

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

2(18)
2018

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ЩОКВАРТАЛЬНИК
ВИДАЄТЬСЯ 3 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. Васівський, д.т.н., заст. гол. ред.
(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
В.В. Глєбов, д.т.н. (ХКБМ)
А.С. Довгопалій, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
В.В. Зубарєв, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)
О.М. Купрінєнко, д.т.н. (НАСВ)
О.П. Коростельов, д.т.н. (ДержККБ «Луч»)
Д.Б. Кучер, д.т.н. (ІВМС НУОМА)
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. Олійник, д.т.н. (ДП «ЛОРТА»)
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. Пєвцов, д.т.н. (ХНУПС)
П.П. Ткачук, д.іст.н. (НАСВ)
В.Б. Толубко, д.т.н. (ДУТ)
О.В. Харченко, д.т.н. (ДНДІА)

Розглянуто та схвалено до друку
науково-технічного радою
ЦНДІ ОВТ ЗС України
(протокол № 3 від 15.03.2018)
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

Свідство 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)



© ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2018

У НОМЕРІ

ВОЄННО-ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА

Чепков І. Б., Зубарєв В. В., Свергунов О. О. Системний підхід до оцінки
воєнно-технічних аспектів забезпечення стану воєнної безпеки в умовах
нових глобальних політичних та ресурсних змін 3
Чепков І. Б., Демченко Є. Я., Москвітін О. О. Програмно-цільовий метод
планування. Застосування програмно-цільового методу в системі оборонного
планування США 8

БРОНЕТАНКОВА ТЕХНІКА

Бісик С. П. Аналіз протитанкових мін Російської Федерації методами
кластерного аналізу. 15

АРТИЛЕРІЙСЬКЕ ТА СТРІЛЕЦЬКЕ ОЗБРОЄННЯ

Сенаторов В. М., Мельник О. Д., Ефіменко В. А. Коліматорний приціл для скритого
виконання бойової задачі 23
*Майстренко О. В., Давидовський Л. С., Прокопенко В. В., Бубенчиков Р. В.,
Стегура С. І.* Методика збалансування сил і засобів підсистем вогневого
ураження противника 27

ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Голуб В. А., Журавський С. В. Методика визначення залежності максимального
рівня ефективності бронезилета від його площі. 32

РАДІОТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

Бєляєв Д. М., Расстригін О. О., Кісєль П. І., Семенюк Р. П. Оцінка техніко-економічної
ефективності перспективного мобільного аеростатного
радіолокаційного комплексу виявлення маловисотних цілей 38

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Герасимов С. В., Роциупкін Е. С. Теоретические основы оценки ошибок значений сигналов
с гармонически меняющимися параметрами. 43

ТЕХНІКА ЗВ'ЯЗКУ

Наландо О. Л. Порівняльний аналіз функціональних можливостей
самоорганізуючих мереж передачі даних. 50
Рижов С. В., Сакович Л. М. Оцінка впливу метрологічної надійності
засобів вимірювальної техніки на показники ремонтпридатності
військової техніки зв'язку 58

ВИРОБНИЦТВО, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РЕМОНТ

Шишанов М. О., Чеченкова О. Л., Павловський І. В. Техніко-економічна оцінка модернізації
бронетанкової техніки при її капітальному ремонті 62

ЖИВУЧІСТЬ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Осиновий Г. Г., Субач В. П., Биков В. М., Колчигін М. М. Протидія радіолокаційним
засобам виявлення наземних об'єктів 66
Осиновий Г. Г., Субач В. П., Биков В. М., Колчигін М. М. Зниження радіолокаційної
помітності літальних апаратів за допомогою Stealth-технологій 71

ЗБРОЯ НА НЕТРАДИЦІЙНИХ ПРИНЦИПАХ

Федоров П. М., Богучарський В. В., Гамалій Н. В. Розрахунок зон ураження зброї
електромагнітного імпульсу. 75

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ

Комаров В. О., Яременко М. П., Москвітін О. О. Проблемні питання нормативно-правового
забезпечення патентно-ліцензійного супроводження розробок і модернізації озброєння та
військової техніки в Україні. 83

ІНФОРМАЦІЯ

Комаров В. Науково-практичний семінар «Удосконалення нормативно-правової бази
України з питань охорони інтелектуальної власності шляхом її імплементації відповідно
до вимог нормативної документації країн-членів НАТО» 88
Лапицький С. В. Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи розвитку
озброєння та військової техніки Сухопутних військ» 90

РЕЗЮМЕ 92

WEAPONS AND
MILITARY EQUIPMENT

2(18)
2018

SCIENTIFIC JOURNAL

QUARTERL
PUBLISHED SINCE JANUARY 2014

TABLE OF CONTENTS

MILITARY TECHNICAL POLICY

Chepkov I. B., Zubarev V. V., Sverhunov O. O. Systematic approach to the assessment of military and technical aspects of ensuring military security state in the context of global political and resources changes 3

Chepkov I. B., Demchenko Ye. Ya., Moskvitin O. O. Program-target method of planning. Application of program-target method in the system of US defense planning 8

ARMORED VEHICLES

Bisyk S. P. The analyses of Russia Federation antitank mines with use methods of cluster analyses 15

ARTILLERY WEAPONS & SMALL ARMS

Senatorov V. M., Melnik O. D., Efimenko V. A. Collimator sight for concealed performance of battle mission 23

Maystrenko O. V., Davidovsky L. S., Prokopenko V. V., Bubenshchykov R. V., Stegura S. I. Method of balancing forces and means of subsystems of fire damage of the enemy 27

PERSONAL EQUIPMENT

Golub V. A., Zuravsky S. V. Method of determining the dependence of the maximum level of efficiency of armor regarding its area 32

RADIO-TECHNICAL FACILITIES

Bieliaiev D. M., Rasstryhin O. O., Kisiel P. I., Semeniuk R. P. Technical and economic assessment of the effectiveness of a mobile balloon radar system for detecting low-altitude targets 38

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Herasimov S. V., Roshchupkin E. S. Theory to calculate of errors of values of signals with harmonically changing parameters 43

COMMUNICATIONS MEANS

Nalapko O. L. Comparative analysis of functional possibilities of AD HOC networks of telecommunications 50

Ryzhov Y. V., Sakovykh L. M. Evaluation of measuring instruments metrological reliability influence on indicators of repairs of military communication means 58

PRODUCTION, MODERNIZATION, MAINTENANCE

Shyshanov M. O., Chechenkova O. L., Pavlovskyi I. V. Technical and economic assessment of the armored vehicle modernization in the course of overhaul 62

SURVIVABILITY

Osinovyy G. G., Subach V. P., Bykov V. N., Kolchigin N. N. Ground-based object radar detection countermeasures 66

Osinovyy G. G., Subach V. P., Bykov V. N., Kolchigin N. N. Aircraft radar signature reduction through stealth technology 71

UNCONVENTIONAL WEAPONS

Fedorov P. M., Bohucharskyi V.V., Hamaliy N.V. Calculation of the electromagnetic pulse weapon effective area 75

INTELLECTUAL PROPERTY

Komarov V. O., Yaremenko M. P., Moskvitin O. O. Problem issues of legal provision of the patent licensed accompaniment of development and modernization of armament and military equipment in Ukraine 83

INPUTS

Komarov V. Scientific-practical seminar "Improvement of the legal base of Ukrainian on protection of the intellectual property and its implementation in accordance with the requirements of normative documentation of NATO member countries" 88

Lapytskyi S. V. International Scientific and Technical Conference "Prospects for the Development of Armament and Military Equipment of the Ground Forces" 90

RESUME 92

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

Editorial Board:
Lapytskyi S.V., DEng, Chief Editor (CRI WME AFU)
Vaskivskyi M.I., DEng, (CRI WME AFU)
Glebov V.V., DEng (KMDB)
Dovhopolyi A.S., DEng (CRI WME AFU)
Zubarev V.V., DEng (CRI WME AFU)
O.M. Kuprinenko, DEng (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)
Korostelyov O.P., DEng ("SKDB"Luch")
Kucher D.B., DEng (NI NU "OMA")
Kuchеров D.P., DEng (NAU)
Lanetskyi B.M., DEng (KNUAF)
Lukhanin M.I., DEng (CRI WME AFU)
Mitrakhovych M.M., DEng (SE Ivchenko-Progress)
Oliarnyk B.O., DEng (SE "LSP"LORTA")
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)
Pyevtsov H.V., DEng (KNUAF)
Tkachuk P.P., DSc (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)
Tolubko V.B., DEng (SUT)
Kharchenko O.V., DEng (SRIA)

Reviewed and approved for publication by
Science and Engineering Board
(record No.3 of 15.03.2018)

Original dummy copy was made
by Dmitry Burago Publishing House

Editorial address:
Ukraine, 03049, Kyiv
28, Povitroflotsky 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
 (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ),
О. О. СВЕРГУНОВ, кандидат технічних наук, доцент
 (Національний інститут стратегічних досліджень, м. Київ)

Системний підхід до оцінки воєнно-технічних аспектів забезпечення стану воєнної безпеки в умовах нових глобальних політичних та ресурсних змін

Проведено системний аналіз різних факторів впливу на ефективність воєнно-технічної політики, що виникли останніми роками в умовах нових глобальних політичних, економічних, технологічних та ресурсних змін, та сформульовано методичний підхід до оцінки впливу таких факторів на ефективність воєнно-технічної політики.

Ключові слова: воєнно-технічна політика, системний аналіз, озброєння, військова та спеціальна техніка, система озброєнь, національна безпека і оборона.

Проведен системный анализ разных факторов влияния на эффективность военно-технической политики, которые возникли в последние годы в условиях новых глобальных политических, экономических, технологических и ресурсных изменений, и сформулирован методический подход к оценке влияния таких факторов на эффективность военно-технической политики.

Ключевые слова: военно-техническая политика, системный анализ, вооружение, военная и специальная техника, система вооружений, национальная безопасность и оборона.

Нині сучасне середовище безпеки навколо України формується під впливом глобальних змін, що почали розвиватись з початку ХХІ ст. як на регіональному, так і на світовому рівні. До найважливіших з них, що зачіпають сферу воєнної безпеки, за оцінками експертів та політиків [1, 2, 3], належать:

застосування військових сил у практиці міждержавних відносин для розв'язання політичних, економічних, територіальних, етнічних та інших міждержавних кризових ситуацій, у тому числі в боротьбі між державами за ресурси (енергетичні, водні тощо);

відхід від однополярної моделі та формування багатополлярної моделі світу, що зменшує передбачуваність геополітичних та геостратегічних процесів;

зниження ефективності дій міжнародних організацій, таких як ООН, ОБСЄ, НАТО, з урегулювання криз та збройних конфліктів, що стимулює зростання загального рівня конфліктності у світі, та трансформування воєнної сили деяких держав фактично у вагомий компонент досягнення своїх зовнішньополітичних цілей;

наявність зброї масового ураження та програм її вдосконалення і застосування, розвиток високоточного та нетрадиційного озброєння;

застосування терористичних методів державами, політичними рухами для вирішення політичних цілей;

розширення та трансформація гібридних загроз, що зачіпають сферу воєнної безпеки.

З урахуванням вищезазначених тенденцій посилюлася увага в багатьох державах до розвитку власних потенціалів забезпечення воєнної безпеки. Наприклад, збільшуються оборонні бюджети в США, КНР, РФ, Польщі та в інших країнах. Формуються довгострокові програми розвитку систем озброєнь. При цьому основна увага приділяється технічному оснащенню збройних сил в умовах обмежених ресурсів. Актуальність цього підтверджується також й тим, що Кабінет Міністрів України 14 червня 2017 року розглянув основні напрями розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період [4].

Тому актуальним питанням стало формування ефективної воєнно-технічної політики (ВТП) та оцінки воєнно-технічних аспектів забезпечення стану воєнної безпеки. Важливість цих проблем також посилюється такими обставинами: збільшенням видів озброєнь, військової та спеціальної техніки (ОВСТ), що необхідно мати на озброєнні; зростанням вартості програм розробок та організації серійного виробництва високотехнологічних систем ОВСТ (авіаційні, воєнно-морські, системи ППО тощо); зростанням термінів реалізації програм; збільшенням кількості необхідних технологій, які необхідно мати для виробництва ОВСТ; збільшенням складу компаній оборонної промисловості, що необхідні для виробництва ОВСТ; розширенням міжнародної кооперації з розробок та виробництва нових ОВСТ, що спонукає до налагодження військово-технічного співробітництва (ВТС) з іншими країнами.

З урахуванням вищезазначених проблем прорахунки у формуванні та реалізації ВТП можуть проявитися тільки через певний час з витратою великих обсягів

ресурсів. Це вимагає розробки методологічних аспектів з проведення оцінок рішень ще на етапах планування у сфері ВТП.

У роботі [5] запропоновані методи оцінки стану ВТП та її складових. Однак поява нових факторів впливу на ВТП спонукає до проведення досліджень з удосконалення існуючих методичних підходів до оцінки ефективності ВТП.

Метою роботи є удосконалення методичних підходів до оцінки ефективності ВТП держави з урахуванням економічних, фінансових та науково-технічних факторів.

Таке удосконалення будемо проводити з системних позицій, так як система озброєння – збалансована багаторівнева організаційно-технічна система, що є сукупністю функціонально пов'язаних і організаційно впорядкованих за структурою видів та родів військ, бойових засобів і засобів забезпечення, призначених для виконання завдань силами оборони [4].

Слід зазначити, що система озброєння формується на основі програмно-цільового підходу з урахуванням методики планування в оборонній сфері. Вона включає такі етапи (табл. 1):

оцінку динаміки воєнно-політичної обстановки (ВПО) на геополітичному та регіональному рівнях (функція політики) на поточний та довгостроковий період;

формування бойових задач збройним силам (ЗС) та іншим військовим формуванням (ІВФ) (функція військових фахівців);

формування структур та інших військових формувань, оцінка потреб у ресурсах (ОВСТ, інші товари військового призначення (ТВП), військова інфраструктура, соціальні та спеціальні потреби, потреби в ОВСТ для ВТС тощо). Як правило, бюджети держав на національну оборону обмежені. Наприклад, за оцінками SIPRI загальносвітові військові витрати у 2014 році дорівнювали близько 2,3% ВВП. У США військові витрати у 2014 році склали 3,5% ВВП, КНР – 2,1% ВВП, Франції – 2,2% ВВП, Німеччині – 1,2% ВВП [6, с. 323]. У НАТО прийнято рішення довести військові витрати в кожній країні до рівня не менше 2% ВВП. У США доля витрат у 2014 році на «національну оборону» в бюджеті складала 17,2%;

фінансово-економічні оцінки потреб на технічне оснащення ЗС та ІВФ. Бюджети держав на технічне оснащення також обмежені. У США в долі витрат за статтею «національна оборона» витрати на НДДКР в 2014 році були 10%, закупівлі ОВСТ та матеріальних засобів – 17,8%, експлуатації та обслуговування ОВСТ – 40,5% [6, с. 325];

розробка програм розвитку озброєння, що дозволяє врахувати в часі розподіл ресурсів на технічне оснащення та виробництво ОВСТ оборонною промисловістю. Також програми розвитку озброєння або окремі проекти розробок та виробництва ОВСТ забезпечують розробку планів розвитку компаній оборонної промисловості. Наприклад, за даними ЗМІ Jane's 360 і Defense News, корпорація США General Dynamics у найближчі роки інвестує майже два мільярди доларів у технологічне

оновлення своїх виробничих потужностей, щоб задовольнити потреби зростаючого флоту США. Близько 1,7 млрд. планується вкласти в переоснащення підприємства Electric Boat у шт. Коннектикут, де будуть відповідно до перспективних планів розвитку ОВСТ виробляти частини підводного човна з балістичними ракетами класу «Columbia». Компанія General Dynamics також розділить 200 мільйонів доларів інвестицій між заводом Bath Iron Works у шт. Мен, що виробляє есмінці, і підприємством NASSCO у каліфорнійському Сан-Дієго, де будують допоміжні кораблі [7];

розробка проектів ДОЗ на 3 роки та на 1 рік, що дозволяє узгодити програмні цілі з технічного оснащення ЗС та ІВФ з бюджетами держави.

Одночасно проводиться оцінка можливостей економіки щодо забезпечення потреб у ресурсах: прогноз соціально-економічного розвитку держави на довгостроковий період, прогноз бюджетних можливостей (перспективний фінансовий план (ПФП) на 3–5 років, проекти бюджету на 1–2 роки, проект плану ДОЗ на 1–2 роки тощо).

Також на різних рівнях (парламент, органи центральної виконавчої влади, ради безпеки тощо) йдуть процеси узгодження потреб у ресурсах і можливостей держави їх задовольнити. Цей процес закінчується прийняттям законів про бюджет, в рамках якого чітко формуються завдання щодо надання ресурсів на розвиток ОВСТ.

Слід зазначити, що процеси оцінки динаміки змін ВПО, формулювання (уточнення) бойових задач ЗС та ІВФ, оцінки з уточнення потреб у ресурсах йдуть безперервно.

З урахуванням методичного підходу планування в оборонній сфері (табл. 1) проаналізуємо документи стратегічного планування, що були прийняті в США останнім часом та зачіпають питання ВТП.

По-перше, 18 грудня 2017 року була оприлюднена Стратегія національної безпеки США (National Security Strategy, NSS), в якій були сформульовані загрози національній безпеці і оборони в перспективі [8]. Зокрема, у Стратегії національної безпеки 2017 року особлива увага приділяється країнам, що намагаються «розмити американську безпеку і процвітання», зокрема Росії та КНР, Ірану та КНДР.

По-друге, 19 січня 2018 року міністерством США була представлена нова Стратегія національної оборони США (National Defense Strategy, NDS) [9]. У цьому документі сформульовані ключові цілі та завдання збройним силам для забезпечення «безпеки і лідерства» США на глобальній арені в умовах наступаючої епохи багатополярного миру.

По-третє, 2 лютого 2018 року міністерством США був представлений новий документ під назвою «Огляд ядерної політики» (Nuclear Posture Review, NPR), що фактично є оновленою ядерної стратегією, в якій визначені завдання з розвитку стратегічних ядерних сил (СЯС) США. У цьому документі Росія та Китай вважаються головними потенційними суперниками США [10]. Розробляється Всебічний огляд стану та перспектив

Таблиця 1. Системний підхід до формування методики оцінки воєнно-технічних аспектів забезпечення стану воєнної безпеки держави

№ п.п.	Заходи щодо забезпечення нац. безпеки і оборони	Результат	Документи	Потреби і можливості	Заходи щодо розвитку та наповнення бюджету	Документи
1	Оцінка ВПО та довгострокові прогнози її змін	Визначення загроз нац. безпеки і оборони	Стратегія нац. безпеки		Оцінки та довгострокові прогнози соціально-економічного розвитку держави	Довгострокові програми розвитку держави
2	Визначення задач ЗС та ІВФ	Оцінки ступеня зменшення воєнної загрози	ВД, стратегія воєнної безпеки	<i>Узгодження на рівні центральних органів влади потреб і можливостей</i>	Довгострокові прогнози бюджетних надходжень	
3	Формування структур ЗС та ІВФ, загальні фінансово-економічні оцінки	Оцінки оборонних спроможностей та можливостей	СОБ	<i>Узгодження на рівні центральних органів влади потреб і можливостей</i>	Довгострокові прогнози бюджетних витрат на оборону	
4	Фінансово-економічні оцінки потреб на технічне оснащення ЗС та ІВФ	Результати оцінок потреб витрат на технічне оснащення ЗС та ІВФ	Основи ВТП	<i>Узгодження на рівні центральних органів влади потреб і можливостей</i>	Довгострокові прогнози можливих бюджетних витрат на технічне оснащення ЗС та ІВФ	
5	Розробка програм розвитку озброєння	Проекти довгострокових планів та програм	Програми та плани розвитку ОВСТ	<i>Узгодження на рівні центральних органів влади потреб і можливостей</i>	Прогнози можливих витрат на програми закупівлі та розвитку озброєнь	
6	Розробка: проектів ДОЗ на 3 роки; проектів ДОЗ на 1 рік	Проекти планів ДОЗ на 3 роки та один рік	Плани ДОЗ на 3 роки та один рік	<i>Узгодження на рівні центральних органів влади потреб і можливостей</i>	Проекти бюджетів: ДОЗ на 3 роки ДОЗ на рік	Бюджет: ДОЗ на 3 роки ДОЗ на рік

розвитку збройних сил (Quadrennial Defense Review, QDR) або Чотирирічний огляд оборонної політики, в якому буде конкретизовано цілі і завдання розвитку та технічного оснащення ЗС США для підготовки їх до майбутнього шляхом побудови нового балансу оборонної діяльності в умовах зростаючих фінансових обмежень. Попередній Чотирирічний огляд оборонної політики (ЧООП) був оприлюднений у 2014 році [11]. Також в США повідомили, що з урахуванням NSS, NDS та NPR розробляється Стратегія розвитку ПРО (Ballistic Missile Defense Review, BMDR), що визначає пріоритети розвитку систем ПРО різного призначення. На основі NSS, NDS розробляється ряд важливих документів стратегічного планування, що уточнюють та конкретизують політику США у сферах космічної діяльності, кіберпростору, розвитку ОВСТ на основі штучного інтелекту тощо.

По-четверте, на основі основних документів Стратегічного планування (NSS, NDS, QDR, NPR, BMDR

тощо) активізується робота з реалізації ряду стратегічних програм і проектів з технічного оснащення ЗС та ІВФ, вартість яких узгоджується в Конгресі та МО США, зокрема:

розширення програм будівництва кораблів ВМС, щоб довести їх чисельність до 350 одиниць у 2048 році;

програма з розробки і закупівлі стратегічного бомбардувальника B-21 Raider вартістю до 100 млрд. дол. США;

програма оснащення крилатих ракет (типу «Томагавк») морського, повітряного та наземного базування ядерними боеголовками. МО США планує одержати 16 млрд. доларів на її реалізацію;

програма будівництва 12 ПЛАРБ нового покоління типу Columbia для заміни стратегічних субмарин класу Ohio.

