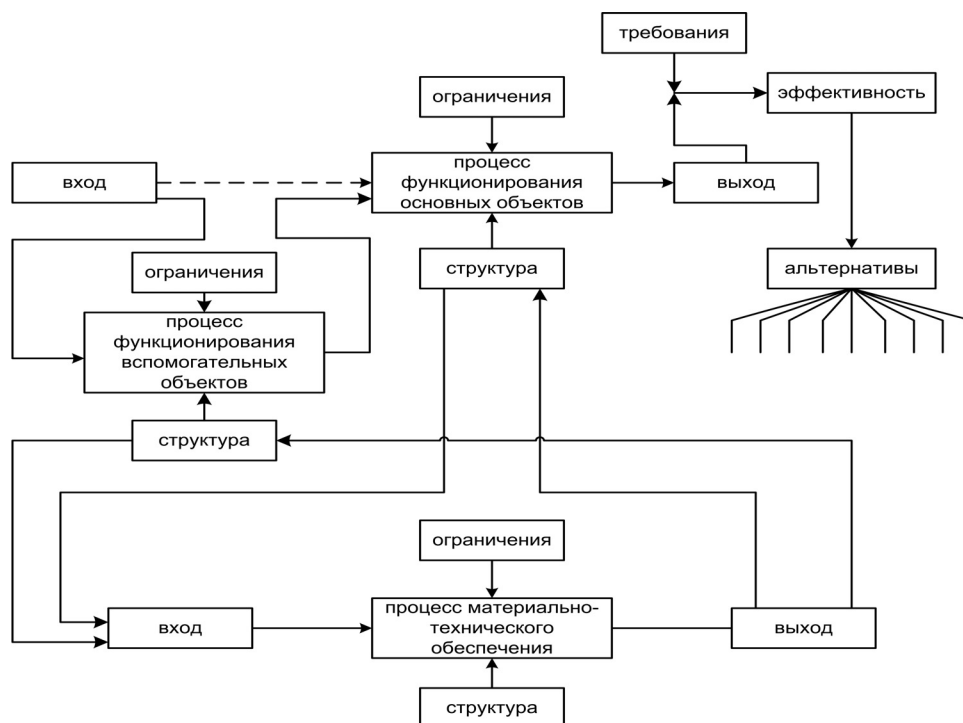


Рис. 1. Системный образ функционирования организованной совокупности образцов ВВТ



правила функционирования анализируемой системы. Показателями выхода являются количество, качество и стоимость “продукта”, а также их различные оценки.

Если показатели выхода не удовлетворяют требуемым значениям, возникает проблема повышения эффективности процесса. Она может быть решена изменением характеристик входа, структуры и ограничений анализируемой системы, а также характеристик её подсистем, если таковые имеются. Набор решений ищется в области характеристик, поддающихся целенаправленному изменению (т. е. являющихся управляемыми).

Выбор предпочтительного (оптимального) решения может быть основан на экспертных оценках специалистов, на анализе данных функционирования систем-аналогов, на пассивном или активном (целенаправленный выбор экспериментальных точек) наблюдении за функционированием анализируемой системы.

В условиях ограничения ресурсов (ограничения стоимости “продукта”, включающей в себя стоимость “сырья” и системы) оптимальное решение следует искать по критерию эффективность–стоимость.

Универсальность системной методологии позволяет успешно применять её и при решении технических проблем, в частности, проблемы повышения эффективности и качества функционирования ВВТ путем улучшения их ремонтпригодности. Для оценки предпочтительности повышения ремонтпригодности ВВТ по сравнению с другими путями совершенствования эффективности их функционирования необходимо рассмотреть этот процесс с позиции системной методологии [7, 8].

Для этого проанализируем системный образ функционирования организованной совокупности образцов ВВТ, показанный на рис. 1.

Рассматриваемая совокупность состоит из трех типовых подсистем, связанных друг с другом определенным образом. Главной является подсистема образцов ВВТ, выполняющих в системе основную функцию, вспомогательной – подсистема вспомогательных объектов. Процесс материально-технического обеспечения, в том числе техническое обслуживание и ремонт, предназначенный для поддержания функционирования основных и вспомогательных объектов, осуществляется обеспечивающей подсистемой.

Характеристиками структуры основной подсистемы являются количество, характеристики качества и стоимость образцов ВВТ, выполняющих основную функцию, а также характеристики персонала: численность, его профессиональные и психофизиологические качества. Характеристиками ограничений функционирования основной подсистемы являются принципы эксплуатации ее машин, условий окружающей среды, безопасность. Аналогичными по содержанию являются характеристики структуры вспомогательных средств и ограничений их функционирования.

Показателями выхода из всей системы (эффекта от ее функционирования) являются количество, качество и стоимость полученного “продукта”. Например, пройденный путь, перевезенный груз, отремонтированные ВВТ и т. д. Показатели выхода сравниваются с требу-

емыми значениями эффекта функционирования. Соотношение фактического и требуемого эффекта определяет эффективность функционирования системы. Если эффективность системы недостаточна, т. е. фактический эффект от функционирования намного ниже требуемого, то возможны три пути повышения показателей ее выхода: за счет улучшения характеристик; входа, структуры основной подсистемы и ограничений ее функционирования (рис. 1).

В свою очередь, каждый из перечисленных путей имеет несколько направлений реализации. Так, совершенствование характеристик входа может быть достигнуто изменением параметров “сырья” за счет повышения эффективности или улучшения качества функционирования вспомогательной подсистемы, характеристики которой также могут быть изменены различными способами. Улучшение характеристик структуры основной подсистемы можно обеспечить ростом количества и совершенствованием качества функционирующих ВВТ, повышением квалификации эксплуатирующего их персонала. Улучшение характеристик ограничений функционирования можно, например, достичь подбором оптимального режима эксплуатации машин.

Следует отметить, что один из путей улучшения характеристик структуры основной подсистемы – повышение количества функционирующих машин, – может быть реализован совершенствованием показателей выхода функционирования обеспечивающей подсистемы. В данном случае имеется в виду повышение интенсивности ремонта ВВТ.

Функционирование обеспечивающей подсистемы основано на решении комплекса задач материально-технического обеспечения ВВТ при их ремонте (восстановлении работоспособности и ресурса). Согласно рис. 1 входом в обеспечивающую подсистему такого типа является поток изделий из основной и вспомогательной подсистем, нуждающихся в ремонте. В этом случае количественные характеристики входа в обеспечивающую подсистему будут определяться показателями безотказности и долговечности изделий при заданном их количестве в основной и вспомогательных подсистемах, режимом их эксплуатации и системой технического обслуживания и ремонта. Качественные характеристики входа в обеспечивающую подсистему будут определяться показателями ремонтпригодности, т. е. так называемой нормативной, зависящей только от конструкции объекта, продолжительностью, трудоемкостью и стоимостью диагностических, профилактических и ремонтных работ.

Характеристиками структуры обеспечивающей подсистемы будут количество и назначение ее звеньев, количественные и качественные характеристики технологического оборудования и персонала в каждом звене.

Характеристиками ограничений будут режим функционирования основных и вспомогательных объектов, условия окружающей среды, системы технического обслуживания и ремонта образцов ВВТ, безопасность работ.