З урахуванням методичного підходу до планування в оборонній сфері (табл. 1) з методологічного погляду важливим питанням при формуванні та реалізації ВТП

є оцінка її ефективності, яку позначимо E . У роботі [5] було запропоновано оцінювати ефективність ВТП за набором ряду факторів на основі експертних методів. При цьому ефективність ВТП розраховується за формулою

$$E = \sum_{i=1}^N c_i K_i, \quad (1)$$

де c_i – вагові коефіцієнти, що визначаються на експертному рівні. Показники (фактори) рівня K_i за якими оцінюється ВТП, визначаються на основі експертного опитування, N – кількість показників K_i .

Сума вагових показників N факторів повинна дорівнювати одиниці:

$$\sum_{i=1}^N c_i = 1. \quad (2)$$

Ефективність ВТП при цьому можливо оцінювати за критеріями, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Критерії ефективності ВТП

Ефективність ВТП	Значення критерію
$E \geq E_{\text{порог}}$	Ефективна
$E_{\text{порог}} \leq E \leq E_{\text{мін}}$	Задовільна
$E \leq E_{\text{мін}}$	Неефективна

Терміни реалізації завдань та проектів ВТП мають довгострокові періоди. Наприклад, проекти з розробок, випробувань та організації виробництва складних високотехнологічних систем ОВСТ можуть сягати декілька десятків років. Так, проект розробки літака F-35 у США розпочався на початку XXI століття. У 2018 році він досяг стану малосерійного виробництва і прийняття на озброєння КМП літака у версії F-35B.

При необхідності здійснювати оцінку ефективності ВТП протягом певного періоду T можливо застосувати векторно-матричний підхід, де ефективність ВТП може бути подана у вигляді вектора E розміром M , де M – число дискрет у часі. У такому випадку ефективність ВТП в j -й період часу E_j буде розраховуватись за формулою

$$E_j = \sum_{i=1}^N c_{ij} K_{ij}, \quad (3)$$

де c_{ij} – вагові коефіцієнти в момент часу j для i -го фактора, що визначаються на експертному рівні. При цьому

$$\sum_{i=1}^N c_{ij} = 1. \quad (4)$$

Кількість показників K_{ij} N для j -го моменту часу.

Використовуючи значення критеріїв з табл. 2 та формули (3) – (4), можливо оцінити зміни ефективності ВТП у часі.

Як приклад оцінки ефективності ВТП можливо запропонувати провести аналіз за такими факторами, як розподіл обсягів витрат на забезпечення поточної експлуатації в боеготовому стані та поточний ремонт існуючого ОВСТ; закупівлю нового ОВСТ як у компаній оборонної промисловості, так і їх імпорту; НДДКР зі

створення нових ОВСТ; проведення тестування та випробування існуючих та нових ОВСТ.

Висновки:

1. Результати аналізу світового досвіду показують, що ВТП формується та реалізується в загальному методологічному процесі забезпечення національної безпеки і оборони (табл. 1): оцінка загроз національній безпеці і обороні; оцінки варіантів зменшення воєнних загроз національній безпеці; формування структур ЗС та ІВФ; оцінка потреб в системах озброєння та можливостей їх закупівлі з урахуванням існуючої системи озброєння; оцінка варіантів оновлення системи озброєння; формування програм розвитку озброєння та державного оборонного замовлення з їх реалізації.

2. Так як ВТП у державі формується та реалізується з урахуванням багатьох слабо пов'язаних факторів, то найбільш ефективним методом оцінки її ефективності є метод експертних оцінок.

3. З урахуванням великих термінів реалізації програм і проектів удосконалення системи озброєння в рамках ВТП запропоновано проводити оцінку ефективності ВТП за певний період, що буде в рамках вибраних для оцінки факторів відображати динаміку змін ефективності ВТП.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Горбулін В. П., Свергунов О. О. Концептуальні підходи до вдосконалення військово-технічної та оборонно-промислової політики України // Стратегічні пріоритети. 2013. №1 (26). С. 110–119.
2. Фукуяма Ф. Сильное государство. Управление и мировой порядок в XXI веке. М. : АСТ Москва – Хранитель, 2006. 22 с.
3. Зубарев В. В., Кутовий О. П., Свергунов О. О., Химченко С. М. Вплив глобальних політичних, енергетичних та екологічних змін на воєнну безпеку держави. К. : Інтертехнологія, 2009. 256 с.
4. Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період : розпорядження КМУ від 14 червня 2017 р. N 398-р. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR170398.html.
5. Зубарев В. В., Кутовий О. П., Свергунов О. О., Химченко С. М. Методологічні аспекти оцінки стану військово-технічної політики та її складових : науково-методичне видання. К. : Інтертехнологія, 2009. 204 с.
6. SIPRI 2015 : щорічник : Озброєння, роззброєння та міжнародна безпека : пер. з англ. / Стокгольм. міжн. інст. дослідження миру; Укр. центр екон. і політ. досліджень ім. О. Розумкова. К. : Заповіт, 2016. 688 с.

7. Американским верфям предстоит переоснащение : еженедельник ВПК. 2018. Вып. № 4 (717). URL: <https://www.vpk-news.ru/articles/41017>.
8. National Security Strategy of the United States of America. USA. 2017. 18 грудня. URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905-1.pdf>].
9. National Defense Strategy of the United States of America. USA. 2018. 19 січня. URL: <https://admin.govexec.com/media/20180118173223431.pdf>.
10. Nuclear Posture Review. USA. 2018. 2 лютого. URL: <https://media.defense.gov/2018/Feb/02/2001872886/-1/-1/1/2018-NUCLEAR-POSTURE-REVIEW-FINAL-REPORT.PDF>.
11. Quadrennial Defense Review. USA. 2014. 2 лютого. URL: <http://www.acqnotes.com/Attachments/2014%20Quadrennial%20Defense%20Review.pdf>.

Рецензент С. В. Лапицький, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)

І. Б. ЧЕПКОВ, доктор технічних наук, професор,
Є. Я. ДЕМЧЕНКО, начальник науково-дослідного відділу

О. О. МОСКВІТІН, кандидат технічних наук,
 провідний науковий співробітник
 (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
 Збройних Сил України, м. Київ)

Програмно-цільовий метод планування. Застосування програмно- цільового методу в системі оборонного планування США

Запропоновано огляд функціонування одного з ключових елементів системи підтримки прийняття рішення, а саме, процес планування, програмування, бюджетування та виконання (Planning, Programming, Budgeting and Execution – PPBE), розкрито зміст та механізм його функціонування та розглянутий програмно-цільовий метод планування, що покладений у його основу, у системі оборонного планування США.

У статті враховані інформаційні матеріали, надані експертами НАТО в ході міжнародної зустрічі 16 лютого 2018 року.

Ключові слова: програмно-цільове планування, оборонне планування в США, PPBE, фази планування, програмування, бюджетування та виконання.

Предложен обзор функционирования одного из ключевых элементов системы поддержки принятия решения, а именно: процесс планирования, программирование, бюджетирование и выполнение (Planning, Programming, Budgeting and Execution – PPBE), раскрыто содержание и механизм его функционирования и рассмотрен программно-целевой метод планирования, который положен в его основу, в системе оборонного планирования США.

В статье учтены информационные материалы, предоставленные экспертами НАТО в ходе международной встречи 16 февраля 2018 года.

Ключевые слова: программно-целевое планирование, оборонное планирование в США, PPBE, фазы планирования, программирование, бюджетирование и выполнение.

Актуальність та сутність програмно-цільового методу планування. Історичні аспекти його виникнення та поширення у світі. Витрачання національного бюджету України на оборону є об'єктом прискіпливої уваги правоохоронних органів, законодавчої та виконавчої гілок влади, а також пересічних громадян. Сучасні параметри і конфігурація державного оборонного замовлення (ДОЗ) визначаються істотними змінами воєнно-політичної ситуації навколо України, що відбулися за останні чотири роки в умовах збройного протистояння Російській Федерації, окупації Кримського півострова та значної частини Луганської і Донецької областей.

Не викликає сумніву той факт, що в цих умовах оснащення сил оборони України новітнім озброєнням та військовою технікою (ОВТ), які здатні ефективно протистояти агресивним діям сусідньої держави, не можливе без зміни основних принципів і підходів до оборонного планування у сфері розвитку ОВТ.

Враховуючи зміну вектора зовнішньої політики України з політики позаблоковості на курс поступової інтеграції України в євроатлантичний безпековий простір з метою набуття членства в Організації Північно-атлантичного договору, що визначено в Законі України “Про основи національної безпеки України” [1], стає логічним і актуальним питання приведення вітчизняної системи оборонного планування до євроатлантичних принципів та підходів.

Саме такі завдання силам оборони поставлені Президентом України в Стратегічному оборонному бюлетені України [2].

Метою цієї статті є спроба висвітлити ключові принципи, підходи та порядок функціонування системи оборонного планування однієї з провідних країн-членів НАТО для врахування відповідними фахівцями під час адаптування вітчизняної системи планування розвитку ОВТ до євроатлантичних критеріїв. На погляд авторів, такою країною може бути США, що має наймогутнішу армію у світі та система оборонного планування якої була взята за основу оборонними відомствами більшості країн-членів НАТО.

Існуюча в США система оборонного планування побудована на використанні програмно-цільового методу (ПЦМ), розробниками якого є фахівці США. Надання переваги цьому методу планування має під собою об'єктивні чинники, пов'язані з історією виникнення цього методу та широкою географією його застосування.

Слід звернути увагу, що в основі системи оборонного та бюджетного планування України також лежить ПЦМ. Це передбачено Законом України “Про організацію оборонного планування” [3] та Бюджетним кодексом України [4]. Цей факт спрощує виконання завдання щодо впровадження євроатлантичних принципів та підходів у сфері оборонного планування.

Сутність програмно-цільового планування (ПЦП) полягає в орієнтуванні діяльності на досягнення поставлених цілей. Під час ПЦП спочатку визначаються цілі, потім обираються шляхи їх досягнення, а далі деталізуються способи та ресурси, що для цього необхідні. Тобто ПЦП побудоване за логічною схемою “цілі – шляхи

– способи – ресурси”. У свою чергу, ПЦМ, який лежить в основі ПЦП, пов’язує визначені для досягнення цілі з необхідними для цього ресурсами за допомогою цільових програм.

Вперше ПЦМ був застосований у приватному секторі економіки. Ідея належала американському підприємцю, власнику автомобілебудівної компанії “Форд” Л. Б. Джонсону, який на той час був 36-м президентом США.

У 1961 році міністр оборони США Роберт Макнамара застосував цю ідею у міністерстві, яке він очолював. Система, що була створена в міністерстві оборони США (МО США) на основі ПЦМ, була названа системою планування, програмування та бюджетування (Planning, Programming, Budgeting System) для позначення якої довгий час використовувалась аббревіатура PPBS. За її допомогою вдалося практично за 4 роки реформувати роботу Пентагону [5].

Успішно зарекомендувавши себе в МО США, з серпня 1965 року ця система була розповсюджена на усі міністерства, служби та агентства США. Крім цього, PPBS була впроваджена в систему викладання шкіл, коледжів та університетів США [6].

З метою удосконалення (procedural improvements) система PPBS була трансформована:

у 1981 році – в “систему планування, програмування, бюджетування та виконання” (Planning, Programming, Budgeting, and Execution System – PPBES);

у 2003 році – на “процес планування, програмування, бюджетування і виконання” (Planning, Programming, Budgeting, and Execution process – PPBE)¹ [7, 8].

Значний внесок у розвиток PPBE зробив американський науковець Жак Генслер (Jacques S. Gansler) [9–14], який не тільки значно удосконалив теоретичні та методологічні основи PPBE, а й, будучи у 1997–2001 роках заступником міністра оборони США з питань закупівлі озброєнь, технологій і логістики, доклав немало зусиль для втілення цих ідей у життя.

Ефективність застосування ПЦМ стала причиною його широкого розповсюдження у світі.

Слід зазначити, що Радянський Союз також активно застосовував ПЦП.

У 1969 році постановою Центрального Комітету КПРС і Ради Міністрів СРСР № 433-157 було введено термін “програмно-цільове планування”. Цією постановою також передбачалось перейти в оборонному плануванні від планування по окремих видах бойової техніки до розробок комплексів при оптимальній ув’язці потреб збройних сил з обсягами коштів, що надаються.

Це було результатом впровадження так званого “Плану Захарова –Келдиша”, розробленого у 1966 році та названого прізвищами на той час начальника Генерального штабу Збройних Сил СРСР та президента Академії наук СРСР. З цього часу в СРСР почалася розробка Комплексної програми розвитку озброєння та військової техніки, яка так і не була завершена за часів

Радянського Союзу та проект якої дістався в спадок Російській Федерації.

Проте у народному господарстві СРСР цільові комплексні програми, що були розроблені за принципами ПЦП, широко застосовувались як складові частини державних перспективних планів економічного та соціального розвитку країни. Незважаючи на це, результативність використання ПЦМ у СРСР була невисокою у зв’язку із застосуванням у радянській економіці планово-адміністративної системи, при якій ігнорувались основні принципи і вимоги програмно-цільового підходу (“директивний” характер вибору проблем, планування без формування системи управління виконанням програм тощо).

На сучасному етапі ПЦП застосовується практично в усіх країнах з розвинутою економікою. Висока ефективність спостерігається від застосування ПЦМ у управлінні економікою регіонів. Так, наприклад, у ФРН ПЦП застосовується в регіональному управлінні 2/3 території країни, у Великобританії – 40% території, у Норвегії – 90% території.

Більшість країн з ринковою економікою використовують елементи цього методу в бюджетному процесі. Це перш за все Канада, країни Європи, Нова Зеландія, Австралія, країни колишнього Радянського Союзу та інші. Значних успіхів у використанні ПЦМ досягли країни Балтії та Казахстан. Сьогодні більшість розвинених країн ЄС допомагають країнам з неефективною економікою через відповідні програми, що направлені на досягнення конкретних результатів, наприклад в реформуванні окремих галузей економіки. ПЦМ також використовують в своїх програмах і міжнародні фінансові організації, такі як Міжнародний валютний фонд, Всесвітній банк тощо [15].

Враховуючи, що першим і найкращим прикладом застосування ПЦМ в оборонному плануванні є PPBE, доцільно зробити огляд використання цього процесу в МО США.

PPBE як складова Системи підтримки прийняття рішень у сфері оборони. PPBE є однією з невід’ємних складових Системи підтримки прийняття рішень у сфері оборони (Defense Decision Support System). Крім PPBE до цієї Системи входять (рис. 1):

національні органи військового управління (National Level Command and Control – NLCC),

Система інтеграції та розвитку об’єднаних спроможностей (Joint Capabilities Integration and Development System – JCIDS),

Система оборонних закупівель (Defense Acquisition System – DAS),

NLCC: президент, міністр оборони, голова Об’єднаного комітету начальників штабів, військові міністерства та відомства, військові служби, оперативні командування (регіональні бойові командування, функціональні командування ЗС США), які уповноважені приймати рішення у сфері оборони.

JCIDS – система, за допомогою якої МО США ідентифікує, оцінює, та встановлює пріоритети характеристик (потенціалів), що повинні мати ОВТ, а також

¹ Незважаючи на зміну назви з PPBS на PPBE, у різних російськомовних та україномовних джерелах її, для зручності, продовжують називати “системою” зі словом “виконання” в назві чи без нього.



Рис. 1. Система підтримки прийняття рішень у сфері оборони

збройні сили для ефективного виконання поставлених завдань [16].

DAS – система, за допомогою якої МО США здійснює процес закупівлі та розробки ОВТ та інших матеріальних засобів (розробка технологій, конструювання, виробництво та введення в експлуатацію), контролює та управляє відповідними програмами [17, 18].

У порівнянні з JCIDS та DAS PPBE має узагальнюючу мету – поєднання людських ресурсів, озброєння та предметів забезпечення в рамках існуючих бюджетних обмежень.

Функціонування системи PPBE передбачає певну послідовність обов'язкових фаз, показаних на рис. 2. Фаза планування призначена для визначення цілей та пріоритетів військового будівництва. Також під час цієї фази визначається чисельність збройних сил та спроможності, необхідні для забезпечення оборони. Фаза програмування призначена для розробки конкретних програм за основними напрямками військового будівництва та визначення фінансових та інших ресурсів для їх виконання. Фаза бюджетування призначена для

опрацювання проектів бюджетів (бюджетних запитів) на підставі сформованих ресурсних потреб оборонних програм. Фаза виконання призначена для контролю витрачання фінансових та інших ресурсів на реалізацію оборонних програм.

Загальна схема виконання заходів PPBE зображена на рис. 3 [19].

Фаза планування в PPBE. Протягом фази планування здійснюється розгляд та аналіз усіх поточних стратегічних документів для забезпечення їх відповідності політичним цілям президента та міністра оборони США.

Керує фазою планування заступник міністра оборони з оборонної політики (Under Secretary of Defense for Policy – USD(P)). Суттєву роль у реалізації заходів фази планування також грає голова Об'єднаного комітету начальників штабів (Chairman of the Joint Chiefs of Staff – CJCS) відповідно до його посадових обов'язків як головного військового радника міністра оборони (10 U.S.C. § 151 responsibilities). Роль голови Об'єднаного комітету начальників штабів полягає в наданні порад

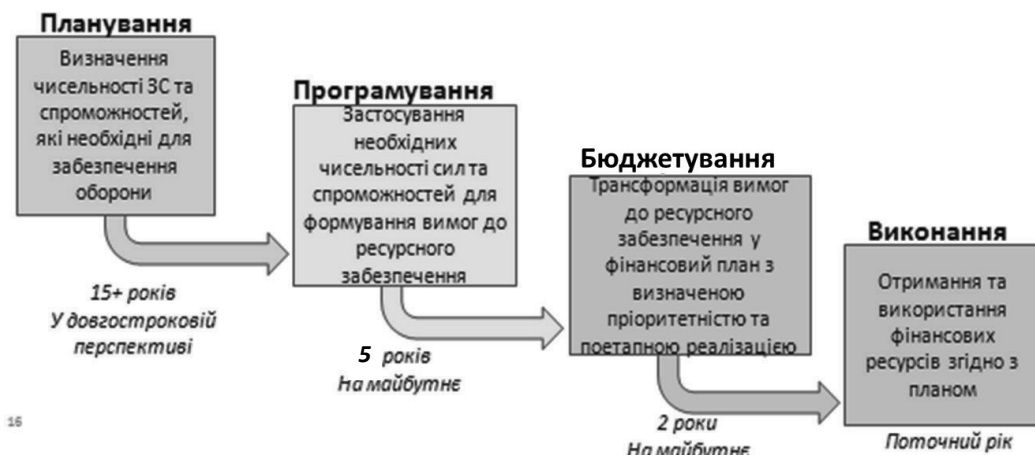


Рис. 2. Процес планування, програмування, бюджетування і виконання (PPBE)



Рис. 3. Послідовність виконання заходів PPBE

міністру оборони та формуванні пріоритетних вимог щодо форм та методів ведення бойових дій.

На стадії планування секретаріат міністра оборони (Office of the Secretary of Defense) спільно з Об'єднаним штабом (Joint Staff) з урахуванням побажань департаментів МО США (Military Departments) та оборонних агенцій (Defense Agencies) аналізують керівні стратегічні документи, такі як Національна воєнна стратегія (National Military Strategy), Національна оборонна стратегія внутрішньої оборони (National Strategy for Homeland Defense), Стратегія національної безпеки (National Security Strategy), Чотирирічний оборонний огляд (Quadrennial Defense Review).

Основними документами для цієї стадії планування є Чотирирічний оборонний огляд, Стратегія національної безпеки та Національна оборонна стратегія.

Результати аналізу керівних документів відображаються в Рекомендаціях з оборонного планування (Defense Planning Guidance – DPG), що повинні враховувати можливі зміни геостратегічної та політичної обстановки на п'ять, десять та двадцять років. Рекомендації з оборонного планування визначають цілі, пріоритети, включаючи фіскальні обмеження, з метою подальшого розроблення кожним військовим департаментом плануючих документів на інших етапах процесу PPBE.

Фаза програмування в PPBE. Протягом фази програмування здійснюється розробка Середньострокової оборонної програми терміном на п'ять років (Future Years Defence Program – FYDP). Керівництво цим процесом здійснюється директором офісу вартісного та програмного оцінювання (Cost Assessment and Program Evaluation Office – CAPE).

Цьому передують розроблення меморандумів про цілі програм (Program Objective Memorandum – POM) (рис. 4). Меморандуми розробляються командуваннями видів

і родів військ США як пропозиції щодо раціонального розподілу наявних ресурсів (матеріальних, людських та фінансових) на підставі вимог рекомендацій з оборонного планування та охоплюють весь період середньострокової оборонної програми з урахуванням ризиків щодо потреб, в які не вкладені кошти [19]. Меморандуми забезпечують детальний та всебічний опис програм, що пропонуються, зокрема:

- призначення програм;
- цілі програм;
- терміни виконання програм;
- альтернативні методи досягнення поставлених цілей;
- розподіл необхідних для виконання програм сил, засобів та фінансових ресурсів на п'ять років.

Командуванням видів і родів військ дозволяється також розробляти та подавати до МО США меморандуми про цілі щодо нових програм. Обсяги фінансування деяких програм коригуються або навіть перерозподіляються на користь інших більш пріоритетних програм. В основному намагаються досягти нульового балансу, тобто ситуації, коли ресурсів, що вивільняються в результаті припинення фінансування програм, вистачає на відкриття нових, проте дозволяються невеликі відхилення (протягом розроблення меморандумів у 2017 році це відхилення складало в цілому 20 млрд. \$ США).

Секретаріат міністра оборони разом з Об'єднаним штабом та визначеними військовими командирами (спеціалістами) розглядають запропоновані командуваннями видів і родів військ меморандуми про цілі програм та, при необхідності, вносять зміни. Внесені спеціалістами зміни оформлюються у вигляді ресурсних рішень (Resource Management Decision), що затверджуються міністром оборони і доводяться до розробників меморандумів для обліку.