Выходом из обеспечивающей подсистемы будет количество, качество и стоимость отремонтированных

объектов, возвращаемых в основную и вспомогательную подсистемы (см. рис. 1). Эти показатели являются функциями характеристик входа в обеспечивающую подсистему, ее структуры и ограничений ее функционирования. Следовательно, и здесь возможны три пути совершенствования процесса ремонта: улучшение характеристик входа (в данном случае являющихся свойствами объекта), характеристик ограничений и структуры подсистемы.

В свою очередь, каждый из перечисленных трех путей совершенствования процесса ремонта состоит из ряда частных реализаций. Например, можно повысить эффективность процесса ремонта, улучшая различные свойства изделия – безотказность, долговечность, ремонтпригодность или совершенствуя характеристики структуры обеспечивающей подсистемы – количество технологического оборудования, его качество, характеристики обслуживающего персонала и т. д. Наконец, можно выбирать различные системы технического обслуживания и ремонта ВВТ.

Отметим, что большинство характеристик процесса ремонта являются зависимыми. При этом характеристики входа в обеспечивающую подсистему, в данном случае характеристики объектов, обладают приоритетом по отношению к характеристикам ее структуры и ограничений.

Рассмотренный системный образ функционирования организованной совокупности ВВТ позволяет сформулировать исходные положения для постановки и решения задачи предпочтительности повышения ремонтпригодности по сравнению с другими путями совершенствования эффективности их функционирования, т. е. составить описательную модель процесса.

Функционирование ВВТ одинакового назначения следует рассматривать как процесс, состоящий из основного (собственно использование) и обеспечивающего (ремонта) подпроцессов. При этом обеспечивающий процесс находится на более низком иерархическом уровне. Критерием эффективности основного процесса является количество “продукта” или другие его оценки. Критерием эффективности обеспечивающего процесса – количество отремонтированного ВВТ или также другие его оценки. Повышение эффективности основного процесса может быть достигнуто улучшением характеристик “сырья”, структуры основной подсистемы, ограничений ее функционирования и повышением эффективности обеспечивающего процесса. Повышение эффективности обеспечивающего процесса также может быть достигнуто улучшением характеристик “сырья” (в данном случае характеристик объектов, реализуемых в процессе ремонта: безотказности, долговечности, ремонтпригодности), а также характеристик структуры и ограничений (обеспечивающей подсистемы).

При наличии стоимостных ограничений на реализацию каждого из путей они становятся альтернативами по отношению друг к другу. При этом в число альтернатив входят также их возможные комбинации.

Теперь задачу оценки целесообразности повышения ремонтпригодности ВВТ можно сформулировать следующим образом:

определить условия предпочтительности совершенствования процесса ремонта в целях повышения эффективности использования ВВТ по назначению;

определить условия предпочтительности повышения ремонтпригодности машин в целях совершенствования процесса ремонта.

Используя рассмотренный выше системный образ процесса функционирования организованной совокупности ВВТ, перейдем теперь к его математическому описанию. Это позволит осуществить формализованную постановку рассматриваемой задачи [8].

Обозначим целевую функцию процесса как результат функционирования машин  $Q$ , ее требуемое значение, исходя из задач функционирования системы высшего порядка,  $Q_T$ , а фактическое значение –  $Q_\phi$ . Предполагается, что  $Q_\phi < Q_T$ .

В качестве критерия оценки эффективности процесса, как правило, выбирают вероятность выполнения задачи  $E$  или среднее значение эффекта функционирования  $Q_\phi$ . Величина вероятностного критерия может быть определена по выражению (1)

$$E = \frac{Q_\phi}{Q_T}. \quad (1)$$

Задача достижения требуемой эффективности процесса функционирования изделий ВВТ может быть сформулирована как необходимость получения  $\min(Q_T - Q_\phi)$ . Чтобы найти пути достижения этого условия, определим целевую функцию  $Q_\phi$ . Для этого отберем характеристики функционирования изделий ВВТ на основе рассмотренного системного образа (см. рис. 1).

Допустим, имеется  $n$  характеристик входа  $X_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $m$  характеристик структуры системы  $Y_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ ;  $l$  характеристик ограничений  $Z_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, l$ . Тогда целевая функция процесса может быть представлена в общем виде следующим выражением:

$$Q_\phi = f(x_1, x_2, \dots, x_n; y_1, y_2, \dots, y_m; z_1, z_2, \dots, z_l). \quad (2)$$

Определим количество альтернатив для достижения  $\min(Q_T - Q_\phi)$ . В их число следует включать только управляемые характеристики  $X_i$ ,  $Y_j$ ,  $Z_k$ . Общее число альтернатив в этом случае будет определяться по формуле

$$N_{\Sigma_y} = C_{N_y}^0 + C_{N_y}^1 + C_{N_y}^2 + \dots + C_{N_y}^{N_y} = 2^{N_y}, \quad (3)$$

где  $N_{\Sigma_y}$  – теоретическое количество альтернатив;  $\hat{N}_{N_y}^i$  – число сочетаний из  $N_y$  по  $i$ , при  $i$ , изменяющемся от 0 до  $N_y$ .

Обозначим каждую альтернативу  $\chi_i$ , а затраты на ее реализацию –  $C_i$ . При этом  $i \in N_{\Sigma_y}$ . Теперь задачу выбора оптимальной альтернативы можно сформулировать так: из  $N_{\Sigma_y}$  значений  $\chi_i$  выбрать такое  $\chi_{i_T}$ , чтобы при  $\chi_i = \chi_{i_T}$  выполнялось условие  $\min(Q_T - Q_\phi)$ , при  $C_i = \min C$ .

Опустимся в нашем системном образе на уровень ниже и определим целевую функцию процесса ремонта. По аналогии с процессом функционирования изде-

лий ВВТ обозначим целевую функцию ремонта  $Q_{\sigma}$ , ее требуемое значение, исходя из функционирования основной системы, –  $Q_{\sigma T}$ , а фактическое значение –  $Q_{\sigma \phi}$ .

Отметим, что  $Q_{\sigma} = Y_j$ . Это означает, что целевая функция процесса ремонта, являющаяся одной из характеристик структуры основной системы, входит как аргумент  $Y_j$  в выражение (2) и поэтому может рассматриваться как одна из альтернатив  $X_i$  повышения эффективности процесса функционирования изделий ВВТ.

Как и для основного процесса, эффективность ремонта  $Q_{\sigma \phi}$  является функцией  $n$  характеристик входа  $x_{\sigma_i}$ ,  $m$  – характеристик структуры обеспечивающей системы  $y_{\sigma_j}$ ,  $l$  – характеристик ограничений процесса ремонта  $z_{\sigma_k}$ . Тогда функция этого процесса будет иметь вид

$$Q_{\sigma \phi} = f(x_{\sigma_1}, x_{\sigma_2}, \dots, x_{\sigma_n}; y_{\sigma_1}, y_{\sigma_2}, \dots, y_{\sigma_m}; z_{\sigma_1}, z_{\sigma_2}, \dots, z_{\sigma_l}) \quad (3)$$

Если в результате решения задачи выбора оптимальной альтернативы достижения  $\min(Q_T - Q_{\phi})$  будет установлено, что  $X_{iT} = Q_{\sigma \phi}$  и при этом  $Q_{\sigma T} > Q_{\sigma \phi}$ , то возникает задача повышения эффективности процесса ремонта, т. е. достижения  $\min(Q_{\sigma T} - Q_{\sigma \phi})$ .