Протягом фази програмування також проводиться прогнозний аналіз ефективності меморандумів про цілі

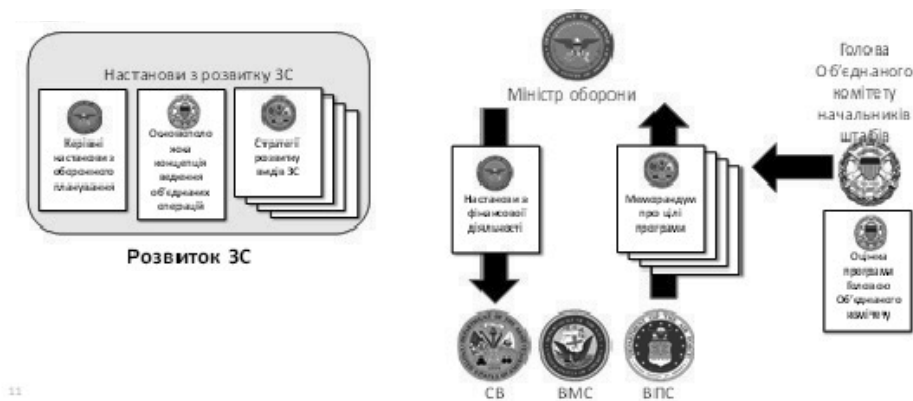


Рис. 4. Фаза програмування в PPBE

програм, який доповідається міністру оборони і президенту США.

Як приклад, на рис. 5 відображений Меморандум про цілі програми модернізації бойового вертольота АН-64.

Фаза бюджетування в PPBE. Протягом цієї фази відповідні військові служби завершують свої бюджетні оцінки першого року п'ятирічних меморандумів про цілі програм, а командування видів та родів військ формують бюджетні запити (Budget Estimate Submission), що включають обсяги необхідного фінансування по кожній програмі на наступний рік та містять інші фінансові показники. Очолює виконання заходів фази бюджетування заступник міністра оборони (ревізор).

Бюджетні запити видів і родів військ розглядаються та погоджуються секретаріатом заступника міністра оборони та офісом управління та бюджету при президенті США (Office of Management and Budget). Ревізор та офіс управління та бюджету розглядають подані бюджетні запити стосовно гарантування заявленого в них фінансування. У разі внесення змін до бюджетних

запитів, вони відображаються в ресурсних рішеннях та доводяться до командувань видів та родів військ.

Скориговані та погоджені МО США та офісом управління та бюджету при президентові США бюджетні запити узагальнюються та включаються до річного бюджетного запиту президента США (President's Budget Request – PBR), який надається до Конгресу США для розгляду та затвердження (рис. 6).

Фаза виконання в PPBE. Під час цієї фази також оцінюється ефективність виконання програм. За реалізацію фази виконання відповідають визначені військові служби та оборонні агенції. Вони проводять поточні огляди для визначення таких основних питань [20]:

1. Чи є витрати, що здійснюються протягом фази виконання, обов'язковими і чи відповідають вони схваленому бюджету?
2. Чи досягає фінансування бажаного ефекту?

Всередині кожного бюджетного року МО США проводить огляд та корегування програм, згідно з потребами. Цей огляд має на меті ідентифікувати програми, в яких кошти витрачаються неефективно, що не забезпечує досягнення визначених прогнозних цілей. Слід

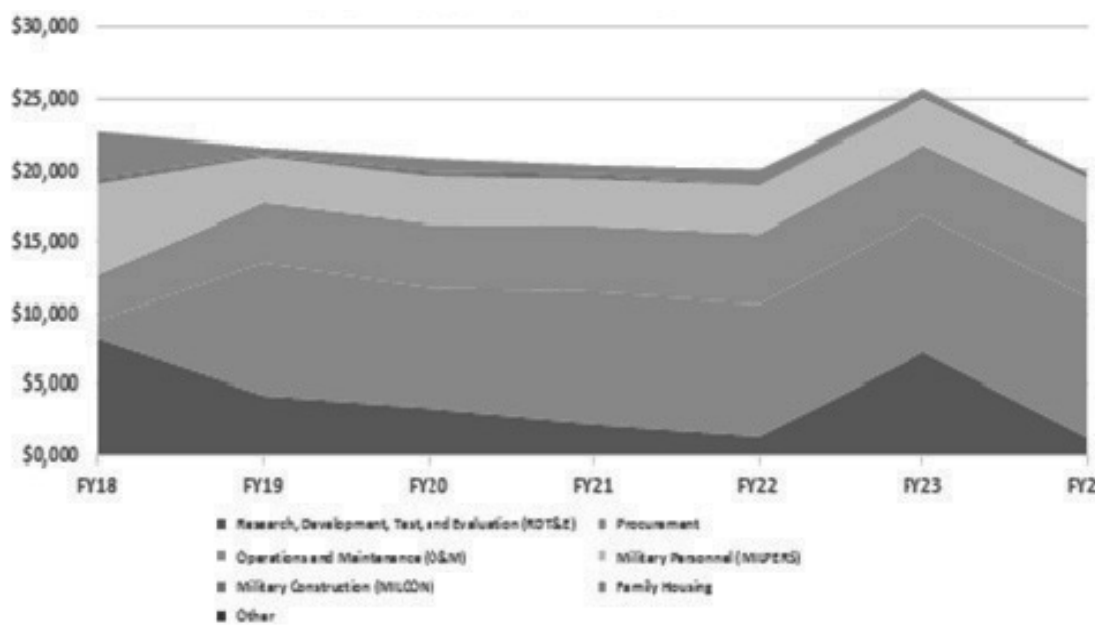


Рис. 5. Меморандум про цілі програми модернізації бойового вертольота АН-64



Рис. 6. Послідовність надання бюджетного запиту МО США до Конгресу США

звернути увагу, що МО США здійснює чотири фази процесу PPBE одночасно (рис. 7).

Тобто МО США здійснює бюджетні запити, розподіл, обробку та витрачання коштів одночасно (паралельно) протягом кожного календарного року. Цей процес повторюється щорічно: кожна виконана фаза впливає на фази наступних бюджетних років. Крім цього, протягом усього бюджетного року здійснюється оцінка процесу PPBE.

Відповідальним за оцінку, згідно з Актом реформування та придбання систем озброєнь від 2009 року (P.L. 111-23), є офіс вартісної оцінки програм (Cost Assessment and Program Evaluation CBA Capabilities-Based Assessment – CAPE).

Висновок. Процес PPBE, який ґрунтується на ПЦМ, застосовується МО США як для задоволення поточних потреб в ОВТ, так і для реалізації перспективних програм розвитку ОВТ. Цей процес охоплює всі стадії життєвого циклу ОВТ, поєднуючи в собі різноманітні та різнотипні алгоритми оборонного планування в єдиний науково-методичний апарат, який адаптований до жорстких вимог безперервного та оптимального управління, гнучко реагує на динаміку змін у військово-технічній та оборонно-промисловій політиці, ефективно сприяє економії ресурсів.

Слід також зазначити, що процес PPBE в МО США забезпечується сучасними програмно-математичними і комп'ютеризованими засобами, що ще більш підсилює спроможність оборонного планування до прийняття раціональних рішень щодо створення, модернізації, вироблення та експлуатації систем озброєнь.

При цьому до недоліків процесу PPBE можна віднести:

грозміздість документообігу, що супроводжує процес її функціонування;

велику значимість у його структурі окремих процедур суб'єктивного характеру (наприклад, ціноутворення), що здатні викривити об'єктивні висновки щодо актуальності тих чи інших проблем забезпечення воєнної безпеки.

Подальший розвиток та конкретизація роботи в напрямі дослідження програмно-цільового методу в системі оборонного планування США буде зроблено в наступних публікаціях.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Про основи національної безпеки України : Закон України від 19 червня 2003 року № 964-IV. URL: www.zakon0.rada.gov.ua.
2. Стратегічний оборонний бюлетень України : введений у дію Указом Президента України від 6 червня 2016 року № 240/2016. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/>.
3. Закон України "Про організацію оборонного планування" від 18 листопада 2004 року № 2198-IV. www.zakon2.rada.gov.ua.
4. Бюджетний кодекс України від 8 липня 2010 року № 2456-VI. URL: www.Zakon0.rada.gov.ua.
5. Бюджетний менеджмент : підручн. / В. Федосов, В. Опарін, Л. Сафонова [та ін.]; за заг. ред. В. Федосова. К. : КНЕУ, 2004. 864 с.

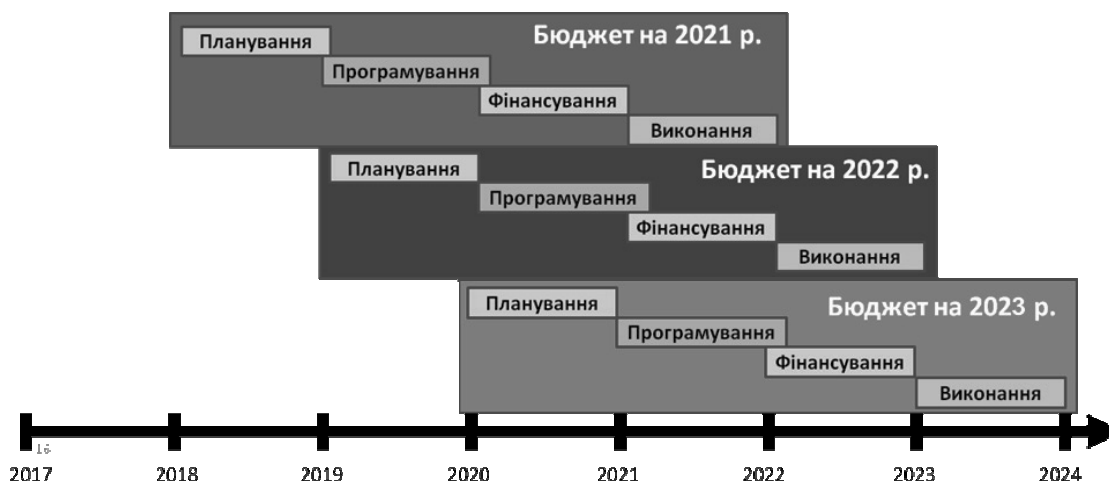


Рис. 7. Одночасне виконання фаз процесу PPBE

6. Nelson W. C. Program, Planning, Budgeting Systems for Educators. Vol. 4: A Research Bibliography. Final Report / Office of Education (DHEW). Washington : Bureau of Research, 1970. 117 p.
7. DoD changed PPBS to PPBE process / Army Force Management School. 2006. P. 2.
8. Grimes St. PPBS to PPBE: A Process or Principles? Carlisle (PA) : U.S. Army War College, 2008. P. 10.
9. Gansler J. Affording Defense. Cambridge : MITPress, 1991. P. 460.
10. Gansler J. Ballistic Missile Defense: Past and Future. National Defense University Press, 2010.
11. Gansler J. Defense Conversion: Transforming the Arsenal of Democracy. Cambridge : MITPress, 1995. P. 292.
12. Gansler J. Democracy's Arsenal – Creating a Twenty-First-Century Defense Industry. Cambridge : MIT-Press, 2011. P. 449.
13. Gansler J. The Defense Industry. MA : MITPress, 1980.
14. Gansler J. Transforming Government Supply Chain Management. MA : MITPress, 2003.
15. Звягинцев П. С. Программно-целевой метод планирования как основа создания новой индустриализации России // Экономика и политика. 2013. № 2. С. 41–46.
16. Chirman of the joint chiefs of staff, Instruction № CJC-SI3170.011, 23 January 2015 : «Joint Capabilities Integration and Development System».
17. Department of Defense Instruction Number 5000.02, January 7, 2015 «Operation of the Defense Acquisition System».
18. Schwartz M. Specialist in Defense Acquisition “Defense Acquisitions: How DOD Acquires Weapon Systems and Recent Efforts to Reform the Process. May 23, 2014 // Congressional Research Service 7-5700. URL: www.crs.gov/RL34026 <https://fas.org/sgp/crs/natsec/RL34026.pdf>.
19. Артеменко В. Б., Безденежных С. И. Обзор системы оборонного заказа МО США // Вооружение и экономика : электрон. научн. журн. 2014. № 1 (26). URL: <http://www.viek.ru>.
20. Williams L. M. Defense Primer: Planning, Programming, Budgeting and Execution Process (PPBE). September 22, 2016 // Congressional Research Service 7-5700. URL: www.crs.gov/IF10429.

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

УДК 623.438

С. П. БІСИК, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

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

Аналіз протитанкових мін Російської Федерації методами кластерного аналізу

Представлені результати кластерного аналізу протитанкових мін Російської Федерації за обраними класифікаційними ознаками та масою вибухової речовини. Отримані групи кластерів протитанкових мін можна використовувати при формуванні вимог до рівня протимінного захисту вітчизняних бойових броньованих машин.

Ключові слова: протитанкові міни, кластерний аналіз, протимінний захист.

Представлены результаты кластерного анализа противотанковых мин Российской Федерации по выбранным классификационным признакам и массой взрывчатого вещества. В результате анализа получены группы кластеров противотанковых мин, которые можно использовать при формировании требований к уровню противоминной защиты отечественных боевых бронированных машин.

Ключевые слова: противотанковые мины, кластерный анализ, противоминная защита.

Від початку збройного конфлікту на сході України зростає кількість підривів бойових броньованих машин (ББМ) на протитанкових мінах (ПТМ). Велика номенклатура існуючих зразків ПТМ обумовлює необхідність їх групування за функціональним призначенням та основними технічними характеристиками для подальшого формування вимог до протимінного захисту ББМ. Таке узагальнення виявляє структуру в сукупності зразків ПТМ. Відомо, що єдине, упорядковане та формалізоване узагальнення інформації надає класифікація [1, 2].

Визначення необхідного (достатнього) рівня протимінної стійкості ББМ є передумовою проведення досліджень протимінної стійкості ББМ, актуальність яких визначена в роботах [3–7].

На сьогоднішній день рівні протимінного захисту ББМ визначено погоджено зі стандартизацією НАТО STANAG 4569 [8], що базується на аналізі ПТМ різних країн світу. Однак в умовах агресії Російської Федерації (РФ) актуальним є питання аналізу ПТМ цієї країни та наступного формування вимог до протимінного захисту вітчизняних ББМ. Зважаючи на те, що РФ постачає незаконним збройним формуванням на території Донецької та Луганської областей озброєння та військову техніку, що вже зняті з озброєння збройних сил РФ, до уваги прийняті й ПТМ, що вже не знаходяться на озброєнні Російської Федерації.

Традиційно класифікація ПТМ здійснюється за окремими ознаками. За даними роботи [9] встановлено, що ББМ уражатимуться з більшою імовірністю мінами фугасної дії в порівнянні з іншими типами ПТМ, а активна система протимінного захисту не виключає імовірності підриву ББМ, оскільки 74% мін обладнані контактним датчиком цілі. Тому основним показником при класифікації ПТМ та подальшому формуванні вимог до рівня протимінного захисту ББМ є маса вибухової речовини (ВР), приведена до тротилового (ТНТ) еквіваленту. Класифікацію ПТМ можна провести з використанням кластерного аналізу, який дозволяє об'єднати зразки ПТМ у групи з максимальною подібністю між собою та максимальними відмінностями між групами.

Метою роботи є класифікація ПТМ Російської Федерації методами кластерного аналізу.

При проведенні кластерного аналізу прийнята класифікація ПТМ за основними ознаками (рис. 1):

спосіб завдання збитку ББМ (протигусеничні, протиднищеві, протибортові, комбінованої дії (ПТМ з кумулятивною воронкою, що має й значну фугасну дію);

уражаючий фактор, яким визначається основна дія: фугасні, кумулятивно-фугасні, кумулятивні, типу «ударне ядро»;

тип датчика цілі, що використовується: контактний, неконтактний;

спосіб встановлення: вручну, дистанційно, комбіновано, засобами механізації.

Для проведення аналізу використано технічні характеристики ПТМ РФ, що наведені в табл. 1 [10, 11].

На першому етапі дані аналізуються методом послідовної кластеризації. У результаті проведеного аналізу отримано дендрограму (рис. 2), що однозначно описує

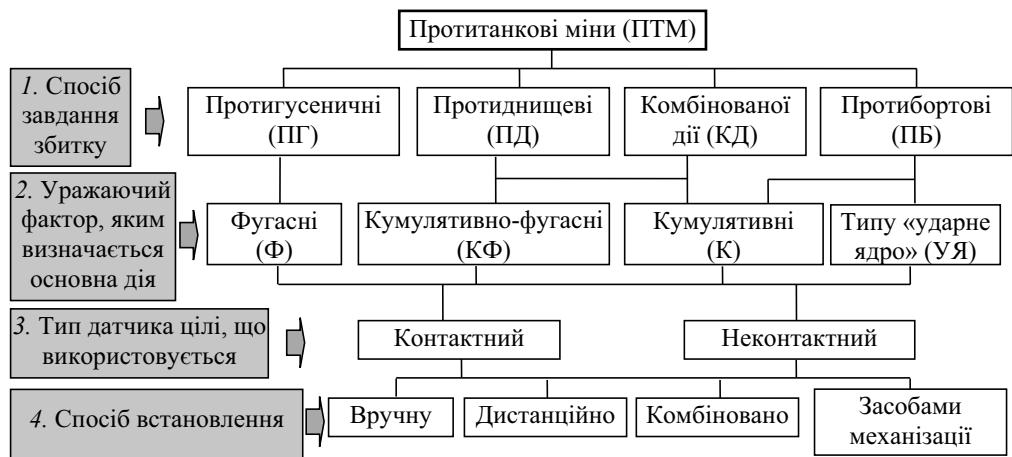



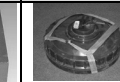













Рис. 1. Класифікація протитанкових мін

Таблиця 1. Тактико-технічні характеристики протитанкових мін РФ [10, 11]

Найменування міни	ТМ-62М	ТМ -62ПЗ	ТМ-62Д	ТМ-62П2	ТМ-62П	ТМ-62Т	ТМ-46	ТМ-57
Загальний вигляд								
Тип	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ
Спосіб впливу на об'єкт	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф
Маса міни, кг	9,5–10	8–8,7	11,3–13	9,4–10	9–11	7,9–8,1	8,5	9–9,5
Маса ВР, кг: тротил суміш МС або ТГА	7,0 7,5	6,5 7,2	6,5 або 10,3 7,6 або 11,1	6,5 7,0	7,6 8,0	7,0 7,9	5,7	6,5 7
Тип підричника	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н
Броньбійність, мм, ураження, що завдається ББМ	3–5 траків, каток, пошкоджує балансир		5–9 траків, каток, балансир	3–5 траків, каток, пошкоджує балансир				
Спосіб встановлення	Комбіновано							
Найменування міни	ТМ-72	ТМ-83	ТМ-89	ТМК-2	ПТМ-1	ПТМ-3	ПТМ-4	
Загальний вигляд								
Тип	ПД	ПБ	Комб.	ПД	ПГ	ПД	ПД	
Спосіб впливу на об'єкт	К	К	КФ	К	Ф	К	КФ	
Маса міни, кг	6,0	20,4	11,5	12	1,6	4,9	3,25	
Маса ВР, кг: тротил суміш МС або ТГА	2,5 (ТГ-40)	9,6	6,7 (ТГ-40)	6	1,1 (ПВВ-12С)	1,8 1,8	1,4 (ТГ-40)	
Тип підричника	Маг.	С, ІЧ	Мех. Н, Маг.	Штир.	ГМех.	Маг.	Маг.	
Броньбійність, мм, ураження, що завдається ББМ	100 1–2 траки	100	200	60	1–2 траки	1–2 траки	100	
Спосіб встановлення	Комбіновано			Вручну	Комбіновано	Дистанційно		

С – сейсмічний; ІЧ – інфрачервоний; ГМех. – гідромеханічний; М – магнітний; Мех. Н – механічний натискний; Маг. – магнітний; Штир. – штировий; Комб. – комбінованої дії.

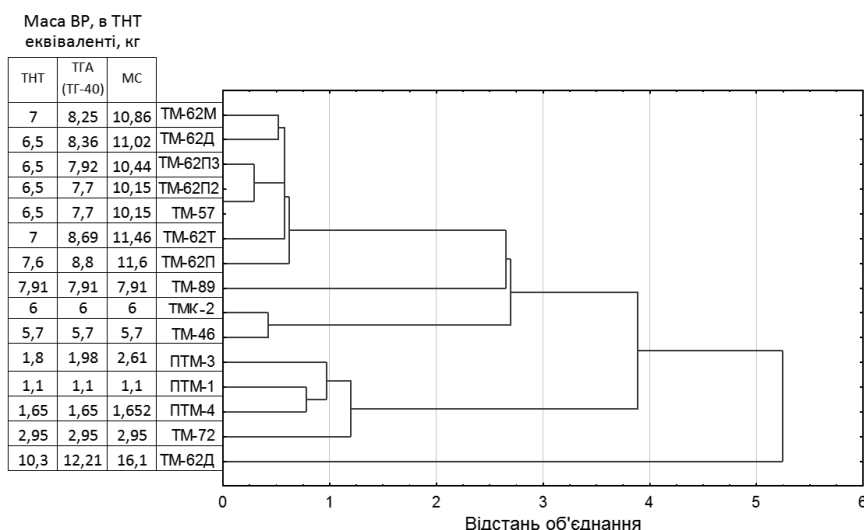


Рис. 2. Дендрограми для даних, наведених в табл. 1, побудовані на основі методу одиничного зв'язку

матрицю відстаней між елементами. Для класифікації ПТМ у задану кількість кластерів використаний метод k середніх, в якому переміщення об'єктів у різні кластери відбувається з метою мінімізації різноманітності всередині кластера та максимізації різниці між кластерами.

Для побудови дендрограми та кластерів за методом k середніх використано програмний продукт Statistica [12, 13].

При максимізації відстаней між кластерами беруться об'єкти для початкового розташування кластерів; вибір проводиться так, щоб максимізувати початкові кластерні відстані. А саме: вибираються перші N спостережень (кількість кластерів), що служать центрами кластерів; наступні спостереження замінюють раніше обрані центри, якщо їх найменша відстань до будь-якого з них більше, ніж найменша відстань між кластерами; якщо це не так, то наступні спостереження замінюють початкові центри, якщо їх найменша відстань від кластерного центра більше відстані цього центра від інших центрів. У результаті цієї процедури максимізуються початкові відстані між кластерами. Зауважимо, що процедура може дати кластери з єдиним зразком, якщо він явно виділяється серед даних.

Якщо $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ – множина n зразків ПТМ, кожна з яких характеризується m ознаками, тоді кожна ПТМ може розглядатись як точка в m -вимірному просторі. Тоді вихідні дані можуть бути подані матрицею [13]

$$X = \begin{pmatrix} x_1^1 & x_1^2 & \dots & x_1^m \\ x_2^1 & x_2^2 & \dots & x_2^m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^1 & x_n^2 & \dots & x_n^m \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де x_j^i – значення i -ї ознаки j -го зразка ПТМ.