Эта задача идентична задаче обеспечения заданной эффективности процесса функционирования ВВТ. Здесь также требуется выделить управляемые характеристики процесса из их общего числа, определить возможное количество альтернатив и найти оптимальную по критериям  $\min(Q_{\sigma T} - Q_{\sigma \phi})$  и  $\min C_{\sigma}$ .

**Выводы.** Таким образом, обоснование целесообразности повышения ремонтпригодности машин, сформулированное как задача выбора оптимальной альтернативы обеспечения заданной эффективности функционирования в условиях ограничения ресурсов, требует разработки двух математических моделей: модели функционирования ВВТ и модели их ремонта. Эти модели должны быть взаимосвязаны таким образом, чтобы целевая функция модели ремонта являлась одним из аргументов функции, описывающей процесс функционирования ВВТ. А одним из аргументов математической модели ремонта должен быть показатель ремонтпригодности машин. Затем последовательно определяется оптимальная для каждого процесса альтернатива

обеспечения заданной эффективности при минимуме расхода ресурсов. Повышение ремонтпригодности машин можно считать целесообразным, если установлено, что оптимальной альтернативой обеспечения заданной эффективности функционирования ВВТ является повышение эффективности процесса их ремонта. В свою очередь, оптимальным путем обеспечения требуемой эффективности ремонта будет являться повышение ремонтпригодности изделий.

Следует еще раз подчеркнуть, что вопрос о повышении ремонтпригодности ВВТ должен рассматриваться как один из альтернативных путей обеспечения более высокой эффективности их функционирования. Инструментом для обоснования такого решения является системный анализ и математическое описание процессов функционирования ВВТ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационный бюллетень в/ч 68054 [Текст] / в/ч 68054. – М., 1991. – С. 101–107.
2. Ушаков, Н. А. Методы исследования эффективности функционирования технических систем [Текст] / Н. А. Ушаков. – М.: Знание, 1986.
3. Барлоу, Р. Математическая теория надежности [Текст] / Р. Барлоу, Ф. Прошан : пер. с англ. / под ред. Б. В. Гнеденко. – М.: Сов. радио, 1969.
4. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справ. В 10 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1986.
5. Мазуренко, В. О. Основы науки управления [Текст] / В. О. Мазуренко, М. М. Мельник. – Сумы, 1996.
6. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справ. В 10 т. Т. 8. – М.: Машиностроение, 1990.
7. Чуев, Ю. В. Исследование операций в военном деле [Текст]. – М.: Изд-во МО, 1970.
8. Управление в системах РАВ. Основы теории управления и исследования операций [Текст] / Алексеев А. Г. [и др.]. Ч. 1. – Л.: Изд-во ВАА, 1980.

**Рецензент А. С. Довгополий**, д-р техн. наук, проф. (Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники, г. Киев)

УДК 621.81: 621.253.2

**М. М. ШЕВЦОВ,***начальник Озброєння Збройних Сил України,  
м. Київ,***В. М. БОЙКО,***начальник науково-дослідного відділу –  
заступник начальника***А. Б. ГАВРИЛОВ,** кандидат технічних наук  
*(Метрологічний центр військових еталонів  
Збройних Сил України, м. Харків)***О. В. ШУРИГІН,** кандидат технічних наук  
*(Озброєння Збройних Сил України, м. Київ)*

## Сучасні вимоги до програмно-апаратного комплексу з перевірки, випробувань і сертифікації апаратури споживачів глобальних навігаційних спутникових систем

*Висвітлені основні технічні вимоги до програмно-апаратного комплексу з перевірки, випробувань і сертифікації апаратури споживачів інформації глобальних навігаційних супутникових систем, що застосовується в складі зразків озброєння та військової техніки.*

*Освещены основные технические требования к программно-аппаратному комплексу по проверке, испытаниям и сертификации аппаратуры потребителей информации глобальных навигационных спутниковых систем, которые применяются в составе образцов вооружения и военной техники.*

У процесі створення та удосконалення озброєння та військової техніки закладаються підвищені вимоги до їх швидкодії та ударних (вогневих) можливостей. Це обумовлюють вимоги сучасного ведення бойових дій з використанням систем і засобів управління військами і зброєю. Одним із шляхів покращення характеристик таких систем є забезпечення військових споживачів достовірною навігаційною інформацією та підвищення точності при вирішенні вимірювальних задач, пов'язаних з навігаційно-часовими визначеннями. У сучасних умовах це можливо реалізувати за рахунок використання можливостей глобальних супутникових навігаційних систем (ГНСС) через застосування супутникової навігаційної апаратури (в усталеній термінології – апаратура споживачів глобальних навігаційних супутникових систем (АС ГНСС)) [1, 2].

Основною проблемою при використанні АС ГНСС на зразках ОБТ (в умовах пасивного споживання навігаційної інформації) є забезпечення достовірності та необхідної точності навігаційно-часової інформації та її визначень [2, 3]. З огляду на те, що країни які не є володарями ГНСС, до яких належить і Україна, мають доступ лише до загальнодоступної навігаційної інформації, одним із шляхів забезпечення достовірності навігаційно-часових визначень, разом із заходами моніторингу та контролю навігаційно-часового поля [3, 8] є здійснення організаційно-технічних заходів щодо метрологічного обслуговування АС ГНСС.

Обов'язковість проведення метрологічного обслуговування АС ГНСС визначена Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Слід зазначити, що існуючі вимоги до підсистеми метрологічного забезпечення АС ГНСС [4] застаріли (зросли вимоги до точності вирішення навігаційних задач та не враховані вимоги до метрологічного забезпечення інерціальних систем навігації, якими комплектується сучасна АС ГНСС, або до тих, що мають функцію корекції за допомогою ГНСС), а програмно-технічний комплекс з метрологічної атестації (перевірки) та випробувань АС ГНСС [12] так і не був розроблений.

Таким чином, на сьогодні розробка програмно-технічного комплексу з метрологічної атестації (перевірки) та випробувань АС ГНСС за сучасними вимогами лишається актуальною науково-технічною задачею. **Метою** статті є визначення сучасних вимог до програмно-апаратного комплексу з перевірки, випробувань і сертифікації АС ГНСС різного призначення як складової частини загальнотехнічних вимог сучасних зразків ОБТ.

На теперішній час необхідна повнота навігаційного-часового забезпечення та значне розширення напрямів використання ГНСС призвели до появи принципово нових вимог до якості навігаційних послуг. У першу чергу, зросли вимоги до їх точності, надійності, доступності та достовірності. У рамках штатних функціональних схем управління навігаційними системами GPS і ГЛОНАСС, що спочатку створювалися для рішення суто воєнних завдань, вже неможливо в повному обсязі забезпечити виконання вимог усіх категорій користувачів [5]. За результатами проведення аналізу інформації [2, 6, 7] до

основних недоліків, що обмежують штатне застосування ГНСС, слід віднести:

недостатню точність визначення параметрів руху;

вразливість супутникових систем при виникненні як локальних, так і глобальних воєнних конфліктів (залежність від політики країн – володарів ГНСС);

низька потенційна завадостійкість, що наочно показали події в Югославії, Іраку, Грузії та під час проведення АТО, системи GPS «Навстар».