Таким чином, i -й рядок цієї матриці повністю характеризує зразок x_i та інтегрується як точка в m -вимірному просторі $I^m(X)$.

Близькості між зразками множини X можуть бути подані у формі матриці [13]

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nn} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де d_{ij} – близькість зразків x_i та x_j .

Як характеристику близькості прийнято евклідову метрику [13]

$$d_{ij} = \left(\sum_{l=1}^m (x_i^l - x_j^l)^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

У всіх випадках маса ВР приводилась до тротилового еквіваленту (ТНТ).

Однією з проблем при кластерному аналізі ПТМ виробництва РФ є те, що ці міни можуть споряджатись різними ВР. Тому в роботі кластерний аналіз ПТМ проведений за умови їх спорядження тротилом (ТНТ) (перший тип спорядження), ТГА (ТГ-40) (другий тип спорядження) та МС (третій тип спорядження) окремо для кожної ВР та для всіх трьох типів спорядження (рис. 3). У всіх випадках маса ВР в ПТМ приведена до тротилового еквіваленту маси (ТГА (ТГ-40) – 1,1; МС – 1,45) [14].

Дендрограма об'єднання ПТМ для кожного типу спорядження наведена на рис. 2. Вона є типовою для кожного окремого з трьох типів спорядження ПТМ (ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС). Однак формально, у зв'язку із можливістю спорядження деяких ПТМ різними ВР, що мають різні ТНТ еквіваленти, ці міни ввійдуть до різних груп, тому їх можна вважати різними мінами. Проаналізовані дані табл. 1 з використанням методу Варда. При цьому аналізі ПТМ, що можуть споряджатись різними ВР, розділено як різні ПТМ (загальна кількість зразків складає 33 од.). У результаті проведеного аналізу отримано дендрограму (рис. 4).

Розподіл маси ВР ПТМ РФ в залежності від прийнятої класифікації за основними ознаками наведений на рис. 5. До комбінованого способу встановлення

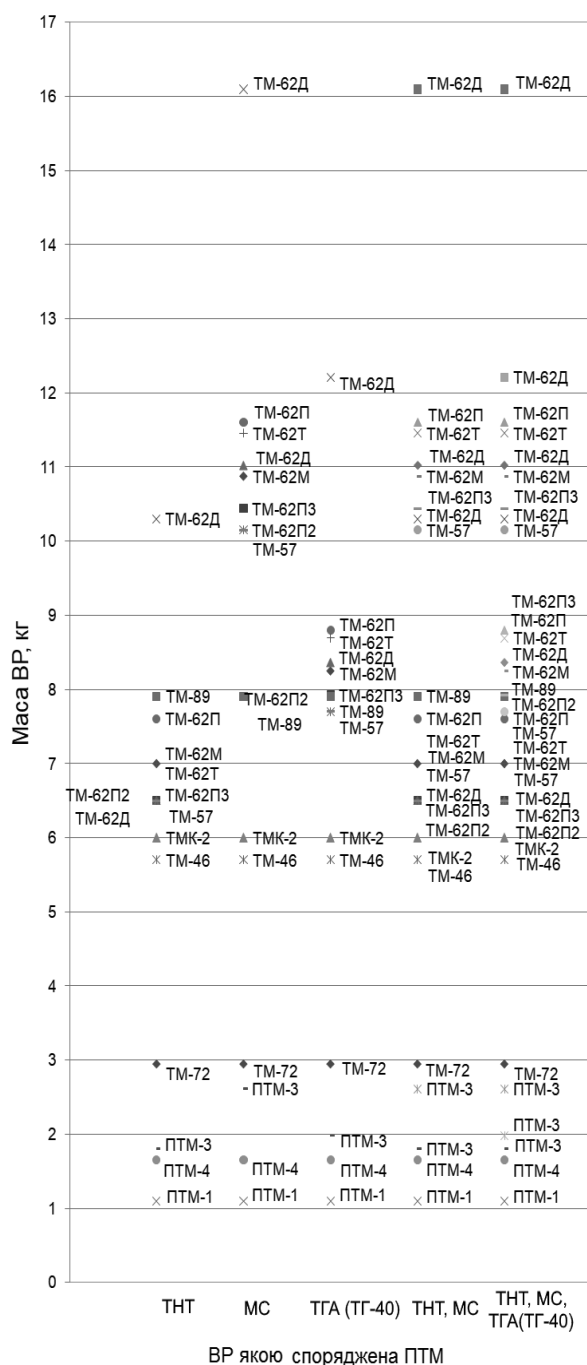


Рис. 3. Розподіл маси ВР ПТМ залежно від ВР якою споряджена ПТМ

віднесені міні, що встановлюються вручну та з використанням засобів механізації. Якщо ПТМ можливо встановлювати вручну і дистанційно, то їх віднесено до групи «дистанційно».

Аналізуючи дані, показані на рис. 2–5, можна встановити, що маси ВР у ПТМ розподіляються нерівномірно по групах. На основі дендрограми (рис. 2), що враховує не тільки масу ВР, а й інші класифікаційні ознаки, такий розподіл також легко виявити на відстані об'єднання більше одиниці. Залежно від відстанні об'єднання ПТМ можна об'єднати в різну кількість груп. Так, для відстані об'єднання 1 кількість груп складає 6.

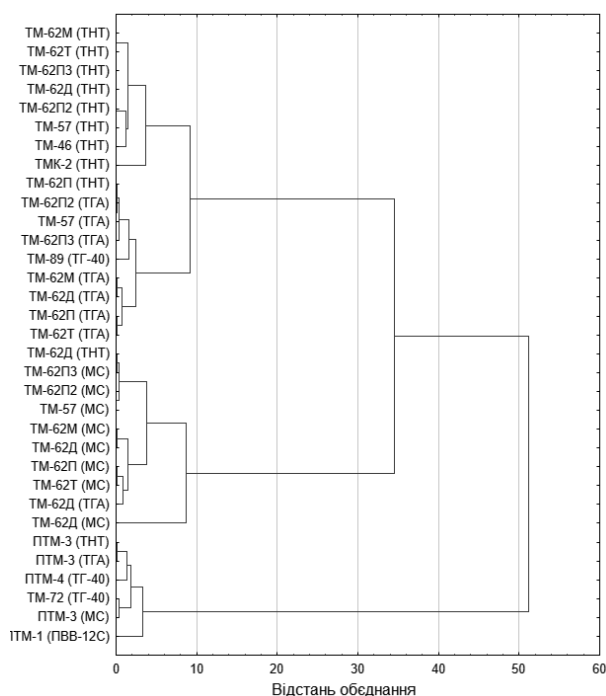


Рис. 4. Дендрограми для даних, наведених у табл. 1, побудовані на основі методу Варда

До першої групи входять ПТМ: ТМ-62М, ТМ-62Д, ТМ-62ПЗ, ТМ-62П2, ТМ-57, ТМ-62Т, ТМ-62П. Другий кластер ПТМ: ТМ-89. Третя група: ТМК-2, ТМ-46. Четверта група: ПТМ-1, ПТМ-3, ПТМ-4. П'ятий кластер: ТМ-72. Шостий кластер: ТМ-62Д. Поступово ПТМ об'єднуються в меншу кількість кластерів.

На думку автора, логічне об'єднання ПТМ в п'ять кластерів. Так, до першої групи можна віднести мінісерії ПТМ, що дистанційно встановлюються, та ПТМ ТМ-72. Міна ТМ-62Д при її спорядженні ВР МС відноситься до окремого кластера. Мінісерії ТМ-62 також утворюють групу, до якої може бути приєднана ПТМ ТМ-89. Міні ТМК-2 та ТМ-46 відносяться до окремої групи через значення маси ВР, якою вони спорядженні. Взагалі, кількість груп, в які об'єднується ПТМ, може бути вибрана більшою або меншою залежно від прийнятих вихідних даних.

Результати проведеного кластерного аналізу з об'єднання ПТМ в шість, п'ять, чотири та три кластери за значеннями центрів мас ВР в кластері при максимізації відстаней між ними показані на рис.6. Отримані значення центрів мас ВР в кластері при максимізації відстаней між ними наведені в табл. 2.

Недоліком розбиття ПТМ на групи за значеннями центрів мас ВР у кластері при максимізації відстаней між ними є те, що для групи вказується не максимальне значення ВР в ній. Що, у свою чергу, не відображатиме тих реальних загроз, які існують для ББМ. Тому проведено розподіл ПТМ на групи за максимальним значенням маси ВР в групі (рис. 7). Об'єднання ПТМ в групи, як і раніше, проведено з використанням дендрограми (рис. 2) за відстанню об'єднання та обраною кількістю кластерів. Отримані значення мас ВР у кластері при їх максимальному отриманні наведені в табл. 3.

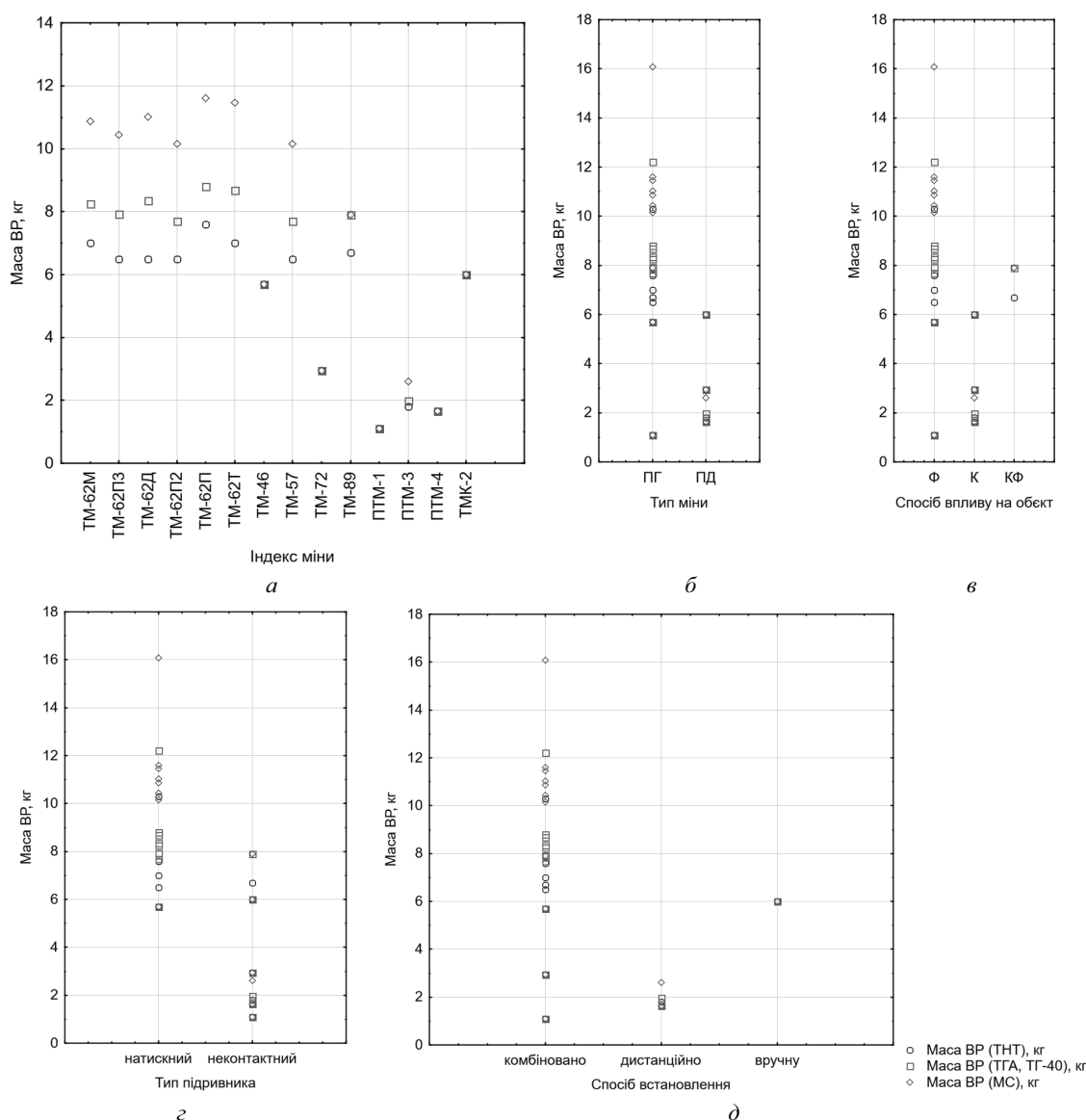


Рис. 5. Загальний розподіл маси ВР в ПТМ РФ (а) та залежно від типу міни (б), способу впливу на об'єкт (в), типу підіривника (г) та способу встановлення (д)

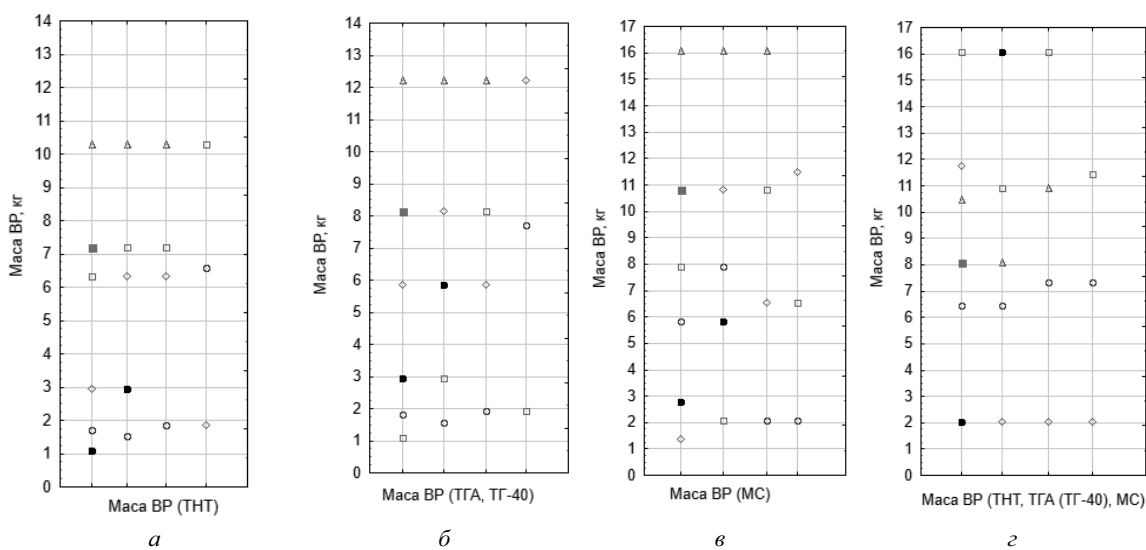


Рис. 6. Розподіл груп кластерів ПТМ у спорядженні різними ВР при максимізації відстаней між кластерами: а – ТГТ; б – ТГА (ТГ-40); в – МС; г – ТГТ, ТГА (ТГ-40), МС

Таблиця 2. Значення центрів мас ВР в кластері при максимізації відстаней між ними

Марка ВР	Номер кластера					
	1	2	3	4	5	6
6 кластерів						
ТНТ	1,1	1,72	2,95	6,34	7,2	10,3
ТГА (ТГ-40)	1,1	1,82	2,95	5,85	8,17	12,21
МС	1,38	2,78	5,85	7,91	10,81	16,10
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,02	6,46	8,10	10,49	11,76	16,10
5 кластерів						
ТНТ	1,52	2,95	6,34	7,2	10,3	
ТГА (ТГ-40)	1,58	2,95	5,85	8,17	12,21	
МС	2,08	5,85	7,91	10,81	16,10	
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,02	6,46	8,10	10,91	16,10	
4 кластери						
ТНТ	1,88	6,34	7,2	10,3		
ТГА (ТГ-40)	1,92	5,85	8,17	12,21		
МС	2,08	6,54	10,81	16,10		
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,02	7,33	10,91	16,1		
3 кластери						
ТНТ	1,88	6,6	10,3			
ТГА (ТГ-40)	1,92	7,70	12,21			
МС	2,08	6,54	11,47			
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,02	7,33	11,43			

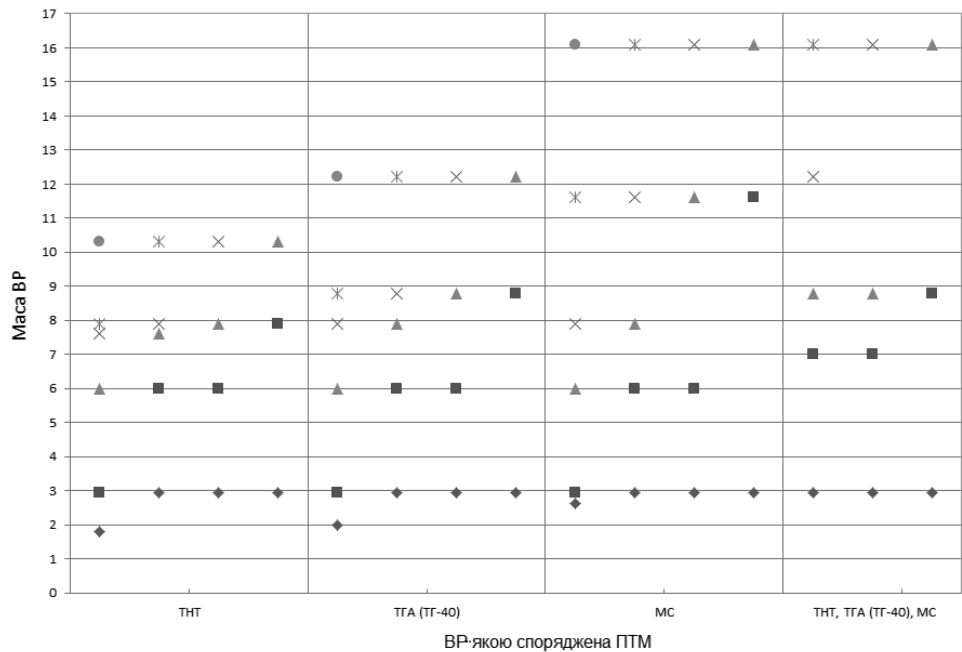


Рис. 7. Розподіл груп кластерів ПТМ у спорядженні різними ВР при їх максимальній масі у кластері

Рівні протимінного захисту ББМ, що визначенні в STANAG 4569, передбачають захист від вибухових пристроїв вагою 6 кг, 8 кг та 10 кг. Сформовані в роботі [9] групи кластерів ПТМ (загальна кількість розглянутих ПТМ – 231 зразок) (рис. 8) передбачають захист від ПТМ вагою 2,5 кг, 6 кг, 8 кг та 11,5 кг. Такі групи кластерів фактично відповідають вимогам STANAG 4569, за винятком найвищого рівня захисту.

Висновки. Отриманні в роботі групи кластерів (рис. 6–7), можуть характеризувати рівні загроз, що виникають для ББМ від підризу на ПТМ в умовах агресії РФ проти України. Так, при максимізації відстаней між кластерами за умови спорядження ПТМ вибуховими речовинами ТНТ, ТГА (ТГ-40) та МС доцільно передбачення захисту ББМ від ПТМ масою 2 кг, 6,5 кг, 8,1 кг, 11 кг та 16 кг. За значенням мас ВР в кластері при

Таблиця 3. Значення мас ВР в кластері при максимальному значенні маси ВР у кластері

Марка ВР	Номер кластера					
	1	2	3	4	5	6
6 кластерів						
ТНТ	1,8	2,95	6	7,6	7,91	10,3
ТГА (ТГ-40)	1,98	2,95	6	7,91	8,8	12,21
МС	2,61	2,95	6	7,9	11,6	16,10
5 кластерів						
ТНТ	2,95	6	7,6	7,91	10,3	
ТГА (ТГ-40)	2,95	6	7,91	8,8	12,21	
МС	2,95	6	7,9	11,6	16,10	
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,95	7	8,8	12,21	16,1	
4 кластери						
ТНТ	2,95	6	7,91	10,3		
ТГА (ТГ-40)	2,95	6	8,8	12,21		
МС	2,95	6	11,6	16,10		
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,95	7	8,8	16,1		
3 кластери						
ТНТ	2,95	7,91	10,3			
ТГА (ТГ-40)	2,95	8,8	12,21			
МС	2,95	11,6	16,10			
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,95	8,8	16,1			

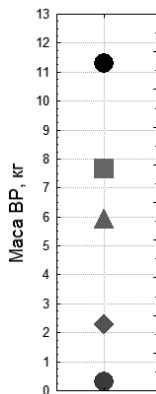


Рис. 8. Розподіл груп кластерів 231 зразка ПТМ за даними роботи [9] (маса ВР приведена до ТНТ еквіваленту)

максимальному значенні маси ВР в кластері доцільно передбачення захисту ББМ від ПТМ масою 3 кг, 6 кг, 8 кг, 11,6 кг та 16,1 кг.

На думку автора, доцільно проводити групування ПТМ за максимальним значенням маси ВР. За умови спорядження ПТМ вибуховою речовиною МС та розподілу ПТМ на п'ять груп отримаємо рівні загроз для ББМ (округливши деякі значення маси ВР до більшого значення):

- 1-а група – 3 кг (міни ПТМ-1, ПТМ-3, ПТМ-4, ТМ-72);
- 2-а група – 6 кг (міни ТМК-2 та ТМ-46);
- 3-я група – 8 кг (міни ТМ-89);
- 4-а група – 12 кг (міни ТМ-62М, ТМ-62Д, ТМ-62ПЗ, ТМ-62П2, ТМ-57, ТМ-62Т, ТМ-62П);
- 5-а група – 16,1 кг (мін ТМ-62Д).

За умови спорядження ПТМ вибуховими речовинами ТНТ, ТГА (ТГ-40) та МС при розподілі ПТМ на п'ять груп за максимальним значенням маси ВР отримаємо рівні загроз для ББМ (округливши деякі значення маси ВР до більшого значення):

- 1-а група – 3 кг (міни ПТМ-1, ПТМ-3, ПТМ-4 ТМ-72 всіх можливих варіантів спорядження ВР);
- 2-а група – 7 кг (міни ТМ-62М (ТНТ), ТМ-62Т (ТНТ), ТМ-62ПЗ (ТНТ), ТМ-62Д (ТНТ), ТМ-62П2 (ТНТ), ТМ-57 (ТНТ), ТМ-46 (ТНТ), ТМК-2 (ТНТ));
- 3-я група – 8,8 кг (міни ТМ-62П (ТНТ), ТМ-62П2 (ТГА), ТМ-57 (ТГА), ТМ-62ПЗ (ТГА), ТМ-89 (ТГ-40), ТМ-62П2 (ТГА), ТМ-62М (ТГА), ТМ-62Д (ТГА), ТМ-62П (ТГА), ТМ-62Т (ТГА));
- 4-а група – 12,2 кг (міни ТМ-62Д (ТНТ), ТМ-62ПЗ (МС), ТМ-62П2 (МС), ТМ-57 (МС), ТМ-62М (МС), ТМ-62Д (МС), ТМ-62П (МС), ТМ-62Т (МС), ТМ-62Д (ТГА));
- 5-а група – 16,1 кг (міна ТМ-62Д (МС)).

Таким чином, зважаючи на масовість мін, що входять до 2-ї, 3-ї та 4-ї груп, актуальним є захист від них. Однак при розробці методики випробувань протимінного захисту ББМ доцільно враховувати спосіб встановлення ПТМ тощо. При подальших дослідженнях доцільно провести оцінку впливу коефіцієнта зменшення маси ВР у залежності від способу встановлення ПТМ та характеристик ґрунту.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Купріненко О. М., Голуб В. А. Обґрунтування тактико-технічних вимог до перспективних зразків озброєння та військової техніки з використанням нечітких множин // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. 2009. № 1. С. 43–46.

2. Купріненко О. М. Обоснование методов моделирования процессов функционирования перспективного вооружения // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. 2011. № 2 (5). С. 31–38.
3. Бісик С. П. Підхід до оцінки протимінної стійкості корпусів бойових броньованих машин з урахуванням зварних з'єднань // Наука і техніка Повітряних Сил ЗС України / ХНУПС ім. Кожедуба. 2017. Вип. 3 (28). С. 121–127.
4. Бісик С. П., Давидовський Л. С., Схабицький В. Р. Критерії травмування організму людини при ударному та вибуховому навантаженнях // Системи озброєння і військова техніка / ХУПС ім. Івана Кожедуба. 2015. № 1 (41). С. 153–159.
5. Давидовський Л. С., Бісик С. П., Корбач В. Г. Дослідження енергопоглинаючого елемента протимінного сидіння бойової броньованої машини // Озброєння та військова техніка / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2017. № 1 (13). С. 24–33.
6. Бісик С. П., Сливінський О. А., Чепков І. Б., Васьківський М. І., Чернозубенко О. В. Проблеми виготовлення зварних бронекорпусів вітчизняних бойових броньованих машин // Озброєння та військова техніка / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2017. № 4 (16). С. 29–38.
7. Бісик С. П., Голуб В. А., Корбач В. Г. Числове вирішення задачі ударно-хвильового навантаження пластини // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. №2(5). С. 3–6.
8. STANAG 4569 edition 1. Protection levels for occupants of logistic and light armored vehicles, NSA/0533-LAND/4569.
9. Бісик С. П., Чепков І. Б., Васьківський М. І., Давидовський Л. С., Корбач В. Г., Висоцький О. М., Захаревич Д. М. Теоретична оцінка протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2» // Озброєння та військова техніка / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2016. № 1 (9). С. 26–31.
10. Противотанковые мины. URL: <http://www.saper.etel.ru/>.
11. Основні типи мін, їх тактико-технічні характеристики та застосування в збройних (локальних) конфліктах. № 2 (8) / Ю. І. Радковець [та ін.]. К. : Головне управління розвідки, 2001. 106 с.
12. STATISTICA. URL: www.statsoft.com.
13. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М. : МедиаСфера, 2002. 312 с.
14. Физика взрыва / под ред. Л. П. Орленко : в 2 т. Т. 1. Изд. 3-е, испр. М. : Физматлит, 2004. 832 с.

Рецензент С. В. Лапицький, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)

УДК 629.7.018:2.001.2

В. М. СЕНАТОРОВ,

кандидат технічних наук, доцент,

О. Д. МЕЛЬНИК, провідний науковий співробітник,

В. А. ЕФІМЕНКО, старший науковий співробітник

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

Коліматорний приціл для скритого виконання бойової задачі

Запропоновано коліматорний приціл для скритого виконання бойової задачі стрілецькою зброєю. Можливість скритого прицілювання і надійність прицілу забезпечуються моноблочною оптичною схемою коліматора і ромбічною системою двох дзеркал на його виході.

Ключові слова: коліматорний приціл, скрите прицілювання, надійність.

Предложен коллиматорный прицел для скрытого выполнения боевой задачи стрелковым оружием. Возможность скрытого прицеливания и надежность прицела обеспечиваются моноблочной оптической схемой коллиматора и ромбической системой двух зеркал на его выходе.

Ключевые слова: коллиматорный прицел, скрытое прицеливание, надежность.

Проведений авторами роботи [1] аналіз тенденцій розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) провідних країн дозволив відзначити дві важливі, на їх погляд, тенденції: підвищення скритості виконання бойової задачі і спрощення експлуатації озброєння з одночасним підвищенням його надійності.

Стосовно стрілецької зброї це означає, що в перспективі вона повинна безвідмовно забезпечувати виконання бойової задачі без прямого візуального контакту з ціллю. А це можливо виконати лише за допомогою оптичних засобів. До таких мають бути віднесені телевізійні [2, 3], волоконно-оптичні [4] і коліматорні приціли [5].

Телевізійні і волоконно-оптичні приціли, що передбачають формування зображення цілі за допомогою вхідної оптики, закріпленої на зброї, і передачу цього зображення в поле зору стрілка за допомогою вихідної оптики, закріпленої на голові (касці) людини або на дисплеї на руці стрілка, не відповідають вимозі простоти експлуатації.

Мета статті – розробка надійного коліматорного прицілу, який був би в змозі скрито вирішувати бойову задачу.

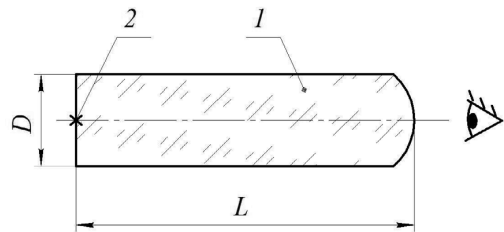


Рис. 1. Оптичний моноблок:
1 – товста лінза, 2 – прицільна мітка

Надійність прицілу. Для того аби коліматорний приціл задовольняв вимоги простоти експлуатації і надійності, він повинен мати відповідну конструкцію. Цій вимозі задовольняють моноблочні оптичні схеми [6]. На рис. 1 зображена принципова оптична схема простішого прицілу такої конструкції.

Його особливістю є те, що функцію колімації зображення прицільної мітки типу «red dot» виконує товста плоско-випукла лінза 1, з плоскою поверхнею якої суміщено малюнок прицільної мітки 2. Підсвічування мітки 2 здійснюється природнім світлом. Товщина l лінзи 1 задовольняє умові

$$l = r / (1 - n^{-1}), \quad (1)$$

де r – радіус кривизни випуклої поверхні лінзи, а n – показник заломлення матеріалу лінзи.

З формули (1) випливає, що для того, щоб моноблок мав мінімальну довжину, необхідно використовувати скло з високим показником заломлення, наприклад, ТФ110, у якого $n = 1,8138$. З врахуванням цього маємо $l = 2,25r$.

Аналіз сучасного стану оптичного прицілобудування, виконаний авторами роботи [7], показав, що діаметр D їхньої вихідної зіниці не перевищує 25 мм, а похибка лінії прицілювання (визначається паралактичною

похибкою об'єктива) $\rho \leq 3$ мрад. Паралактична похибка ρ заломлюючої поверхні визначається залежністю

$$\rho = \arcsin[n \sin(\alpha - \beta)] - \arcsin \alpha, \quad (2)$$

де допоміжні кути α і β визначаються за формулами

$$\alpha = \arcsin(D/2r);$$

$$\beta = \arctg \{D/2r [1,25r + (r^2 + 0,25D^2)^{1/2}]\}.$$

Розв'язуючи рівняння (2), з врахуванням відомих параметрів: $D = 25$ мм, $n = 1,8138$ і $\rho = 0,003$, – знаходимо $r = 45$ мм. Підставляючи це значення в (1), знаходимо $l = 101$ мм.

Якщо умови компоновки прицілу на зброї не дозволяють розмістити його з такими габаритами, то необхідно використовувати асферичну заломлюючу поверхню замість сферичної, наприклад, параболічну, рівняння якої має вигляд

$$y^2 = 4fx,$$

де f – фокусна відстань параболи.

Стосовно коліматорного прицілу $f = l$, тобто

$$y^2 = 4lx.$$

Основна перевага асферики – відсутність сферичної аберації при заломленні променів, що дозволяє теоретично будувати оптичну схему прицілу «red dot» без обмежень по довжині. Наприклад, якщо обмежити $l = 50$ мм, то координата x при $y = D/2 = 12,5$ мм становить 0,78 мм. При цьому відхилення асферики від найближчої сферичної поверхні, яка описується рівнянням $y^2 + x^2 = 2500$, сягає 800 мкм. Тому єдиним обмеженням можуть бути технологічні можливості підприємства-виробника асферичної оптики.

Одним з найважливіших показників будь-якої стрілецької зброї є швидкість виконання прицільного пострілу. Одним з факторів, якій впливає на цей показник, є час, який стрілець витрачає на пошук прицільної

мітки в межах миттєвого поля зору прицілу 2γ , яке визначається формулою

$$2\gamma \approx \arctg(D/s),$$

де s – відстань ока стрілка від прицілу.

Щоб стрілець швидше знаходив прицільну мітку, доцільно ввести в його поле зору допоміжну інформаційну мітку у вигляді кільця з кутовим розміром 2γ , яке охоплює прицільну мітку [8]. Наприклад, при $D = 25$ мм і $s = 200$ мм $2\gamma = 7^\circ$. Якщо при прицілюванні око стрільця знаходиться поблизу оптичної осі прицілу, він бачить повністю кільце, в центрі якого прицільна мітка. Якщо ж око стрільця знаходиться на відстані більш ніж 12,5 мм від оптичної осі, то стрілець губить зображення прицільної мітки «red dot», але бачить частину кільця. Це зображення допомагає визначити напрямок, в якому слід швидко перемістити око, щоб побачити прицільну мітку.

У процесі прицілювання стрілець одним оком бачить колімоване зображення прицільної мітки, а іншим – спостерігає ціль. Суміщення зображень відбувається у мозку людини (бінокулярний ефект).

Випробування такого прицілу САЛ-1 в складі пістолета-кулемета «Гном» [9] розробки КБ Спеціальної техніки підтвердили його високу надійність (рис. 2, 3).

У прицілі відсутнє запотівання всередині при різкому перепаді температури і розюстування при високих динамічних навантаженнях, прицілу притаманна висока швидкість виконання першого прицільного пострілу.

Скритність виконання бойової задачі. Для того аби коліматорний приціл задовольняв умовам скритості виконання бойової задачі, він повинен містити оптичну схему, в якій лінія візування ламається під кутом 90° відносно осі зброї, і стрілець має змогу спостерігати відбите зображення цілі. Цим вимогам задовольняє ромбічна система двох паралельних дзеркал 3 і 4, встановлених на виході моноблока 1 (рис. 4).



Рис. 2. Розміщення моноблочного прицілу на пістолеті-кулеметі «Гном» (на місці прицільної планки)



Рис. 3. Польові випробування прицілу

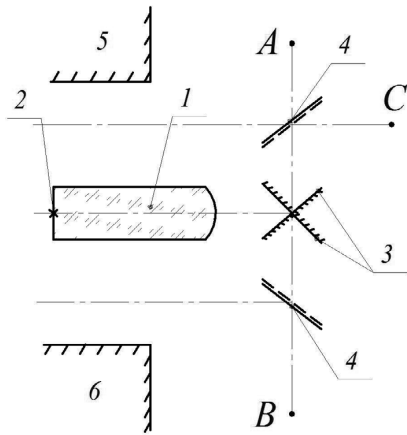


Рис. 4. Моноблочний коліматорний приціл для скритого виконання бойової задачі:
1 – моноблок, 2 – прицільна мітка, 3 – дзеркало, 4 – напівпрозоре дзеркало, 5 і 6 – укриття для стрілка

Із теорії оптичних систем [10] відомо, що матриця дії системи таких дзеркал має вигляд

$$M'' = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 1.$$

Це свідчить про те, що на систему не впливають ніякі плоскі зміщення і повороти, якщо нема похибок юстування, і система не змінює напрямку відбитих променів. Ця властивість ромбічної системи дзеркал може бути використана при створенні прицілу для скритого прицілювання.

Конструктивно дзеркало 4 виконано напівпрозорим, завдяки чому відбувається процес суміщення зображення прицільної мітки і простору цілей.

При стеженні одним оком (точка A) стрілець, який знаходиться за укриттям 5 праворуч, одночасно бачить прицільну мітку і ціль, зображення якої відбито дзеркалом 4. Для того щоб стрілець зміг скрито виконати бойову задачу з точки B, коли укриття знаходиться ліворуч, система дзеркал повинна мати можливість повороту на 180° навколо оптичної осі моноблока 1 (рис. 4, де укриття позначено цифрою 6, а нове положення дзеркал – пунктиром).

Оптична схема прицілу, яка розглянута, має здатність до розширення функцій, що виконуються. По-перше, при спостереженні з точки C (рис. 4) приціл дозволяє вести монокулярне (класичне) прицілювання: ціль спостерігається крізь напівпрозоре дзеркало 4, а прицільна мітка – після відбиття дзеркалами 3 і 4. Для оперативної установки системи дзеркал в положення для прицілювання з точок A, B і C, вона повинна мати три фіксованих положення, які забезпечуються, наприклад, байонетним з'єднанням корпусів системи дзеркал і моноблока.

По-друге, для забезпечення стрільби в умовах високої освітленості фону до складу прицілу може бути введений підсвітлювач прицільної мітки, наприклад,

світлодіод АСС 110 (спектральний діапазон – 620...625 нм; сила світла – 800...1000 мкд).

Розглянута оптична схема, де прицільна мітка жорстко прив'язана до оптичної осі, потребує особливих підходів до конструювання прицілу і його розміщення на зброї. При виготовленні моноблока в оптичному цеху необхідно забезпечити прив'язку прицільної мітки до його базових поверхонь: до бокової циліндричної поверхні при круглій апертурі моноблока або до двох бокових площин при квадратній апертурі. Для спрощення цієї процедури доцільно нанести прицільну мітку на окрему оптичну деталь і забезпечити її прив'язку до моноблока в процесі приклеювання із застосуванням контрольно-юстувального (КЮ) пристрою. Така прив'язка дозволить зменшити діапазон регулювань при установці моноблока в корпус прицілу.

При установці моноблока в корпус у збиральному цеху необхідно забезпечити прив'язку лінії візування до двох базових площин корпусу прицілу. Така прив'язка повинна проводитись з використанням спеціального КЮ пристрою.

Для розміщення прицілу на зброї в ній мають бути передбачені дві базові площини, прив'язані до осі ствола зброї, на яку встановлюється приціл [9] (див. рис. 2).

Для перевірки паралельності осі ствола і лінії візування в місцях експлуатації необхідно розробити контрольний пристрій – мініатюрний коліматор, лінія візування якого паралельна осі штиря, діаметр якого відповідає калібру зброї.

Висновок. Таким чином, приціл повною мірою відповідає сучасним тенденціям розвитку ОБТ стосовно надійності і скритності виконання бойової задачі із застосуванням стрілецької зброї.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Нор П. І., Єфіменко В. А., Василенко О. В. Взаємозв'язок світових тенденцій розвитку ОБТ і форм та способів ведення збройної боротьби // Стратегічна панорама. 2009. № 4. С. 119–127.
2. Сенаторов В. Н., Борисюк А. А., Четырин С. П. Решение задачи скрытого прицеливания стрелкового оружия с помощью телевизионного прицела // Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2007. № 1(22). С. 9–12.
3. Универсальный телевизионный прицел «Матлаша». URL: <https://zbroya.info/ru/11051> (дата звернення 01.02.2018).
4. Ильин А. Прицелы Александра Голодяева // Военный парад. 2000. № 1. С. 56–57.
5. Сенаторов Н. В., Микитенко В. И. Классификация и методика сопоставительного анализа оптических схем колиматорных прицелов // Артиллерийское и стрелковое вооружение : научно-технич. сб. Вып. 7. К. : НТЦ АСВ, 2003. С. 8–11.

6. Сенаторов Н. В., Кучеренко О. К. Однолинзовый коллиматорный прицел // Оптический журнал. 1997. Т. 64, №11. С. 58–59.
7. Сенаторов Н. В., Микитенко В. И. Сопоставительный анализ оптических схем коллиматорных прицелов // Артиллерийское и стрелковое вооружение : научно-технич. сб. Вып. 7. К. : НТЦ АСВ, 2003. С. 11–19.
8. Пат. 37105А (Україна), Спосіб підвищення точності прицілювання стрілецької зброї / Сенаторов В. М., Сенаторов М. В. Бюл. № 3, 2001.
9. Сенаторов М. В. Підвищення ефективності оптичних прицілів для стрілецької зброї : автореф. дис. ... канд техн наук. К., 2005. 20 с.
10. Справочник конструктора оптико-механических приборов / под ред. М. Я. Кругера и В. А. Панова. Л. : Машиностроение, 1967. 760 с.

Рецензент А. В. Гурнович, д-р техн. наук, старший наук. співробітник
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)

УДК 355.1

О. В. МАЙСТРЕНКО,*кандидат військових наук, професор кафедри
(Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів),***Л. С. ДАВИДОВСЬКИЙ,***кандидат технічних наук**(Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки Збройних Сил
України, м. Київ),***В. В. ПРОКОПЕНКО,** *кандидат технічних наук,
старший викладач,***Р. В. БУБЕНЩИКОВ,** *викладач,***С. І. СТЕГУРА,** *старший викладач**(Національна академія сухопутних військ імені
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)*

Методика збалансування сил і засобів підсистем вогневого ураження противника

Проведено обґрунтування методики збалансування сил і засобів підсистем вогневого ураження противника для максимально можливої реалізації їх спроможностей, що ґрунтується на побудові функціонально-організаційної схеми системи вогневого ураження противника з урахуванням чинників, які впливають на спроможності окремого функціонального елемента в процесі вогневого ураження противника.

Ключові слова: ракетні війська і артилерія, вогневе ураження, збалансування сил і засобів, окремий функціональний елемент.

Проведено обоснование методики сбалансирования сил и средств подсистем огневого поражения противника для максимальной реализации их возможностей, которая основывается на построении функционально-организационной схемы системы огневого поражения противника с учетом факторов, которые влияют на возможности отдельного функционального элемента в процессе огневого поражения противника.

Ключевые слова: ракетные войска и артиллерия, огневое поражение, сбалансирование сил и средств, отдельный функциональный элемент.

Воєнні конфлікти останнього часу, у тому числі й антитерористична операція на сході України (АТО) виявили низку тенденцій, що суттєво впливають на результат бойового застосування військових формувань (ВФ), зокрема ракетних військ і артилерії (РВіА) [1–2]. До таких тенденцій відносяться: суттєве зменшення часу циклу виявлення – ураження, збільшення частки позапланових завдань щодо вогневого ураження противника (ВУП), швидкоплинність бойових зіткнень, збільшення долі так званих неklasичних способів застосування ВФ, як то партизанські, рейдові, диверсійно-розвідувальні дії [1–4]. Означені тенденції обумовлюють необхідність перегляду методичних підходів до організації бойового застосування ВФ в цілому та ВУП зокрема.

Звичайно, існує багато прикладів нестандартних підходів до застосування ВФ та організації ВУП, що певним чином враховували означені тенденції і призвели до неочікувано високих результатів [1–4]. Поряд з цим є приклади, коли застосування класичних підходів не дозволило повною мірою виконати поставлені завдання [1–4], не говорячи про те, що в деяких випадках незнання або небажання певних посадових осіб застосовувати класичні підходи до організації бойового застосування призвели до негативних результатів [1–4].

Зважаючи на існуючі аналітичні матеріали, можливо стверджувати, що хоча б приблизний збіг очікуваного результату ВУП з реальним було, за найоптимістичнішим результатом аналізу, у 50% випадків. Це є неприпустимим в умовах подальшого розвитку означених вище тенденцій. До того ж доволі часто спроможності засобів вогневого впливу залишалися нереалізованими внаслідок відсутності достатньої кількості цілей [1–4]. Також відомі випадки, коли спроможностей засобів вогневого впливу виявилось недостатньо внаслідок відносно великої кількості розвіданих цілей [1–4]. Одною з причин означеної ситуації стала невідповідність спроможностей засобів розвідки та управління спроможностям засобів вогневого впливу. Основною проблемою щодо організації бойового застосування ВФ особливо під час ВУП, на думку авторів, є відсутність таких методичних підходів, що дозволили б збалансувати спроможності всіх складових ВФ, що беруть участь у ВУП.

Аналіз існуючих досліджень та публікацій [5–8] з питань організації ВУП свідчить, що невідповідність між спроможностями окремих підсистем ВУП (розвідки, управління, вогневого впливу) було виявлено та певним чином досліджено. У деяких дослідженнях та публікаціях [6–7] було порушене питання необхідності збалансування сил і засобів підсистем ВУП за їх спроможностями. Однак в кращому випадку питання залишилось розглянутим на теоретичному рівні або були надані рекомендації на підставі практичного досвіду дослідника для визначених умов [5–8]. Причому методичний апарат для визначення необхідного співвідношення спроможностей підсистем ВУП для будь-яких умов на жаль відпрацьований недостатньо, про це свідчить відсутність у практиці військ чіткого алгоритму збалансування сил і засобів підсистем ВУП для їх максимально можливої реалізації спроможностей.