Аналогічні проблеми характерні і для системи ГЛОНАСС, європейської «Galileo» та фактично розгорнутої китайської «BeiDou».

Сучасні можливості високоточного визначення координат і синхронізації пунктів розподіленої мережі, що розміщуються на військових мобільних комплексах, фактично наблизились до потенційно можливих. Як приклад, часова похибка синхронізації фаз коливань опорних генераторів, що дозволяє реалізувати розподілену радіолокаційну мережу об'єктів когерентного типу, становить не більше 3 нс, а похибка визначення координат позиціонування мобільних пунктів мережі і об'єктів всередині неї коливається відповідно в межах 2–5 м.

Для усунення обмежень штатного застосування ГНСС GPS, ГЛОНАСС, «Galileo», «BeiDou» володарями цих систем застосовуються функціональні доповнення – постійно діючі служби, які здійснюють, зокрема, моніторинг якості функціонування ГНСС і надають користувачам додаткову інформацію, що дозволяє останнім підвищити точність і достовірність навігаційно-часових визначень [2, 3, 6]. Так, в системі GPS передбачено два рівня обслуговування: служба точного позиціонування (PPS) і служба стандартного позиціонування (SPS) [5]. У системі ГЛОНАСС функціонує підсистема диференційної корекції та моніторингу [6].

У країнах – володарях ГНСС активно проводяться наукові дослідження щодо розробок технологій створення малогабаритних навігаційних систем (у тому числі і укомплектованих сучасними засобами інерціальної навігації на базі малогабаритних лазерних гіроскопів та кварцових акселерометрів з можливістю оптичної високоточної передачі вимірювальної інформації) для вирішення навігаційно-часових завдань у складі мобільних груп і мобільних комплексів різного призначення: тактичних, оперативних, стратегічних [6]. Основною причиною є те, що існуючі технічні рішення на основі технологій глобальних систем позиціонування і навігації принципово не можуть бути використані для забезпечення вищенаведених вимог.

Прикладом є вже практично створені та інтегровані до складу засобів керування вогнем навігаційні системи TACNAV (США) та «Азимут» (Росія) [7]. За результатами аналізу наукових досліджень, що проводяться російським ВПК, ведеться робота в напрямі розробки промислової технології створення програмно-апаратних засобів інформаційного сполучення навігаційно-інформаційного комплексу автоматизації (НІКА) з аналогічними системами в ланці «військовослужбовець – відділення – взвод – рота», що відповідає стандартам НАТО STANAG 4677 [8], та розробки промислової технології

виробництва малогабаритних навігаційних систем для визначення місця розташування позицій перспективних мобільних радіолокаційних засобів в межах виконання ДКР шифр «Пушбол» [9].

З огляду на зазначене для забезпечення сучасних вимог до точності навігаційно-часових визначень у ЗС України АС ГНСС та апаратура, що реалізує їх функціональні доповнення, повинна відноситися до класу вимірювальних систем і, відповідно, її розробка, випробування, затвердження типу і технічне (метрологічне) обслуговування має здійснюватися за державними стандартами (у західних нормативних документах, обов'язкових до виконання, – технічних регламентах) [10].

Технічні питання проведення сертифікації АС ГНСС можуть бути вирішені безпосередньо її виробниками, а вирішення технічних та методичних задач випробувань та технічного обслуговування зразків ОВТ, на яких встановлюється АС, тою чи іншою мірою покладається на замовника ОВТ. При цьому при випробуваннях та технічному (метрологічному) обслуговуванні АС ГНСС, наряду з існуючими (стандартизованими) засобами вимірювальної техніки, пропонується застосування **засобів імітації сигналів навігаційних супутників** [13].

Ураховуючи, що відповідно до видів ОВТ АС ГНСС забезпечує виконання специфічних завдань, має різні вимоги до рівнів точності [3], потребує врахування особливостей розміщення апаратури на зразках ОВТ. Наряду з типовими сценаріями (наприклад, рух зразків ОВТ) потрібна **розробка сценаріїв імітації** з урахуванням як конструктивного характеру конкретного зразка ОВТ, так і специфіки завдань, що на нього покладаються. Для цього необхідна розробка відповідних нормативних документів, що визначали би порядок застосування АС ГНСС на зразках ОВТ.

Виходячи з вищенаведеного, програмно-апаратний комплекс з повірки, випробувань і сертифікації АС ГНСС (ПАК АС ГНСС) має бути призначений для проведення перевірок на функціонування АС ГНСС, визначення похибок навігаційних (часових) параметрів, визначення технічних можливостей АС морського, сухопутного, авіаційного, геодезичного та інших спеціального призначення, проведення досліджень АС ГНСС, моніторингу навігаційних полів, формування диференційних поправок до навігаційних визначень.

Ураховуючи вимоги споживачів до точнісних характеристик навігаційного поля, що були сформовані за результатами проведеного аналізу [11–13], та виходячи з призначення, ПАК АС ГНСС повинен забезпечувати можливості:

формування радіочастотного сигналу, еквівалентного радіонавігаційним сигналам ГНСС GPS, SBAS, «Galileo», ГЛОНАСС, «BeiDou»;

моделювання руху носія (від одного до трьох) АС ГНСС з багаторазовим повторюванням траєкторії руху за відповідним сценарієм, що імітується;

формування різних радіоформ носія АС ГНСС: коли об'єкт є матеріальною точкою (рух антени співпадає з рухом центра мас носія і антена не затіняється елементами власної геометрії носія); об'єкт має певну

геометричну форму, а антена АС ГНСС, що розташована на носії, за рахунок форми об'єкта затіняється;

моделювання руху носія АС ГНСС в реальному часі в навігаційних полях ГНСС;

формування диференційних поправок до навігаційних визначень у певній точці простору в заданому форматі;

створення імітаційних сценаріїв функціонального застосування АС ГНСС, включаючи сценарії, що важко відтворювати в реальних умовах при моделюванні руху зразка;

контроль працездатності АС ГНСС, що використовують стандартний протокол обміну NMEA в режимі реального часу.

При моделюванні параметрів руху потрібно забезпечити характеристики, що мають відтворюватися в сценаріях імітації, що наведені в табл. 1.

Вимірювання частотно-часових параметрів АС ГНСС повинно відповідати таким вимогам:

відносна нестабільність при формуванні сигналів з частотою 5 МГц, 10 МГц, 100 МГц –  $3 \times 10^{-14}$ ;

можливість формування високостабільної (25 нс) мітки часу – 1 с;

можливість формування диференційних поправок у реальному часі в форматі RTCM;

можливість прив'язки шкали часу, квантової міри часу та частоти до шкали часу ГНСС GPS або ГЛОНАСС (на перспективу – «Galileo», «BeiDou»);

можливість вимірювання частотно-часових характеристик АС, у тому числі АС частотно-часової синхронізації.

Вимоги до метрологічних характеристик щодо відтворення ситуацій за сценаріями наведені в табл. 2.

Для забезпечення вимірювання частотно-часових параметрів АС ГНСС квантова міра часу та частоти, що має входити до складу ПАК, повинна мати метрологічні характеристики не гірше ніж наведені в табл. 3.