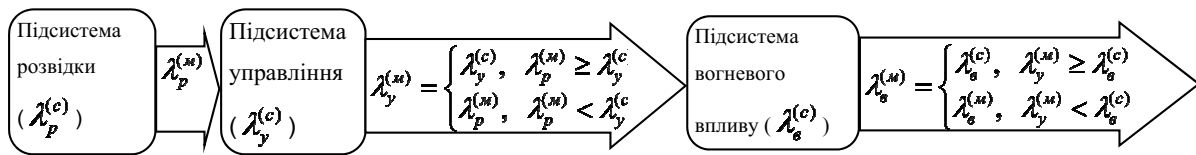


Рис. 1. Принципова схема функціонування системи ВУП

Основним завданням у теоретичному плані, на думку авторів, є перегляд та удосконалення концептуальних підходів до організації ВУП, зокрема принципів бойового застосування РВіА. Так, поряд з існуючими принципами пропонується використовувати принцип збалансованості спроможностей підсистем ВУП [9]. Сутність його полягає у формуванні організаційних ланцюгів підсистем ВУП з приблизно рівними спроможностями для підвищення ступеня реалізації спроможностей системи в цілому та для залучення доцільної кількості сил і засобів до виконання завдань.

Метою та завданням статті є обґрунтування рекомендацій щодо збалансування сил і засобів підсистем ВУП для максимально можливої реалізації їх спроможностей.

Для адекватного збалансування спроможностей підсистем ВУП необхідно визначити такі показники означених спроможностей, що будуть сувимірними для усіх підсистем ВУП. Для цього пропонується використати нову сукупність показників [10], що характеризує певну динамічну роботу з об'єктом для ураження, зокрема інтенсивність виявлення об'єктів противника λ_p , інтенсивність прийняття рішення на ураження об'єктів противника λ_y , інтенсивність ураження об'єктів противника λ_g .

У цілому ж функціонування системи ВУП можливо представити у вигляді принципової схеми (рис. 1). Причому на схемі спроможності $\lambda^{(e)}$ та можливості $\lambda^{(m)}$ позначені через відповідні індекси.

На принциповій схемі (рис. 1) відображено функціонування системи ВУП з урахуванням закону найменших (принцип слабкої ланки) [9, 11]. Сутність означеного

закону в даному випадку полягає в реалізації спроможностей усіх підсистем на рівні найменших спроможностей однієї з підсистем. Наприклад, якщо підсистема управління може приймати рішення на ураження об'єктів з деякою інтенсивністю, то незважаючи на спроможності підсистем розвідки та вогневого впливу інтенсивність ураження об'єктів не буде вищою за інтенсивність прийняття рішень на їх ураження. Означене стосується і інших підсистем.

Таким чином, загалом для збалансування сил і засобів підсистем ВУП необхідно визначити спроможності кожної з підсистем щодо «обробки» об'єктів для ураження. Надалі, визначивши підсистему з найменшими спроможностями, треба визначити, скільки спроможностей знаходиться в «надлишку» в інших підсистемах. Після чого або вивести частину сил і засобів тих підсистем, спроможності яких виявились у надлишку, у резерв або поповнити силами і засобами (за наявності) ту підсистему, де виявилось недостатньо спроможностей.

Важливим моментом, який необхідно врахувати, є функціонально-організаційне об'єднання. До найбільш розповсюджених видів функціонально-організаційного об'єднання відносяться централізоване (платформоцентричне) та мережоцентричне [12–14]. Результати дослідження означених об'єднань свідчать, що при централізованому об'єднанні можливості щодо виконання завдань з ураження об'єктів противника $\lambda_{g(y)}^{(m)}$ будуть складатися з можливостей окремих ланцюгів, що, у свою чергу, будуть визначатися тою підсистемою в ланцюзі, яка матиме найменші спроможності. У той же час, при мережоцентричному об'єднанні можливості

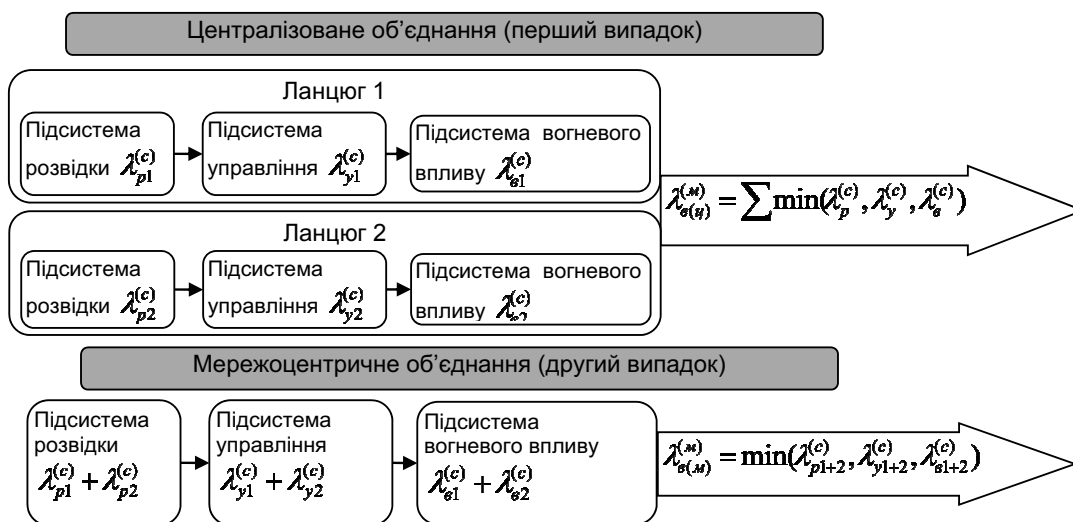


Рис. 2. Принципова схема функціонування системи ВУП

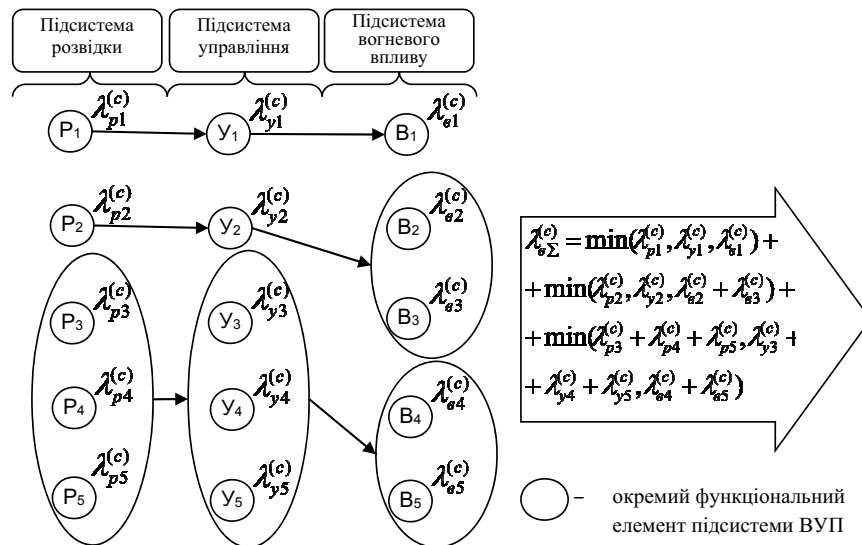


Рис. 3. Функціонально-організаційна схема системи ВУП

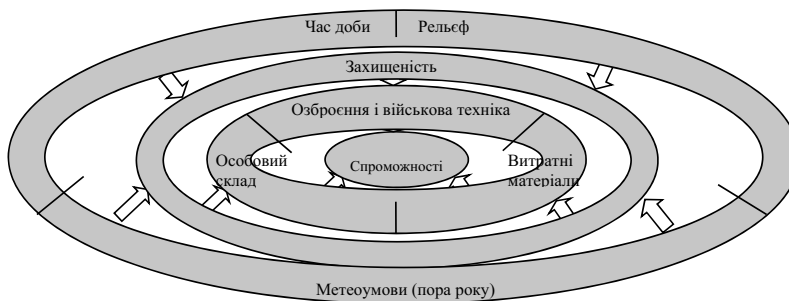


Рис. 4. Діаграма впливу груп чинників на спроможності окремого функціонального елементу у процесі ВУП

щодо виконання завдань з ураження об'єктів противника $\lambda_{\sigma(M)}^{(M)}$ будуть визначатися тою підсистемою, яка матиме мінімальні спроможності (рис. 2).

Як було встановлено в попередніх дослідженнях [14], мережоцентричне об'єднання є більш доцільним, так як в цьому випадку реалізується більше, порівняно з централізованим, спроможностей. Результати аналізу функціонально-організаційних об'єднань свідчить, що мережоцентричне об'єднання дозволяє реалізувати не менш ніж на 15% більше спроможностей системи ВУП в цілому [14].

Під час збалансування спроможностей підсистем необхідно звернути увагу на два важливі моменти. По-перше, на практиці, як правило, однорідного об'єднання не буває, воно є змішаним, тобто частина сил і засобів об'єднана централізовано, а частина мережоцентрично. По-друге, необхідно врахувати взаємозв'язок продуктивності підсистеми, що виражена через інтенсивність «обробки» об'єкта для ураження, та стійкості підсистеми, що пропонується виражати через інтенсивність відмов від «обробки» об'єкта для ураження μ [10]. Причому інтенсивність відмов пропонується визначати за можливостями противника виконувати завдання щодо ураження об'єктів наших військ.

Для визначення порядку об'єднань сил і засобів підсистем ВУП пропонується будувати функціонально-організаційну схему. Приклад функціонально-організаційної

схеми системи ВУП зображено на рис. 3. Причому під окремим функціональним елементом підсистеми ВУП пропонується розуміти такий об'єкт (групу об'єктів), який здатний самостійно виконувати типові для підсистеми ВУП завдання. Під час аналізу функціонально-організаційної схеми необхідно звернути увагу на те, що розгляд ведеться лише спроможностей підсистем ВУП, тобто без урахування чинників, окрім функціонально-організаційного об'єднання. Для урахування чинників пропонується використати підхід, викладений в попередніх дослідженнях [11]. Сутність підходу полягає у використанні певної сукупності нормованих коефіцієнтів, що відповідають величині впливу того чи іншого чинника, структурно поєднаного в певну сукупність (рис. 4).

Відповідні нормовані коефіцієнти, зокрема K_y – коефіцієнт умов (метеоумови, час доби, рельєф), K_z – захищеності та K_a – коефіцієнт якості своїх військ (особовий склад, озброєння та військова техніка, витратні матеріали) пропонується враховувати відносно кожного окремого функціонального елемента підсистеми ВУП. У цьому випадку функціонально-організаційна схема системи ВУП показана на рис. 5.

Аналіз функціонально-організаційної схеми системи ВУП з урахуванням чинників, що впливають на спроможності окремого функціонального елемента в процесі ВУП (рис. 5) свідчить, що така побудова може дозволити визначити в цілому можливості системи

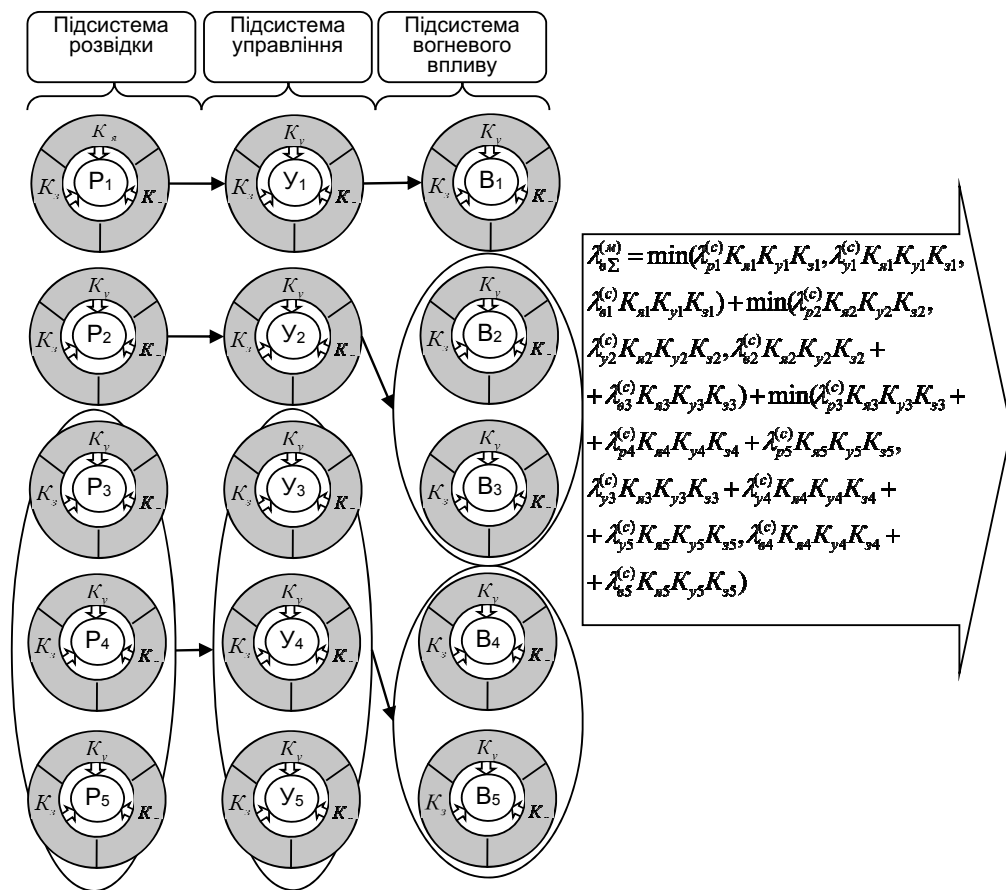


Рис. 5. Функціонально-організаційна схема системи ВУП з урахуванням чинників, що впливають на спроможності окремого функціонального елемента в процесі ВУП

ВУП та, за необхідності, перерозподілити окремі функціональні елементи по їх функціональних зв'язках. До того ж аналіз означеної схеми дозволить визначити можливий (необхідний) резерв сил і засобів підсистем через виведення в резерв певної кількості сил і засобів, що виявились у надлишку.

Загалом же загальний порядок збалансування сил і засобів підсистем ВУП для максимально можливої реалізації їх спроможностей можливо подати у вигляді блок-схеми (рис. 6), в якій пропонується відобразити послідовність операцій з визначення можливостей окремих функціональних елементів, підсистем ВУП у цілому та відповідного доцільного розподілу в залежності від їх рівня можливостей.

Таким чином, в статті обґрунтовані рекомендації щодо збалансування сил і засобів підсистем ВУП для максимально можливої реалізації їх спроможностей. Означене збалансування ґрунтується на побудові функціонально-організаційної схеми системи ВУП з урахуванням чинників, що впливають на спроможності окремого функціонального елемента в процесі ВУП.

Застосування означеної рекомендації дозволить підвищити ступінь реалізації спроможностей як окремих підсистем, так і системи ВУП в цілому завдяки перерозподілу функціональних зв'язків між окремими функціональними елементами. Також впровадження означеної рекомендації може дозволити визначати потрібний (необхідний) рівень резерву сил і засобів підсистем ВУП.

Подальші дослідження пропонується присвятити обґрунтуванню рекомендацій щодо порядку визначення функціонально-організаційного об'єднання для максимально можливої реалізації можливостей окремих функціональних елементів.

Висновки. Таким чином, в статті обґрунтовані рекомендації щодо збалансування сил і засобів підсистем ВУП для максимально можливої реалізації їх спроможностей. Означене збалансування ґрунтується на побудові функціонально-організаційної схеми системи ВУП з урахуванням чинників, що впливають на спроможності окремого функціонального елемента в процесі ВУП.

Застосування означеної рекомендації дозволить підвищити ступінь реалізації спроможностей як окремих підсистем, так і системи ВУП в цілому завдяки перерозподілу функціональних зв'язків між окремими функціональними елементами. Також впровадження означеної рекомендації може дозволити визначати потрібний (необхідний) рівень резерву сил і засобів підсистем ВУП.

Подальші дослідження пропонується присвятити обґрунтуванню рекомендацій щодо порядку визначення функціонально-організаційного об'єднання для максимально можливої реалізації можливостей окремих функціональних елементів.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Узагальнені матеріали аналізу підготовки та ведення операцій (бойових дій) військами (силами) ЗС України у ході антитерористичної операції. К. : ВНУ ГШ ЗС України, 2015. 287 с.
2. Перспективи бойового застосування ракетних військ і артилерії ЗС України : матеріали доповідей науково-практичного семінару кафедри РВіА. Львів : АСВ, 2015. С. 112.
3. Анализ первого этапа антитеррористической операции URL: <http://badrak.kiev.ua/ciagr/479/24.04.14>.
4. Російсько-український військовий конфлікт 2014 року URL: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Російсько-український військовий конфлікт 2014 року](http://uk.wikipedia.org/wiki/Російсько-український_військовий_конфлікт_2014_року).
5. Зайцев А. С., Рамицын В. Г., Шаутин А. Л. Оценка разведывательных сведений в интересах ракетных войск и артиллерии // Военная мысль. 1996. № 4. С. 51–56.
6. Ахметов М. Г., Ходаков А. А. Некоторые вопросы планирования огневого поражения в армейских операциях // Военная мысль. 1993. № 4. С. 34–41.
7. Фесенко Ю. Н. Об особенностях огневого поражения группировок войск // Военная мысль. 2000. № 5. С. 57–65.
8. Бобриков А. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии. СПб. : Галея Принт, 2006. 424 с.
9. Майстренко О. В., Репіло Ю. Є., Адаменко М. В. Еволюція змісту принципів застосування військових формувань ракетних військ і артилерії під час вогневого ураження противника // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2016. №1. С. 44–48.
10. Майстренко О. В. Сукупність властивостей військового формування та їх показників в процесі вогневого ураження противника // Труды університету. 2016. № 1. С. 64–69.
11. Майстренко О. В. Обґрунтування загального підходу до визначення сукупності чинників, які впливають на процес вогневого ураження противника, та величин їх показників // Збірник наук. праць НАДПС України. 2016. № 6. С. 112–117.
12. Богданов А. А. Всеобщая организационная наука. Тектология. Кн. 1. М. : Экономика, 1989. 394 с.
13. Майстренко О. В., Соколовський С. М., Артамощенко В. С. Удосконалення методики оцінювання ефективності ураження системи бойового управління противника // Труды університету. 2012. № 6 (112). С. 43–46.
14. Майстренко О. В. Використання підходів теорії масового обслуговування для удосконалення моделі прийняття рішення на виконання завдань з вогневого ураження противника // Збірник наук. праць ЦВСД НУОУ ім. Івана Черняховського. 2016. № 1. С. 35–41.

Рецензент А. В. Гурнович, д-р техн. наук, старший наук. співробітник
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)

УДК 623.445

В. А. ГОЛУБ,*доктор технічних наук, професор,***С. В. ЖУРАВСЬКИЙ,** *старший науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Методика визначення залежності максимального рівня ефективності бронезилета від його площі

Проведено аналіз уражень військовослужбовців, які безпосередньо брали участь в бойових діях на території Луганської та Донецької областей, за результатами якого отримані ймовірності ураження їхніх частин тіла. Побудована теоретична залежність максимального рівня захисту бронезилета від його площі. Проведене порівняння ймовірності захисту бронезилетів різних виробників.

Ключові слова: бронезилет, площа захисту, ймовірність ураження, площа тіла людини, екіпірування, ефективність, статистика, поранення, передпліччя, елемент захисту, інтенсивність ураження.

Проведен анализ ранений военнослужащих, непосредственно принимавших участие в боевых действиях на территориях Луганской и Донецкой областей, по результатам которого получены вероятности ранений их частей тела. Построена теоретическая зависимость максимального уровня защиты бронезилета от его площади. Выполнено сравнение вероятности защиты бронезилетов разных типов.

Ключевые слова: бронезилет, площадь защиты, вероятность поражения, площадь тела человека, экипировка, эффективность, статистика, ранения, предплечья, элемент защиты, интенсивность поражения.

Ведення сучасних бойових дій та досвід проведення антитерористичної операції на територіях Донецької та Луганської областей свідчить, що використання засобів індивідуального бронезахисту (ЗІБ) є важливим елементом захисту життя та здоров'я військовослужбовців Збройних Сил України [1].

Бронезилет як елемент захисного одягу призначений для захисту від уражень вогнепальною та холодною зброєю, осколковими частинами вибухових пристроїв і є пасивним засобом захисту [2]. Неможливо створити бронезилет для абсолютного захисту людини від усіх видів зброї, легкий, скритий при носінні і який одночасно забезпечував би ефективне виконання функціональних обов'язків, поставлених завдань у різних умовах та кліматах проведення бойових дій [3]. Виробники та споживачі завжди вибирають такі індивідуальні засоби захисту, що захищають життєво важливі органи (ЖВО) людини та забезпечують захист від зброї, яка застосовується. Але бронезилет не здатний гарантувати стовідсоткового захисту. Проте, як засвідчує досвід антитерористичної операції на сході України, ураження на полі бою завдаються не тільки кулями [4]. Під час бою серйозних поранень можуть завдати осколки, різноманітні уламки та каміння. Бронезилет, навіть низького класу захисту, успішно захищає від вражаючих елементів.

Однією з важливих захисних характеристик бронезилетів (БРЖ) є площа захисту балістичного пакета та додаткових елементів захисту [5]. Площі захисту відрізняються одна від одної в залежності від розміру самого бронезилета та його додаткових елементів захисту [6]. Збільшення площі захисту бронезилета підвищить рівень захисту ЖВО людини [7].

Основними вимогами [8], яким має відповідати сучасний армійський бронезилет, є:

захист основних ЖВО та частин тіла військовослужбовця, який забезпечує захист від елементів ураження певного калібру;

надійність конструкції: його бронеелементи мають бути легкими й одночасно міцними, не допускається їхнє руйнування на уламки при влученні кулі (елементів ураження);

забезпечення достатньої вентиляції людського тіла; ергономічність: має надійно сидіти на тілі, не обмежувати рухи вояка під час пересування та ведення інтенсивних бойових дій, швидко надягатися/зніматися.