Також ПАК повинен забезпечувати відповідну продуктивність за кількістю АС, що одночасно перевіряється. Для цього до його складу повинні входити: розгалужувач опорної частоти для надання споживачам опорної частоти, з квантової міри часу та частоти; розгалужувач мітки часу для надання споживачам мітки часу, з квантової міри часу та частоти.

Для забезпечення передавання навігаційного сигналу по полю при застосуванні імітаційних сценаріїв, здійснення перевірки, випробувань АС з вбудованими антенними блоками, перевірки на функціонування АС з повним власним антено-фідерним трактом, а також для забезпечення вимог з електромагнітної сумісності при використанні антени, що випромінює, а також захисту навігаційного поля, що формується, від паразитних випромінювань, ПАК повинен мати власну екрановану камеру. Зазначений ПАК повинен мати можливість проведення модернізації в напрямі метрологічного обслуговування засобів інерціальної навігації (ЗІН) на базі малогабаритних лазерних гіроскопів та кварцових акселерометрів з можливістю оптичної високоточної передачі вимірювальної інформації. Спеціалізоване програмне забезпечення ПАК повинно мати можливість адаптації програмних модулів для керування засобами вимірювальної техніки для вимірювань параметрів та характеристик компонентів зовнішнього інтерфейсу (канали ЗІН).

За оцінкою фахівців метрологічні характеристики ПАК повинні задовольняти перспективні вимоги військових споживачів. Точність лазерних гіроскопів має бути 0,003...0,005 град/год з одночасним забезпеченням точності вимірювачів прискорення кварцових акселерометрів до значень  $(5...7) \times 10^{-5}$  g [9].

Сьогодні для забезпечення вимог авіаційної техніки щодо кутового орієнтування та передачі інформації про кути азимута, крену і тангажу розроблюються

Таблиця 1. Параметри характеристик, що мають відтворюватися в сценаріях імітації

Вид параметра	Характеристика параметра	Значення параметра
Динамічні параметри	висота, км швидкість, м/с прискорення, м/с <sup>2</sup> ривок, м/с <sup>3</sup>	1...8 000 0...14 000 0...500 0...500
Параметри моделі руху носія АС ГНСС:	носій нерухомий рівномірний рух носія рух носія з прискоренням рух зі зміною прискорення (ривок) рух по колу рух по спіралі	значення параметрів визначаються відповідно до виду (типу) зразків ОБТ, на яких встановлюється АС ГНСС
Похибки, що мають моделюватися	тропосферна похибка іоносферна похибка зміна геометричного фактора багатопроменевість зміни діаграми спрямованості антени	стандартна модель «Осінь» ≤ 4
Похибки навігаційного сигналу	відмови навігаційного космічного апарата збій цифрової інформації у навігаційному повідомленні	...
Похибки вимірювання псевдовідстані	постійна; наростаюча; стрибкоподібна	...

Таблиця 2. Метрологічні характеристики щодо відтворення ситуацій за сценаріями

Вид параметра	Характеристика параметра	Значення параметра
Похибка відтворення параметрів псевдовідстані	за кодом (СКВ), м за фазою (СКВ), м за псевдошвидкістю (СКВ), м/с міжканальна різниця (СКВ), нс (підсумовуюча похибка дальності, м)	0,1 0,001 0,005 1 (0,3)
Параметри імітації вихідного сигналу	діапазон зміни рівня вихідного сигналу незалежно у кожному каналі, дБ Вт крок переулаштування вих. рівня, дБ	140,0–180,0 0,1
Параметри внутрішнього опорного генератора:	номінальна частота, МГц нестабільність (за рік) девіація Аллана нестабільність (за добу)	10,0 $\pm 2,0 \times 10^{-8}$ $2,0 \times 10^{-12}$ $\pm 1,0 \times 10^{-10}$
Параметри несучої частоти:	номінальна частота L1 GPS, SBAS, МГц номінальна частота L2 GPS, МГц номінальна частота L5 GPS, МГц номінальна частота L1 ГЛОНАСС, МГц номінальна частота L2 ГЛОНАСС, МГц номінальна частота L3 ГЛОНАСС, МГц номінальна частота E1-L1-E2 «Galileo», МГц номінальна частота E5a «Galileo», МГц номінальна частота E5b «Galileo», МГц номінальна частота B1 «BeiDou», МГц систематична похибка, Гц; випадкова похибка (СКВ), Гц; фазовий шум в діапазоні від 10 до 1000 Гц, не більше, рад; рівень шумових компонент по відношенню до корисного сигналу, не більше, дБ	1575,42 1227,6 1176,45 1602 + k×0,5625 1246 + k×0,4375 1202,025 1575,42 1176,45 1207,14 1561.098 ±33 4 0,06 40

Таблиця 3. Вимоги до метрологічних характеристик

Вид параметра	Характеристика параметра	Значення параметра
Припустима основна відносна похибка по частоті		$\pm 3,0 \cdot 10^{-13}$
Відносна похибка по частоті вихідних сигналів 2,048, 1 МГц (імпульсних) та 5, 10, 100 МГц (синусоїдальних) в режимі стеження за НКА ГЛОНАСС/GPS (на перспективу «Galileo», «BeiDou»)	на інтервалі часу 1 доба	$\pm 1,0 \cdot 10^{-13}$ (після 10 діб безперервної роботи)
Межа припустимої похибки відтворення шкали часу відносно UTC (SU) в режимі стеження за НКА ГЛОНАСС/GPS	–	50 нс (при відповідній похибці НКА ГЛОНАСС/GPS)
Відносна похибка по частоті вихідних сигналів 2,048, 1 МГц (імпульсних) та 5, 10, 100 МГц (синусоїдальних) в режимі зберігання на міжпіврічному інтервалі 12 місяців повинна бути не більше	–	$\pm 5,0 \cdot 10^{-13}$
Нестабільність частоти (відносне середньоквадратичне двох вибірових відхилень вихідних сигналів 5, 10, 100 МГц в режимі зберігання повинно бути не більше	1 с 10 с 100 с 1 год 1 добу	$5,0 \cdot 10^{-13}$ $2,0 \cdot 10^{-13}$ $7,0 \cdot 10^{-14}$ $9,0 \cdot 10^{-15}$ $4,0 \cdot 10^{-15}$
Відносна похибка відтворення частоти сигналу від увімкнення до ввімкнення повинна бути не більше		$\pm 5,0 \cdot 10^{-14}$

Таблиця 4. Похибки навігаційних визначень навігаційної системи ЛИНС-1003С

Найменування параметра, що визначається	Значення похибки інерційних визначень	Значення похибки з корекцією від ГНСС
Координати	1,85 км/год	4/20 м
Шляхова швидкість	1, 0 м/с	0.2 м/с
Крен/тангаж	6 кут. хв	–
Дійсний курс	6 + 1 кут. хв/год	–

уніфіковані інерціальні модулі для високоточного кутового орієнтування з оптичним каналом передачі даних, що повинні мати такі компоненти [14]:

інерціальний модуль (гірокомпас) у складі: блок чутливих елементів на базі лазерних гіроскопів і кварцових акселерометрів; модуль (приймально-вимірювальний) навігаційної апаратури супутникової радіонавігаційної системи GPS/ГЛОНАСС/GALILEO/BeiDou; прецизійний одновісний поворотний пристрій з оптичним енкодером і блоком управління приводом; модуль центрального процесора; модуль живлення і розмагнічування; модуль фільтра. Оптичний канал у складі: блок прецизійного коліматора з джерелом плоскополяризованого випромінювання; прецизійний гоніометр на основі кільцевого лазера; приймач плоскополяризованого випромінювання; прецизійний нуль-індикатор інтерференційно-коліматорного типу.