Організм людини являє собою досконалий механізм, усі частини якого ідеально взаємодіють одна з одною. Тому слід вважати всі органи людини ЖВО [9]. Але без деяких органів наш організм цілком може обійтися [10]. Подібна нестача, безсумнівно, позначиться на загальному стані, але, тим не менш, функціонування тіла буде продовжуватися. До ЖВО прийнято відносити серце, легені, мозок, а також печінку і нирки [11]. Якщо всі вони перестають працювати, це можна розглядати як настання загибелі організму [12]. Тим не менш, діяльність серця тут знаходиться на першому плані, зупинка нормального функціонування цього органа може відбутися в тому випадку, якщо відбуваються порушення в роботі якихось інших органів і систем [13]. Тому,

Таблиця 1. Співвідношення віку людини та площі поверхні її тіла

Показник	Вік людини, років											
	16		18		18–20		22		24		24–60	
	чоловік	жінка	чоловік	жінка	чоловік	жінка	чоловік	жінка	чоловік	жінка	чоловік	жінка
Довжина тіла (зріст), см	169,8	160,2	172,3	161,8	173,6	162,8	174,7	162,7	174,7	162,8	174,5	162,6
Маса тіла, кг	59,1	56,1	67,6	56,8	70,2	57,1	71,8	57,3	71,9	57,5	57,5	56,7
Площа поверхні тіла, дм²	143		158,5		168		172,55		175,35		180	160

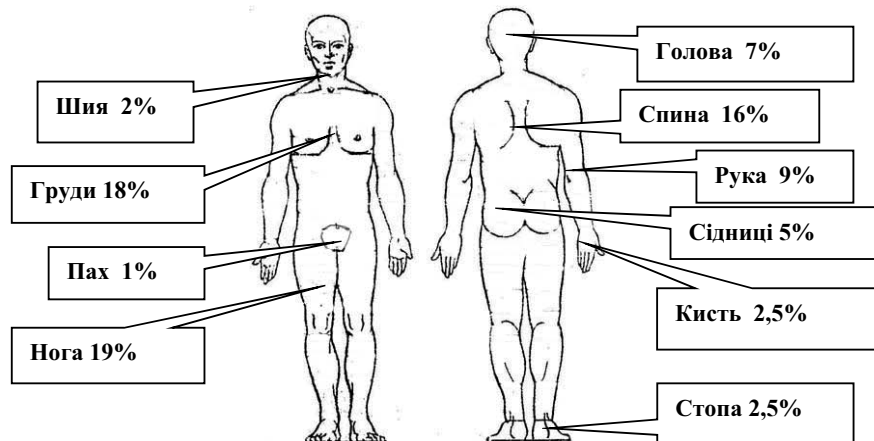


Рис. 1. Площа частин тіла людини середньої статури

зрозуміло, що всі ЖВО людини знаходяться в районі грудей та спини. Звідки зрозуміло, чому з давнього часу воїнів одягали в кольчуги, а в теперішній час бронезилети захищають ЖВО людини за допомогою керамічних (металевих) пластин [14].

Площа поверхні тіла людини S – морфологічний показник, який використовується в фізіології та медицині. Поверхня тіла людини розраховується за формулами. Одна з формул [18] була запропонована американським вченим Дюбуа:

$$S = 0,007184W^{0,425}H^{0,725} \quad (1)$$

де S – площа поверхні тіла людини, м²; W – маса тіла людини, кг; H – довжина тіла людини (ріст), см.

У цій формулі використовуються дві змінні: маса тіла людини та довжина (зріст).

Таким чином, використовуючи формулу (1), провели розрахунки та отримали величини площин тіла людини за віком (табл. 1). Загальна величина площі тіла середньостатичної людини [8] складає 180 дм². Ця величина площі тіла враховує площу чотирьох сторін тулуба середньостатичної людини. Вищезазначена величина буде використана при проведенні розрахунків для оцінки ймовірності захисту БРЖ різних типів та моделей. При проведенні розрахунків буде врахована площа м'якої частини БРЖ.

Одним із основних завдань захисту військовослужбовця є захист спини та грудей [19]. Для вивчення проблемних питань ЗІБ військовослужбовців з початку

бойових дій в Україні проведено опитування (анкетування) 110 військовослужбовців, які брали участь в антитерористичній операції (АТО). До індивідуальної картки опитування включені питання необхідності зменшення чи збільшення маси, площі захисту БРЖ, характеристика отриманих поранень своїх та бойових товаришів по службі. Крім цього, проведено вивчення близько ста вісімдесяти медичних справ хворих, які отримали поранення та знаходились на лікуванні в Головному військовому клінічному шпиталі Міністерства оборони України, м. Київ. Здійснивши аналіз розподілу уражень за частинами тіла двохсот дев'яноста військовослужбовців (табл. 2, 3), з'ясовано, що необхідно захищати шию, тулуб та боки, нижні та верхні кінцівки, пах і сідниці. Більшість уражень вищезазначені військовослужбовці Збройних Сил України отримали: тулуба – 30,0%, верхніх – 19,7% та нижніх кінцівок – 23,4% [20].

За видами отриманих поранень (табл. 3) найбільший показник припадає на осколочне поранення – 69,3%, що зумовлено широким застосуванням ракетно-артилерійського озброєння та мінно-вибухових засобів ураження в зоні проведення АТО.

Тому під час розробки, проектування та модернізації БРЖ необхідно в комплект БРЖ включати додаткові елементи захисту [21], а саме: захист шиї, плечей, боків тулуба, верхніх та нижніх кінцівок, паху, сідниць.

В існуючих видах БРЖ для забезпечення захисту шиї передбачається кулезахисний комір, а для області паху – спеціальна секція. Крім того, щоб захистити

Таблиця 2. Статистика отриманих поранень військовослужбовців, які брали участь в АТО

Частина тіла людини	Площа частин тіла людини*		Кількість уражень	
	дм ²	відн. од.	разів	відн. од.
Голова	12,6	0,070	38	0,131
права сторона	4,5	0,025	6	0,021
ліва сторона	4,5	0,025	13	0,045
центр	3,6	0,020	19	0,066
Шия	3,6	0,020	28	0,097
Верхні кінцівки	32,4	0,180	57	0,197
Права рука	16,2	0,090	31	0,107
плече	7,2	0,040	13	0,045
верхня частина передпліччя	2,7	0,015	10	0,034
нижня частина передпліччя	1,8	0,015	4	0,014
кисть	4,5	0,025	4	0,014
Ліва рука	16,2	0,090	26	0,090
плече	7,2	0,040	9	0,031
верхня частина передпліччя	2,7	0,015	8	0,028
нижня частина передпліччя	1,8	0,015	4	0,014
кисть	4,5	0,025	5	0,017
Тулуб	52,2	0,290	87	0,300
Груди	32,4	0,180	43	0,148
верх зліва	4,5	0,025	6	0,021
верх справа	4,5	0,025	2	0,07
середина зліва	4,5	0,025	10	0,038
середина справа	4,5	0,025	11	0,034
низ зліва	7,2	0,040	11	0,010
низ справа	7,2	0,040	3	0,038
Спина	19,8	0,110	44	0,152
верх зліва	3,6	0,020	6	0,021
верх справа	3,6	0,020	9	0,031
середина зліва	3,6	0,020	6	0,031
середина справа	3,6	0,020	9	0,021
низ зліва	2,7	0,015	8	0,021
низ справа	2,7	0,015	6	0,028
Нижні кінцівки	68,4	0,380	68	0,234
Права нога	34,2	0,19	37	0,128
стегно	17,1	0,095	11	0,038
гомілка	12,6	0,070	16	0,055
стопа	4,5	0,025	10	0,034
Ліва нога	34,2	0,19	31	0,107
стегно	17,1	0,095	10	0,034
гомілка	12,6	0,070	18	0,062
стопа	4,5	0,025	3	0,010
Пах	1,8	0,01	7	0,024
Сідниці	9,0	0,05	5	0,017
Всього	180	1	290	1

* Загальна площа частин тіла людини з чотирьох напрямків ураження

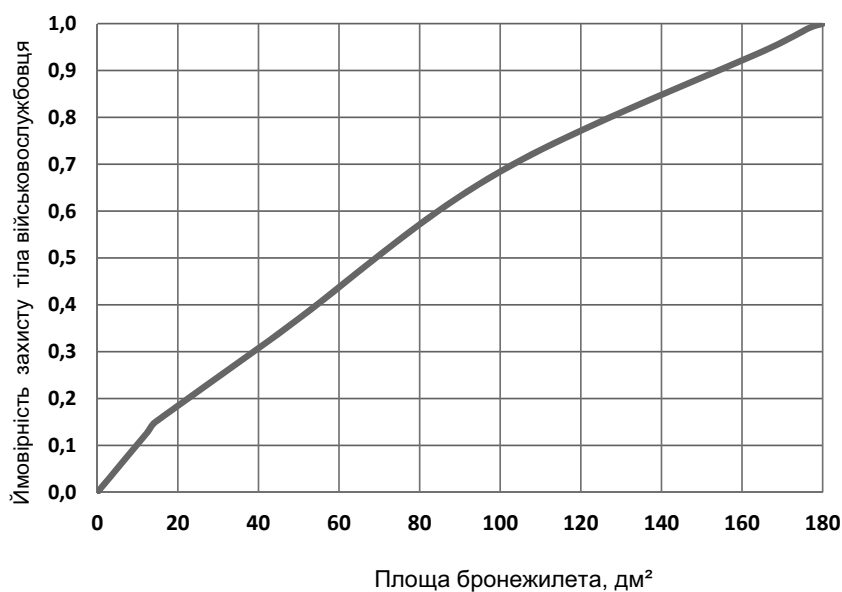


Рис. 2. Залежність максимального рівня захисту бронезилета від його площі

боки, в бічну частину поясного кріплення поміщають захисні екрани. Також до складу бронезилета можуть бути включені наплічники та інші елементи для захисту від осколків та куль [22].

Таблиця 3. Види отриманих поранень військовослужбовців, які брали участь в АТО

Види отриманих поранень	Частість уражень за видами отриманих поранень, %
Осколочне	69,3
Кульове	27,9
Контузія	2,8

Використовуючи статистику поранень військовослужбовців, що брали участь в АТО, та величину загальної площі тіла людини середньої статури (табл. 1), розраховуємо ймовірність ураження частин тіла військовослужбовців

$$I_E = \frac{P_E}{S_E}, \quad (2)$$

де I_E – ймовірність ураження частин тіла військовослужбовця; S_E – площа елемента захисту бронезилета, дм²; P_E – ймовірність влучення в елемент захисту бронезилета.

Після проведення ранжирування частин тіла за величиною ймовірності ураження частин тіла військовослужбовців отримуємо можливість побудувати

Таблиця 4. Аналіз захисних можливостей різних за типом бронезилетів

Тип бронезилета, держава, виробник	Площа елемента захисту, дм²								Ймовірність захисту частин тіла елементом захисту								Площа захисту БРЖ, дм²	Загальна ймовірність захисту БРЖ
	Груди	Спина	Шия	Нижня част.	Пах	Верх. част. стегна	Захист прав. і лів. боків	Плечі	Груди	Спина	Шия	Нижня част. голови	Пах	Верх. част. стегна	Захист прав. і лів. боків	Плечі		
Fibrates Technologies, Ізраїль	8,5	8,6	0	0	0	0	0	0	0,039	0,045	0	0	0	0	0	0	17,1	0,084
Aegis engineering LTD, Англія	25,7	24,9	0	0	0	0	0	0	0,117	0,131	0	0	0	0	0	0	50,6	0,249
Корсар МЗмп 48-56 розміру	18,0	22,0	3,0	2,0	1,0	6,0	0	0	0,082	0,016	0,081	0,019	0,006	0,007	0	0	52,0	0,289
Корсар МЗмп 56 розміру	19,0	23,0	3,0	2,0	1,0	6,0	0	0	0,087	0,0121	0,081	0,019	0,006	0,007	0	0	54,0	0,321
Корсар МЗмп 56-64 розміру	20,0	24,0	3,0	2,0	1,0	6,0	0	0	0,091	0,127	0,081	0,019	0,006	0,007	0	0	56,0	0,331
Корсар МЗм від 48-56 розміру	17,0	20,0	3,0	2,0	1,0	6,0	12,0	9,0	0,078	0,106	0,081	0,019	0,006	0,007	0,04	0,044	70,0	0,380
Wenzhou eagle helmets factory, КНР	26,7	28,1	3,0	1,1	1,0	5,4	4,7	1,8	0,122	0,148	0,081	0,011	0,006	0,006	0,016	0,009	71,8	0,398
Корсар МЗм від 52-58 розміру	19,0	22,0	3,0	2,0	1,0	6,0	15,0	9,0	0,087	0,116	0,081	0,019	0,006	0,007	0,05	0,044	77,0	0,409
Корсар МЗм від 58-64 розміру	20,0	24,0	3,0	3,0	1,8	6,2	18,0	10,0	0,091	0,127	0,081	0,029	0,01	0,007	0,06	0,049	86,0	0,454
Verseidag ballistic, Фінляндія	18,2	36,0	4,2	3,0	3,0	10,4	5	9,7	0,083	0,19	0,113	0,029	0,017	0,012	0,017	0,047	89,5	0,508

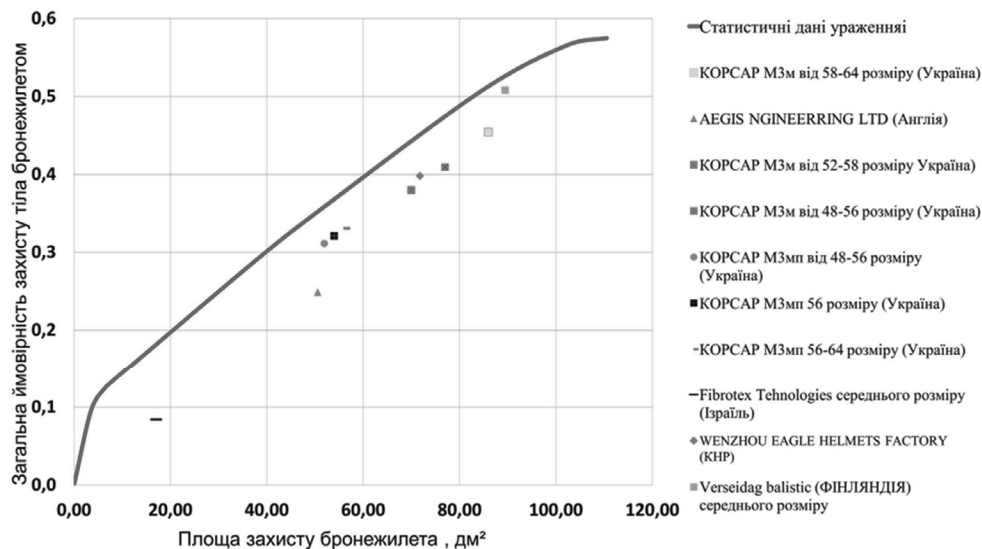


Рис. 3. Графік залежності загальної ймовірності захисту тіла військовослужбовця бронезиловців різних типів

залежності максимального рівня захисту бронезиловця від його площі (рис. 2).

Розрахуємо ймовірність захисту частин тіла окремими елементами бронезиловця:

$$I_{E_{бж}} = I_E S_{E_{бж}}, \quad (3)$$

де $I_{E_{бж}}$ – ймовірність захисту частини тіла окремим елементом бронезиловця; $S_{E_{бж}}$ – площа елемента захисту бронезиловця; I_E – ймовірність ураження частин тіла.

Загальна ймовірність захисту бронезиловця

$$I = \sum_{i=1}^n I_{E_{бж}}, \quad (4)$$

де i – кількість елементів захисту бронезиловця.

У табл. 4 наведено результати аналізу захисних можливостей різних за типом бронезиловців.

Враховуючи результати розрахунків ймовірності захисту частин тіла елементами захисту бронезиловців різних типів (табл. 4) та залежність максимального рівня захисту бронезиловця від його площі (рис. 2), будемо графік залежності загальної ймовірності захисту бронезиловців різних типів від їх площі захисту (рис. 3).

Висновки. За результатами дослідження:

1. Проведено аналіз статистики уражень особового складу, який брав участь у бойових діях на території Луганської та Донецької областей, з розподілом цих уражень за частинами тіла. На підставі аналізу статистики уражень особового складу отримана теоретична залежність максимального рівня захисту БРЖ від його площі.

2. Проведено розрахунки та аналіз ймовірності захисту тіла людини бронезиловцями, що використовуються військовослужбовцями Збройних Сил України в зоні АТО.

3. Отримана залежність максимального рівня захисту БРЖ від його площі може застосовуватися при розробці методики обґрунтування вимог до бронезиловців.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Величко М. А., Юдин В. А., Красников Е. К. Структура безвозвратных потерь в современных вооруженных конфликтах // Военно-медицинский журнал. 1997. № 1. С. 64–68.
2. Военно-полевая хирургия локальных войн и вооруженных конфликтов : руководство для врачей / под ред. Е. К. Гуманенко, И. М. Самохина. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. 672 с.
3. Бронезиловец – элемент защитного одягу... URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D1%82>.
4. Воронін І. В. Проблема індивідуального захисту українських військовослужбовців в зоні АТО. URL: http://zik.ua/news/2014/07/25/mo_povynno_stvoryty_umovy_zdorovoi_konkurentsii_pry_zakupivlyah_dlya_armii_za_koshty_byudzhetu_io_509084.
5. Кулаков И. В. Требования к индивидуальной бронезащите // Банковские технологии. 1997. № 7. С. 97–100.
6. Сильников М. В., Химичев В. А. Средства индивидуальной бронезащиты. М. : Изд-во Фонд «Университет», 2000. 478 с.
7. Концептуальные основы создания средств индивидуальной защиты. Ч. I. Бронезиловцы / под общ. ред. В. Г. Михеева. М. : Вооружение. Политика. Конверсия, 2003. 340 с.
8. Голуб В. А., Журавський С. В., Чеченкова О. Л. Формування вимог до сучасного загальновійськового бронезиловця // Впровадження сучасних досягнень медичної науки у практику охорони здоров'я України : матеріали IV міжнар. мед. конгресу, Київ, 15–17 квітня 2015 р. / Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут», 2015. С. 91.

9. Андрощук Д. Медсанбат. Вогнепальні контузійні травми. URL: <http://medsanbat.info/vognepalni-kontuziyni-travmi/>.
10. Глуткин А. В., Сергиенко В. К. Этапы оказания медицинской помощи детям с тяжелой термической травмой. Ч. I. // Экстренная медицина : междунар. науч.-техн. журн. / Гродненский гос. мед. ун-т. 2017. Т. 6, № 1. С. 91.
11. Медицина неотложных состояний : избранные клинические лекции. Т. 7. Травма в условиях чрезвычайных и конфликтных ситуаций / под ред. Никонова В. В., Великоцкого Н. Н., Феськова А. Э., Федака Б. С. Харьков, 2014.
12. Медицинская сортировка пораженных в чрезвычайных ситуациях : рекомендации / Белков А. Н., Мешков В. В., Жуков В. А. [и др.]. М. : Медикас, 1991. 62 с.
13. Брюсов П. Г. Хирургия современной боевой травмы // Военномедицинский журнал. 2010. № 1. С. 20–28.
14. Быков И. Ю. Военная медицина России в общей системе ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и обеспечения миротворческих сил // Военно-медицинский журнал. 2005. Т. 326, № 7. С. 4–11.
15. Гуманчико Е. К. Самохвалов И. М. Трусов А. А. Хирургическая помощь в контртеррористических операциях на Северном Кавказе : цикл статей // Военный журнал. 2005. 7.1.3.9 ; 2006. 4.6.7.9.
16. Визначення площі опіку. URL: <http://medserver.com.ua/viznachennya-ploshhi-opiku>.
17. Площадь поверхности тела в зависимости от возраста человека. URL: <http://visualrheumatology.ru/Ploshhad-poverhnosti-tela-v-zavisimos.html>.
18. Методы определения площади тела. URL: <http://www.rusmedserver.ru/ojogi/25.html>.
19. Нові тенденції в області засобів індивідуального захисту піхотинця. URL: http://www.defens-update.com/features/du-2-07/infantry_armor_cooling.htm.
20. Анкети опитування військовослужбовців, які брали участь в бойових діях в зоні АТО на території Донецької та Луганської областей / ЦНДІ ОБТ ЗС України. К., 2015. Інв. № 156.
21. Ляшенко О. Інформаційно-аналітичний матеріал щодо учасників АТО : лист заступника директора Військово-медичного департаменту МО України до ЦНДІ ОБТ ЗС України, вх. № 669 від 03.02.2016. К., 2016.
22. Каталог продукції. URL: <http://www.temp3000.com/ru/katalog-prodyksii/item/bronezilet-korsar>.

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

УДК 629.7.015.4:623.742:330.131.5

Д. М. БЕЛЯЄВ,*науковий співробітник,***О. О. РАССТРИГІН,** *доктор технічних наук,
старший науковий співробітник, головний науковий співробітник,***П. І. КІСЕЛЬ,** *кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник,***Р. П. СЕМЕНЮК,** *науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Оцінка техніко-економічної ефективності перспективного мобільного аеростатного радіолокаційного комплексу виявлення маловисотних цілей

Наведено оцінку техніко-економічної доцільності (ефективності) мобільного аеростатного радіолокаційного комплексу (МАРК) виявлення маловисотних цілей. Проведено вибір показника та розрахунки економічного ефекту створення та експлуатації МАРК у порівнянні з існуючими радіотехнічними засобами, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України.

Приведена оценка технико-экономической целесообразности (эффективности) мобильного аэростатного радиолокационного комплекса (МАРК) обнаружения маловысотных целей. Проведен выбор показателя и расчеты экономического эффекта при создании и эксплуатации МАРК в сравнении с существующими радиотехническими средствами, состоящими на вооружении Вооруженных Сил Украины.

Важливою проблемою при організації високоефективної системи протиповітряної оборони та здійсненні контролю за використанням повітряного простору є створення і підтримка суцільного радіолокаційного поля на малих і гранично малих висотах у приграничних та особливо важливих районах України.

Відомо, що існуючі наземні радіотехнічні засоби радіолокаційної розвідки не забезпечують вирішення означеної задачі [1, 2]. Тому останніми роками інтенсивно досліджуються прив'язні аеростатні радіолокаційні комплекси, що мають ряд переваг над наземними системами й засобами [1, 2]: вищу оперативність розгортання, можливість ведення розвідки з більшого віддалення від лінії зіткнення військ. Можна вважати, що тактико-технічні вимоги до МАРК обґрунтовані, а технічні рішення їх досягнення достатньо досліджені [2–4]. Відсутність обґрунтованої оцінки техніко-економічної ефективності МАРК стримує прийняття рішення щодо їх створення і обумовлює мету цієї статті.