Відповідно до типового складу компонентів інерціальних модулів засоби їх метрологічного обслуговування зі складу ПАК повинні забезпечувати вимірювання параметрів з точністю, що забезпечить достовірність визначення похибок навігаційних вимірювань. Наприклад, серійна лазерна інерціальна навігаційна система ЛИНС-100РС, якою оснащуються російські військові літаки [7, 8, 9], має похибки навігаційних визначень, що наведені в табл. 4.

**Висновки.** Сформульовані в статі вимоги до сучасного ПАК з перевірки, випробувань і сертифікації АС ГНСС різного призначення необхідно урахувати при формуванні технічного завдання на створення відповідного ПАК.

Виходячи з необхідності забезпечення достовірності та точності контролю параметрів АС ГНСС військового призначення, які встановлюються на зразки ОВТ, першочерговими кроками в напрямі удосконалення нормативного забезпечення навігаційно-часових визначень у Збройних Силах України має бути розробка нормативних документів, що визначали б порядок застосування АС ГНСС на зразках ОВТ та методи випробувань АС ГНСС, що встановлюється на зразки ОВТ.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Толубко, В. Б. Тенденції використання космічного простору у сучасних умовах при вирішенні військових завдань [Текст] / В. Б. Толубко, С. В. Козелков // Системи управління, навігації та зв'язку. – К. : ЦНДІНУ, 2008. – Вип. 3 (7). – С. 4–11.
2. Тяпкин, В. Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС [Текст] / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 243 с.
3. Філістеев, Д. А. Проблеми застосування апаратури споживачів інформації глобальних навігаційних супутникових систем у Збройних Силах України [Текст] / Д. А. Філістеев, В. М. Бойко, А. Б. Гаврилов, О. В. Шуригін // Наука і оборона. – 2014. – № 4. – С. 47–53.
4. *Тактико-технічні вимоги до робочого місця з метрологічної атестації (перевірки) технічних засобів (апаратури споживачів) супутникових радіонавігаційних систем (шифр “Тясмин”)* [Текст] : затв. начальником Генерального штабу – Головнокомандувачем Збройних Сил України від 08.09.2008.
5. Глобальная система определения местоположения GPS и навигационная война [Текст] : информ. бюл. Иностранная печать. Сер. «ТСР служб зарубежных государств». – М. : ВИНТИ, 1999. – № 3. – С. 20–26.
6. Розробка організаційних і науково-методичних основ створення та функціонування відомчої системи забезпечення єдності вимірювань при використанні апаратури споживачів сигналів глобальних супутникових навігаційних систем [Текст] : звіт про н.-д. роботу (заключний) / Метрологічний центр військових еталонів ЗС України ; керівн. Гаврилов А. Б.; відп. викон. Рондін Ю. П [та ін.]. – Харків, 2012. – 217 с. – Інв. 1234.
7. Кобелев, Г. П. Требования к подсистемам топогеодезического и навигационно-временного обеспечения автоматизированных систем управления военного назначения [Текст] / Г. П. Кобелев, С. Р. Гейстер, И. В. Евглевский // Наука и военная безопасность. – 2007. – № 2. – С. 43–48.
8. Російських «солдат майбутнього» екіпірують за стандартами НАТО [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [wartime.org.ua/9033-rosyskih-soldat-maybutno](http://wartime.org.ua/9033-rosyskih-soldat-maybutno).
9. Анализ научных исследований, направленных на обеспечение единства измерений в сфере обороны и безопасности Российской Федерации [Текст] / В. М. Бойко, А. Б. Гаврилов, Ю. П. Рондин [и др.] // Сучасні інформаційні технології в сфері безпеки та оборони. – 2015. – Вип. 1 (22). – С. 165–173.
10. Пашкевич, І. Д. Актуальні метрологічні проблеми координатно-часового забезпечення Збройних Сил



- України та шляхи їх вирішення [Текст] / І. Д. Пашкевич, А. Б. Гаврилов, В. М. Романько // Системи озброєння і військова техніка : наук. журн. / ХУПС. – 2008. – Вип. 2 (14). – С. 64–67.
11. *Черепков, С. Т.* Перспективи розвитку засобів метрологічного забезпечення апаратури користувачів супутникових радіонавігаційних систем [Текст] / С. Т. Черепков, І. Д. Пашкевич, В. В. Юсов, С. М. Шевкун // Наука і оборона. – 2010. – № 3. – С. 43–48.
  12. *Гаврилов, А. Б.* Технічна основа системи метрологічного контролю сигналів координатно-часового (частотно-часового) забезпечення споживачів ЗС України: [Текст] / А. Б. Гаврилов, Ю. П. Рондін, М. Л. Троцько, В. В. Тішкін // Метрологія та прилади. – 2011. – Вип. 3. – С. 55–58.
  13. *Бойко, В. М.* Варіант апаратурного оснащення програмно-технічного комплексу для створення автоматизованого робочого місця з метрологічної атестації (повірки) технічних засобів (апаратури споживачів) глобальних навігаційних супутникових систем [Текст] / В. М. Бойко, А. Б. Гаврилов, Ю. П. Рондін // Системи озброєння і військова техніка : наук. журн. / ХУПС. – 2014. – Вип. 1 (17). – С. 92–95.
  14. *Коркишко, Ю. Н.* Бесплатформенные инерциальные навигационные системы на основе волоконно-оптических гироскопов [Текст] / В. А. Федоров, В. Е. Прилуцкий, В. Г. Пономарев [и др.] // Гироскопия и навигация. – 2014. – № 1 (84). – С. 75–82.

**Рецензент М. І. Луханін**, д-р техн. наук, проф.  
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

## Resume

**Chepkov I.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor,*  
**Zubarev V.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor,*  
**Sverhunov O.** *PhD in Technical Sciences, Associate Professor*  
*(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kiev)*

### **GLOBAL TRENDS OF OFFSET POLICY DEVELOPMENT FOR EXPORT/IMPORT OF WEAPONS**

*Changes in the offset policy of different states for export/import of weapons for the military industry and economic development, which have emerged in recent years as a result of global changes in the sphere of military-technical cooperation between the countries and the presence of global economic, financial and political crises are analyzed in article.*

**Borokhvostov V.**, *Ph.D.,*  
**Riabets O.**, *Ph.D.*  
*(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kiev),*  
**Sushak M.**, *Ph.D.*  
*(State Scientific and Research Institute of Aviation)*

### **PRICING ISSUES OF IMPORTED MILITARY PRODUCTS**

*The specific pricing for military products, which are imported, and impact of other additional components, which make price to increase twice are disclosed. It is proved that exactly this increase should be taken into account when deciding on purchasing military products from other countries.*

**Nor P.I.**, *Ph.D. in Engineering Science,*  
**Borokhvostov I.V.**, *Ph.D. in Engineering Science*  
*(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)*

### **COMPLEX COMPARATIVE ASSESSMENT METHODOLOGY OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT**

*The paper considers the complex comparative assessment methodology of tactical, technical and economic indexes of weapons and military equipment of the same type by introducing a new generalized index and using methods of qualimetry, comparative analysis and expert assessment*

**Chepkov I.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor;*

**Buhera M.**, *advanced student*

*(Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine. Kiev)*

### **METHODOLOGY OF THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTIVE FUNCTIONAL STRUCTURE OF PROTECTIVE DEVICES OF DYNAMIC TYPE**

*Constructive functional structure of protective devices of dynamic type is presented. State and development (progressive) trends of protective devices (equipment) of the leading countries of the world are considered using patent information. The principal functions of the elements providing armored type object protection are shown.*

**Alexandrova T. E.**, *Doctor of Technical Sciences*

*(National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”)*

### **THE METHOD OF «THE MAIN COORDINATE» IN THE THEORY OF THE STABILIZED SYSTEM**

*The method of parametrical synthesis of the stabilizer of linear object based on usage of «the main coordinate» concept of the stabilized object is offered.*

**Sivak V.**, *PhD in Engineering*

*(National Academy of Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky)*

### **INFOLOGICAL MODEL OF INFORMATION SYSTEMS EXPLOITATION MANAGEMENT OF VEHICLES FOR MILITARY DESIGNATION**

*This article proves that border units and bodies of the State Border Guard Service use modern vehicles to ensure efficiency and mobility. Along with this, during their exploitation course, it is highly topical to consider issues concerning the implementation of clear and operational management of gathering reliable information about availability and technical condition of vehicles, availability of the drivers training level, level of technical readiness of border units to the capability of the solution, as planned and unexpected tasks related to the protection of the state border.*

*In the main part of the article, in the framework of the methodological aspects of developed and proposed by the author the Concept of safe exploitation ensuring of bodies and units of the State border service of Ukraine vehicles under the conditions of state border protection, the implementation method procedure of information support of vehicles safe exploitation under basic conditions has been revealed, by developing infological model of maintenance process of vehicles for military purposes according to the conditions of its safe state on the basis of the linear border detachment.*

*This model is a reflection of vehicles exploitation process for military purposes, following the conditions of its safe state within the maximum period, provided the conditions of planned technical maintenance.*

*The developed infological model of information support of the process of vehicles exploitation, allows making the prediction and detection of wide variety of cases occurrence for operational intervention of managers and adoption of specific management decisions.*

*Key words: information system, vehicle, exploitation.*

**Lanetskiy, B.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor,*  
**Koval I.**, *PhD in Technical Sciences,*  
**Lukianchuk V.**, *PhD in Technical Sciences*  
(*Kharkiv University of Air Force of Ivan Kozhedub, Kharkiv*)

### **METHODICAL RECOMMENDATIONS FOR UP STATE MONITORING OF AN ELECTRICAL SHEET CONNECTORS OF ANTI-AIRCRAFT MISSILES**

*Problems of monitoring of technical state of electrical sheet connectors of anti-aircraft missiles (AAM) are considered in the paper. Monitoring is carried out for stated characteristic prolongation. Necessity of monitoring of a transient resistance value of electrical connector plug pins is proved. Recommendations for method of electrical sheet connector up state monitoring are formed with developing of monitoring device on the base of AAM airborne guidance package imitator.*

**Derepa A.**, *PhD in Technical Sciences*  
(*Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine. Kiev*)

### **HYDROACOUSTIC INTERFERENCES AND THEIR INFLUENCE ON THE CONSTRUCTION STRUCTURE OF THE SYSTEM «HYDROACOUSTIC STATION – SURFACE VESSEL» (Part II)**

*Coming from the task of the systematized research of descriptions of hydroacoustic armament in the real terms, the features of construction of the systems «hydroacoustic station - surface vessel» with taking into account influence on their structure of hydroacoustic hindrances are considered.*

**Danyk Y.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor,*  
**Pysarchuk O.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor,*  
**Lahodnyi O.**, *advanced student*  
(*Zhytomyr Military Institute named after S. P. Korolev, Zhytomyr*),  
**Gaidarly G.**, *Senior Scientific Researcher*  
(*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv*)

### **FACETED CLASSIFICATION SYSTEM OF INFORMATION THREATS SPECIFIC TARGET AUDIENCE IN CYBERSPACE**

*The article suggested faceted classification system of information threats target audience in cyberspace, which eliminates the disadvantages of hierarchical classification systems and makes it possible to receive the information code threats for cataloging, archiving and identification. Using the proposed faceted classification reduces the time required to identify threats to the information in the information sources of the Internet. Results faceted classification issued in the form of special tables, columns which define classification criteria and lines – the possible importance of these criteria. For the classification of information threats target audience multicriterion approach was used, which allowed to consider many criteria, indicators of threats to information and to increase the adequacy of the final decisions.*

**Shyshanov M.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor,*

**Huliaiev A.**, *PhD in Technical Sciences*

**Kanishchev V.**, *Researcher*

*(Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kiev)*

### **METHODOLOGICAL BASIS OF THE ASSESSMENT OF TECHNICAL LEVEL OF PRODUCTION AND TECHNICAL BASE OF MILITARY REPAIR INSTITUTIONS**

*The results of the analysis of the factors affecting the assessment of the technical level of production and technical base of military repair institutions and military equipment repair efficiency indicators are presented.*

**Shyshanov M.**, *Doctor of Technical Sciences, Professor,*

**Melnyk B.**, *PhD in Technical Science,*

**Kobyakov L.**, *Research Fellow*

*(Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kiev)*

### **METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF RATIONALE FOR IMPROVING MAINTAINABILITY LEVEL OF WEAPON AND MILITARY EQUIPMENT**

*The article presents conducted analysis of the developed systematic view of operation of organized collection of weapons and military equipment samples for the examination of ways that can improve effective operation of weapons and military equipment.*

*Some problems of rationale for improving maintainability level of weapon and military equipment were solved within developed model.*

**Shevtsov M.**

*(Armament and Military Technics Repair Directorate, Kyiv),*

**Boyko V.**,

**Gavrilov A.**, *PhD*

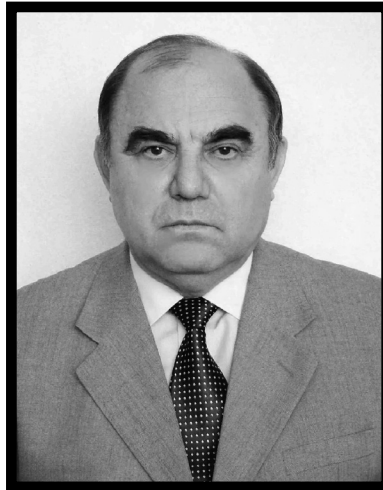
*(Metrological Center of Military Standards of the Armed Forces of Ukraine),*

**Shurygin O.**, *Ph.D*

*(Information and Analytical Department Organizing and Planning Management of the Armed Forces of Ukraine, Kiev)*

### **MODERN REQUIREMENTS FOR HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM OF VERIFICATION, TESTING AND CERTIFICATION OF CONSUMER EQUIPMENT OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS**

*The article highlights the main hardware and software technical requirements for verification, testing and certification of global navigation satellite systems, customers' equipment which is used as part of armament and military equipment.*



## **ХИТРИК**

### **Василь Онуфрійович**

З великою скорботою повідомляємо Вас, шановні читачі, про, нажаль, чергову важку втрату серед фахівців оборонно-промислового комплексу України. На 65 році пішов з життя Головний конструктор-директор Державного підприємства «Базовий центр критичних технологій «Мікротек», головний конструктор систем захисту вітчизняних гусеничних бойових машин, кандидат технічних наук, професор, лауреат Державних премій СРСР та України в галузі науки і техніки.

Хитрик Василь Онуфрійович був одним із організаторів проведення наукових досліджень з удосконалення військової техніки в Україні. Так, у 1992 р. він сформував та очолив Науковий центр Сухопутних військ Збройних Сил України, а 1997 р. на базі центру за його участю сформовано Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, в якому він займав посаду заступника з наукової роботи.

Після звільнення з лав Збройних Сил України Василь Онуфрійович і до останнього часу керував Державним підприємством «Базовий центр критичних технологій «Мікротек». Під його керівництвом розроблені та прийняті на озброєння комплекс активного захисту «Заслон» та комплекси динамічного захисту «Ніж» і «Дуплет», які не мають світових аналогів. З 2007 року динамічний захист «Ніж» виготовляється серійно та поставляється у війська для оснащення танків БМ «Булат».

Хитрик В.О. був автором близько 200 наукових праць, серед них 3 монографій, 92 патентів, 7 з яких реалізовано в зразках озброєнь Збройних Сил України.

Висловлюємо глибоке співчуття рідним та близьким Василя Онуфрійовича Хитрика.

*Керівник проекту та редакція*

## ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

Стаття подається в одному примірнику друкованого тексту на білому папері формату А4 у редакторі Microsoft Word шрифтом Times New Roman, розмір літер – 12 пт, стиль – normal (звичайний), міжрядковий інтервал – 1.2, абзац з відступом 8 мм, інтервал перед та після абзацу – 0 пт, параметри сторінки: зліва – 30 мм, справа – 15 мм, зверху та знизу – 20 мм, від краю до верхнього колонтитула – 15 мм, до нижнього – 25 мм; сторінки без нумерації.

Наукова праця має бути підписана авторами на звороті останнього аркуша та якісно відредагована.

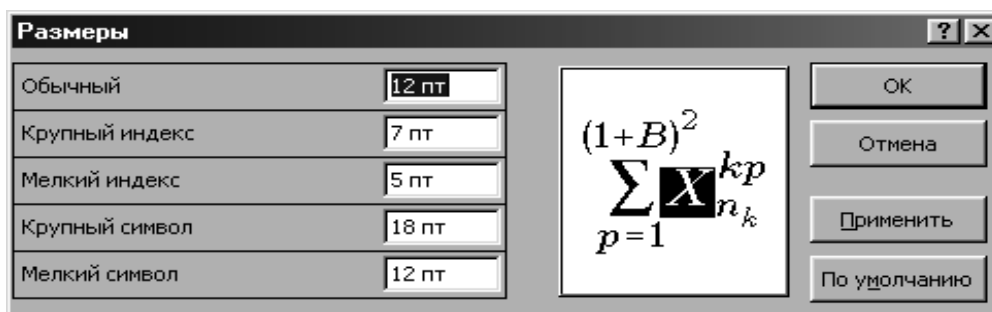
До статті додаються: **акт експертизи** про можливість відкритого опублікування; **витяг з протоколу** засідання науково-технічної ради установи (підрозділу) з обґрунтуванням доцільності опублікування роботи; **рецензія** за підписом провідного вченого у даному напрямі наукових досліджень – доктора наук; **дані про авторів** із зазначенням прізвища (великими літерами), імені та по батькові (повністю), наукового ступеня, вченого звання, посади або професії, наукових інтересів (обов'язково), домашньої адреси, контактного телефону, факсу, e-mail.

Разом зі статтею подається її електронний варіант (по e-mail, на CD або дискеті 3,5") з файлами, які містять текст статті українською мовою, анотацію українською, російською, англійською мовами, а також дані про авторів.

## ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ РУКОПІСУ

1. Індекс УДК зазначається у лівому верхньому куті перед відомостями про авторів.
2. Ініціали та прізвища авторів – у правому куті (без наукового ступеня та вченого звання, шрифт напівжирний, без нахилу і підкреслювань).
3. Назва статті друкується великими літерами (шрифт напівжирний, без нахилу і підкреслювань) по центрі аркуша без переносів і відокремлюється від тексту одним вільним рядком зверху та знизу.
4. Анотація українською мовою друкується курсивом під назвою статті й відокремлюється від заголовка та тексту одним вільним рядком, анотації російською й англійською мовами друкуються після списку літератури.
5. Формули у статтях повинні бути надруковані за допомогою редактора формул *Equation Editor*. Усі параметри в статтях мають повністю відповідати наведеним нижче формам:





Усі формули розміщують у таблиці без обрамлення, по центрі, без абзацу. Номер формули зазначається посередині висоти другої колонки з виключкою вправо.

Усі буквені позначення у формулах та рисунках, а також у тексті статті повинні бути однакові за розміром і гарнітурою. Допускаються виділення напівжирним шрифтом, курсивом та підкреслювання за бажанням автора.

6. Рисунки до статті потрібно виконувати у редакторі Microsoft Word за допомогою функції «Створити малюнок». Не допускаються рисунки, оформлені як растрові зображення або такі, що не піддаються редагуванню. Усі текстові написи на рисунках слід робити тільки в кадрах або текстових рамках. Розміри рисунка не повинні виходити за рамки полів.

7. Стандартні таблиці слід виконувати в редакторі Microsoft Word. Вони повинні мати короткий заголовок.

8. Список літератури подається загальним списком у кінці рукопису та складається відповідно до посилань на літературні джерела в тексті. Бібліографічний опис оформлюється згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Необхідно дотримуватися вимог ВАК України щодо оформлення статей, п. 3 постанови від 15.01.03 № 7-05/1. Структура наукової статті повинна мати такі елементи: **постановка проблеми; огляд останніх досліджень і публікацій** з цієї проблеми; **формулювання завдання дослідження; виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; **висновки; список використаних джерел.**

Редакція не несе відповідальності за зміст наукової праці та залишає за собою право відмови від опублікування статей, що не відповідають проблематиці журналу й умовам оформлення матеріалів.

Статті приймаються **за адресою:** 03049, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 28, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

**Телефон для довідок:** (044) 271-08-78 (дод. 2-13-78).

**E-mail:** cndi\_ovt@mil.gov.ua.

Формат 60 x 84 1 / 8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.  
Обсяг 11,71 ум. др. арк., 6,11 обл.-вид. арк. Наклад 250 прим. Зам. № 1569.

**Видавничий дім Дмитра Бураго**

Свідоцтво про внесення до державного реєстру ДК № 2212 від 13.06.2005 р.

04080, Україна, м. Київ-80, а / с 41

**Тел. / факс:** (044) 227-38-28, 227-38-48; **e-mail:** info@burago.com.ua, **site:** www.burago.com.ua