Взагалі, показник економічної ефективності E розраховується за відношенням [3]

$$E = \frac{W}{C}, \quad (1)$$

де W , C – показники ефекту та витрат відповідно.

Величина W може подаватися у вартісній або натурально-речовинній формах. В останньому випадку істотно обмежуються можливості порівняння на основі показника E різних видів діяльності (ефекту), що не притаманне випадку вартісного виразу W .

При визначенні ефекту й витрат з метою розрахунку економічної ефективності необхідно обов'язково враховувати фактор часу. Це викликано тим, що як витрати, так і ефект у загальному випадку розподілені в часі, і справедливе положення, що однакові витрати, зроблені будь-яким суб'єктом у різний час, не є для нього еквівалентними. Слід зазначити, що в сучасній економічній теорії існує безліч поглядів на те, як урахувати фактор часу [4].

При порівнянні економічної ефективності необхідно забезпечити вирівнювання варіантів по всіх інших показниках, що не враховані в складі показників W і C . Неоднозначністю розрахунків W і C пояснюється велика кількість застосовуваних показників і критеріїв оцінювання економічної ефективності.

У найзагальнішому виді завдання вибору ефективного варіанта може бути сформульоване такими двома способами [5]:

а) як завдання розподілу ресурсів:

$$\begin{cases} W(x) \Rightarrow \max_x \\ C(x) = C \\ g(x) = 0 \end{cases}; \quad (2)$$

б) як завдання мінімізації витрат

$$\begin{cases} C(x) \Rightarrow \min_x \\ W(x) = W \\ g(x) = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

де X – вектор, що характеризує різні варіанти; $g(x)$ – обмеження, що визначають можливі варіанти.

Спираючись на специфіку озброєння та військової техніки (ОВТ) щодо обмеженості сфери застосування поняття абсолютного економічного ефекту, під останнім (економічним ефектом) будемо надалі розуміти відносний (порівняльний) економічний ефект, що являє собою різницю у витратах на досягнення однієї й тієї ж мети різними способами.

Сформулюємо вимоги до показника цільового ефекту, використовуючи загальні вимоги, що застосовуються до показників у системному аналізі [7].

Відповідно до цих вимог показник цільового ефекту повинен:

- відповідати цільовому призначенню системи;
- об'єктивно відображати ступінь відповідності операції своєму цільовому призначенню й досить повно характеризувати її як єдиний цілеспрямований процес;
- відповідати рівню оцінювання цільового ефекту;
- відображати як найбільше складових цільового ефекту;

містити досить повну інформацію про ступінь досягнення мети виконуваної операції й залежності значень показників від факторів, що впливають (параметрів зразка ОВТ, способів його бойового застосування, природних факторів і факторів активної протидії супротивника, характеристик систем, що забезпечують застосування виробу за призначенням);

ураховувати стохастичність умов функціонування системи;

бути чутливим до керуючих та визначаючих їх значення факторів;

бути наочним, обчислюваним і мати фізичний зміст.

Показник економічної ефективності нових зразків ОВТ являє собою співвідношення між витратами на виробництво й впровадження нових зразків і отриманими результатами. Видається доцільним надалі трактувати економічний ефект як виграш від проведення якого-небудь заходу.

Для реалізації принципу мінімуму витрат необхідно привести представницькі варіанти в порівняльний вид за рядом ознак, найважливішими з яких є [7]:

- тактико-технічні параметри;
- зовнішні умови;
- значення й склад ефекту;
- час одержання ефекту й розподіл витрат у часі.

Приведення представницьких варіантів у порівняльний вид може бути виконано двома способами: на рівні одиничних зразків ОВТ або на рівні їх угруповань [8].

Перший спосіб заснований на допущенні, що для варіанта з меншим цільовим ефектом W_1 може бути

знайдене практично допустиме доповнення ΔW , що підвищить його ефект до рівня другого варіанта W_2 :

$$W_1 + \Delta W = W_2, \quad (4)$$

і приведення варіантів у порівняльний вид зводиться до відшукування такого доповнення.

Другий спосіб полягає в тому, що порівняння за цільовим ефектом проводиться на більш високому рівні ієрархії ефекту, тобто на рівні угруповань зразків ОВТ:

$$W_{УГР1} = W_{УГР2}. \quad (5)$$

Перше угруповання складається з N_1 зразків першого виду і друге угруповання – з N_2 зразків другого виду. Коефіцієнт $K_3 = N_1/N_2$ показує, скільки зразків першого виду (у першому угрупованні) замінюють один зразок другого виду (у другому угрупованні).

Спираючись на сформульовані вище положення, будемо вважати, що за показник витрат можуть вибиратися «річні витрати на виробництво зразків B_1, B_2 ». Тоді як показник економічної ефективності одного варіанта порівняно з іншим варто вибрати показник річного економічного ефекту E^P :

$$E^P = N_1 B_1 - N_2 B_2. \quad (6)$$

Якщо $E^P > 0$, то другий варіант характеризується відносно меншою ефективністю в порівнянні з першим, а якщо $E^P < 0$, то навпаки.

Зміст величини E^P полягає в тому, що вона являє собою наведену річну економію засобів від реалізації другого варіанта замість першого.

У випадку, якщо показник цільового ефекту адитивний, рішення про економічну доцільність варіантів можна прийняти на основі аналізу показників [8]

$$E_1^P = \left(B_1 - \frac{N_2}{N_1} B_2 \right); \quad (7)$$

Економічний ефект у виробника має разовий характер (тому що в нього ефект обумовлений різницею витрат на виготовлення зразків і цін, за якими вони реалізуються замовнику чи споживачу). Отже,

$$E_2^P = \left(B_1 \frac{N_1}{N_2} - B_2 \right). \quad (8)$$

де B_{m1}, B_{m2} – наведені річні витрати на виробництво одного зразка ОВТ першого й другого видів; C_1, C_2 – ціни, за якими ці зразки реалізуються.

Економічний ефект у споживача обумовлений, по-перше, різницею цін на ці зразки, що має разовий характер, а по-друге, різницею експлуатаційних витрат, що мають розподілений у часі характер, тобто наявні щорічно протягом періоду експлуатації T_e . Його можна визначити за формулою [9]

$$E_C = N_2 \left(\frac{N_1}{N_2} B_{n1} - B_{n2} \right) + (N_1 C_1 - N_2 C_2), \quad (9)$$

де C_{e1} , C_{e2} – річні експлуатаційні витрати на зразки без врахування вартості витрат ресурсу; q – коефіцієнт приведення різних за часом витрат; T_e – тривалість періоду експлуатації.

В умовах ринкової економіки величину коефіцієнта приведення вибирають з урахуванням впливу трьох основних факторів: ризику, інфляції й заданої норми прибутку на інвестований капітал [10]:

$$E_{II} = N_2 \sum_{I=1}^{T_e} \left[\left(C_{e1} \frac{N_I}{N_2} - C_{e2} \right) (1+q)^{-I} \right] + (N_2 C_2 - N_I C_1), \quad (10)$$

де q_1 – коефіцієнт, що враховує вплив приведення фактора ризику; q_2 – коефіцієнт, що враховує вплив приведення фактора інфляції; q_3 – задана норма прибутку на інвестований капітал.

Таким чином, загальний економічний ефект E з урахуванням вищезазначеного може бути визначений за таким виразом:

$$q = (1+q_1)(1+q_2)(1+q_3), \quad (11)$$

Показник E за змістом є інтегральним, тому що враховує економічний ефект за весь період експлуатації. Від нього зручно перейти до показника річного економічного ефекту E^p , який пов'язаний з E таким співвідношенням:

$$E^p = N_2 \left(\frac{N_I}{N_2} B_{n1} - B_{n2} \right) + N_2 \left(C_{e1} \frac{N_I}{N_2} - C_{e2} \right) \frac{(1+q)^{T_e}}{q(1+q)^{T_e} - 1}. \quad (12)$$

тоді

$$E^p = \frac{Eq(1+q)^{T_e}}{(1+q)^{T_e} - 1}, \quad (13)$$

і після перетворення отримуємо остаточний вираз

$$E^p = \frac{q(1+q)^{T_e}}{(1+q)^{T_e} - 1} \left(\frac{N_I}{N_2} B_{n1} - B_{n2} \right) N_2 + \left(C_{e1} \frac{N_I}{N_2} - C_{e2} \right) N_2, \quad (14)$$

Беручи до уваги весь процес ціноутворення, коли ціна постійно контролюється замовником, можна величину E^p записати у вигляді

$$E^p = N_2 \left[\left(\frac{q}{(1+q)^{T_e} - 1} + q \right) \left(\frac{N_I}{N_2} B_{n1} - B_{n2} \right) + \left(C_{e1} \frac{N_I}{N_2} - C_{e2} \right) \right]. \quad (15)$$

Різниця величин у круглих дужках (16) являє собою наведені річні витрати на зразки. Таким чином,

$$E^p = N_2 \left[\frac{N_I}{N_2} \left(q \dots + \frac{q \dots}{(1+q)^{T_e} - 1} + C_{e1} \right) - \left(q \dots + \frac{q \dots}{(1+q)^{T_e} - 1} + C_{e2} \right) \right]. \quad (16)$$

Розглянемо приклад використання наведеного методичного апарату.

Відомо, що Україна має значну довжину сухопутного та морського кордону. Для забезпечення контролю польотів повітряних об'єктів, що перетинають державний кордон України, для запобігання конфліктним ситуаціям у повітрі та контролю за дотриманням встановленого режиму використання прикордонної зони необхідно створювати суцільне радіолокаційне поле уздовж усього кордону України з мінімальною нижньою межею як у мірний час, так і у загрозовий період.

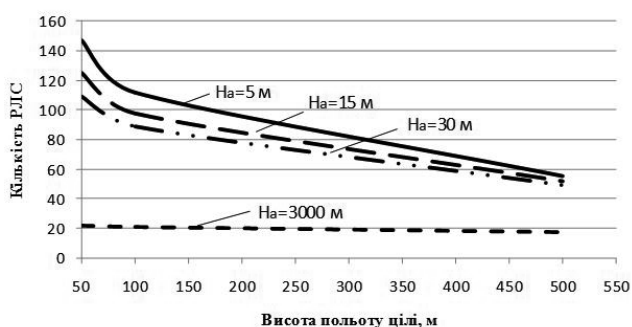


Рис. 1. Необхідна кількість РЛС (МАРК) для створення суцільного РЛС вздовж сухопутного державного кордону України

Розрахункова потрібна кількість РЛС та МАРК для прикриття кордону України, у залежності від висот польоту цілі та підйому антени РЛС наведена в табл. 1 та рис. 1 (у дужках показані максимальні дальності дії РЛС МАРК).

У подальшому необхідно розглянути експлуатаційні річні витрати споживача на зразок, що включають такі статті витрат [11]:

послуги промисловості з модернізації, доробок, технічного обслуговування, ремонту й т. ін.;

поповнення агрегатів і ЗІП, витрачених на поточний ремонт;

витрати на оплату електроенергії;

витрати на оплату пально-мастильних матеріалів, спецпалива й т. п.;

витрати на капітальний ремонт;

Таблиця 1. Потрібна кількість РЛС (МАРК) для прикриття кордону України

H _ц , м	h _а , м			
	5	15	30	3000 (МАРК)
50	147 (38 км)	125 (45 км)	109 (52 км)	22 (255 км)
100	112 (50 км)	98 (57 км)	89 (64 км)	21 (267 км)
500	55 (101 км)	52 (108 км)	49 (115 км)	17 (317 км)

Таблиця 2. Витрати на утримання радіолокаційного взводу (рлв) та перспективного МАРК (у відносних одиницях)

Стаття витрат	Статті витрат	
	рлв	МАРК
Утримання особового складу, що обслуговує зразок і застосовує його за призначенням	0,69	0,69
Утримання і амортизація будинків, споруд на бойовій позиції зразка	0,03	0,03
Витрати на пально-мастильні матеріали	0,06	0,07
Витрати на електроенергію	0,17	0,17
Поповнення агрегатів і ЗІП, витрачених на поточний ремонт	0,05	0,06
Загальна сума витрат	1	1,02

Таблиця 3. Значення коефіцієнта K_3 при різних h_a і H_y

H_y , м	h_a , м			
	5	15	30	3000 (МАРК)
50	6,68	5,68	4,95	1
100	5,3	4,67	4,24	1
500	3,24	3,06	2,89	1

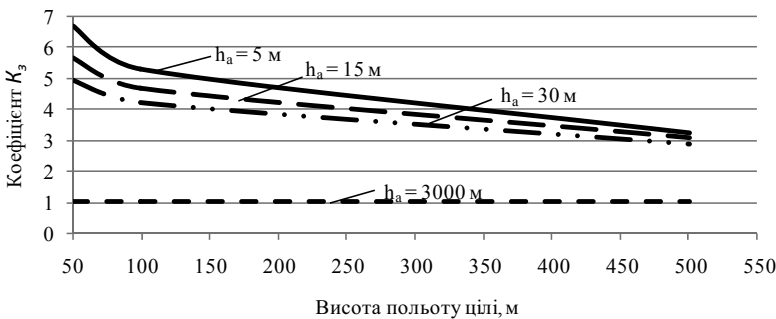


Рис. 2. Значення коефіцієнта K_3 при різних h_a і H_y

Таблиця 4. Значення показника річного економічного ефекту E^p МАРК виявлення МВЦ (у відносних величинах)

H_y , м	h_a , м		
	5	15	30
50	1,0	0,823	0,694
100	0,722	0,616	0,543
500	0,304	0,279	0,256

утримання і амортизація будинків, споруд на бойовій позиції зразка ОВТ;

утримання особового складу, що обслуговує зразок і застосовує його за призначенням.

Для прикладу в табл. 2 наведені витрати за статтями утримання радіолокаційного взводу або перспективного МАРК. При їх формуванні допущено ряд положень (обмежень):

послуги розробника (виробника) з модернізації, доробок, технічного обслуговування, ремонту ОВТ не розглядаються;

капітальний ремонт зразків ОВТ на даному етапі не проводиться;

утримання обслуговуючого персоналу та утримання і амортизація будинків, споруд на бойовій позиції зразка однакові.

Надалі розрахуємо коефіцієнт K_3 , який показує, скільки радіолокаційних взводів замінюють один

перспективний МАРК виявлення МВЦ. Результати розрахунків для різних висот підйому антени РЛС та висот польоту цілі наведені в табл. 2 та 3.

У результаті аналізу даних, що наведені у табл. 4 отримано, що експлуатація 22 МАРК виявлення МВЦ створить річну економію в абсолютних величинах більше одного мільярду гривень, на відміну від експлуатації звичайних 147 РЛС штатних ррадіолокаційних взводів.

Висновки:

- 1. Розроблений науково-методичний апарат забезпечує обґрунтоване оцінювання економічної доцільності створення мобільних аеростатних радіолокаційних комплексів для виявлення маловисотних цілей.
- 2. За результатами проведених досліджень постачання для ЗС України мобільних аеростатних радіолокаційних комплексів для виявлення маловисотних цілей надасть значну економію в порівнянні з відповідними

показниками навіть для одного радіолокаційного взводу, оснащеного звичайними РЛС, що зараз знаходяться на озброєнні ЗС України.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Беляєв Д. М., Расстригін О. О., Кісель П. І., Семеник Р. П. Аналіз світового досвіду застосування військових аеростатних літальних апаратів та перспективи їх використання в Збройних Силах України // Озброєння та військова техніка. 2015. № 3 (7). С. 67–72.
2. Беляєв Д. М., Расстригін О. О., Кісель П. І., Семеник Р. П. Актуальність та перспективи застосування прив'язних аеростатів як носіїв радіолокаційних станцій виявлення маловисотних цілей // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОВТ ЗС України. 2015. № 2 (57). С. 52–60.
3. Жуков Г. П., Викулов С. Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций. М. : Воениздат, 1987. 440 с.
4. Пересада А. А. Основы инвестиционной деятельности. К. : Либра ООО, 1996.
5. Типовая методика определения эффективности капитальных вложений. М. : Наука, 1990. 22 с.
6. Демидов Б. А. Теория и методы военно-научных исследований вооружения и военной техники. Харьков : ВИРТА, 1990. 558 с.
7. Василенко В. П., Лазарев А. А., Осипенко С. Н. Военно-экономический анализ, научно-техническое сопровождение разработки, производства и испытаний вооружения ПВО. Харьков : ВИРТА, 1992. 372 с.
8. Бейлин М. В. Разработка методического подхода к сравнительному анализу вооружения и военной техники. // Сборник научных трудов ХГПУ. Вып. 19. Ч. 3. Харьков : ХГПУ, 1998. С. 99–103.
9. Лазарев А. А., Бейлин М. В. Выбор показателя затрат для анализа сравнительной экономической эффективности техники конечного потребления // Сборник науч. трудов ХГПУ. Вып. 74. Харьков : ХГПУ, 1999. С. 27–29.
10. Леонтьев В. В. Межотраслевая экономика : пер. с англ. М. : ОАО Экономика, 1997. 479 с.
11. Бейлин М. В. Вопросы военно-экономического анализа вооружения и военной техники // Сборник науч. трудов ХГПУ. Вып. 6. В 4-х ч. Ч. 4. Харьков : ХГПУ, 1998. С. 311–315.

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

УДК 621.396, 681.5

С. В. ГЕРАСИМОВ,*доктор технических наук, старший научный сотрудник,***Е. С. РОЩУПКИН,** *кандидат технических наук, старший научный сотрудник**(Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, г. Харьков)*

Теоретические основы оценки ошибок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами

Отримано співвідношення для статистичних характеристик оцінок значень сигналів, параметри яких змінюються за гармонічним законом, і наведені результати їх аналізу. Ґрунтуючись на отриманих співвідношеннях, синтезована схема пристрою контролю трактів і описаний принцип його роботи. Наведено рекомендації щодо практичного застосування отриманих результатів.

Ключові слова: *корисний сигнал, заважаючий вплив, гармонійно мінливий параметр, статистичні характеристики, контроль параметрів, зворотний зв'язок.*

Получены соотношения для статистических характеристик оценок значений сигналов, параметры которых меняются по гармоническому закону, и приведены результаты их анализа. На основании полученных соотношений синтезирована схема устройства контроля трактов и описан принцип его работы. Приведены рекомендации по практическому применению полученных результатов.

Ключевые слова: *полезный сигнал, мешающее воздействие, гармонически меняющийся параметр, статистические характеристики, контроль параметров, обратная связь.*

Широкое распространение в настоящее время при автоматическом управлении и контроле, измерении параметров, передаче данных и т. д. получило применение сигналов, параметры которых меняются как функция гармонического закона вида $\cos^k(n\varphi + \delta\pi/2)$, где k – показатель степени, n – кратность, φ – параметр, δ – символ Кронекера.

Например, при контроле технического состояния сложных систем на их вход подается известный тестовый сигнал, как правило, гармонический, который формируется специальным генератором [1, 2]. При воздействии тестового сигнала на выходе контролируемой системы формируется выходной сигнал (сигнал-отзыв) в виде гармонической функции. В зависимости от вида контроля и технического состояния системы сигнал-отзыв отличается от тестового сигнала параметрами (как правило, фазовым сдвигом и амплитудой). Тестовый и выходной сигналы контролируемой системы подаются в анализатор, где в соответствии с диагностическими параметрами определяются диагностические нормативы, характеризующие ее техническое состояние [2].

В этом случае параметр φ функции гармонического закона можно представить как начальную фазу сигнала, статистические характеристики оценки которой достаточно подробно описаны, например, в работах [3–7].

Однако в большинстве случаев имеет значение не оценка самого параметра φ , который часто известен (например, передаваемое сообщение либо контрольный сигнал), а значение функции от него. Это поясняется тем, что, например, многие объекты управления отрабатывают непосредственно сигнал функции параметра, меняющегося по гармоническому закону (сельсины, энкодеры, фазовые детекторы), а не сам параметр. Также в измерительной технике широко распространение получили “косвенные измерения”, когда решения принимаются, в том числе, и по значениям функций гармонически меняющихся параметров. Таким образом, возникает необходимость в получении выражений, описывающих статистические характеристики оценок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами.

В работах [1–7] при рассмотрении вопросов оценки статистических характеристик гармонических сигналов в предположении большого отношения сигнал/шум авторы полагают, что в этом случае вполне достаточно после разложения функции, описывающей сигнал, в окрестности оценки в степенной ряд ограничиться первым членом разложения, что в большинстве случаев позволяет получить приемлемые для практики соотношения. Однако вместе с тем указывается об использовании, в случае необходимости, большего числа членов ряда, но их требуемое число не конкретизируется. В работе [8] указано, что сигналы на выходе систем управления в общем случае являются нелинейными, однако дальнейшие исследования также проведены в допущении небольших отклонений. Известно, что большой ряд сигналов (функций) может быть представлен путем преобразования Фурье набором соответствующих гармонических составляющих. В то же время, выражений, строго описывающих статистические характеристики оценок значений сигналов с

гармонически меняющимися параметрами, в известной авторам литературе не приведено.

Целью данной статьи является получение статистических характеристик оценок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами.

1. Расчет статистических характеристик значений сигналов, параметры которых меняются по гармоническому закону. Положим, что косвенно измеряемый параметр (задающее воздействие, передаваемый сигнал) имеет вид

$$\hat{\varphi} = \varphi^* + \Delta\varphi, \quad (1)$$

где φ^* – истинное значение параметра, $\Delta\varphi$ – мешающее воздействие (нормальная ошибка, обусловленная шумами), со следующими характеристиками:

$$\begin{cases} f(\Delta\varphi) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \exp\left\{-\frac{\Delta\varphi^2}{2\sigma_\varphi^2}\right\}; \\ M[\Delta\varphi] = 0; \\ D[\Delta\varphi] = M[(\Delta\varphi - M[\Delta\varphi])^2] = \sigma_\varphi^2. \end{cases} \quad (2)$$

Несложно показать, что характеристики параметра $\hat{\varphi} = \varphi^* + \Delta\varphi$ описываются следующими соотношениями:

$$\begin{cases} f(\hat{\varphi}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \exp\left\{-\frac{(\hat{\varphi} - \varphi^*)^2}{2\sigma_\varphi^2}\right\}; \\ M[\hat{\varphi}] = \varphi^*; \\ D[\hat{\varphi}] = M[(\hat{\varphi} - M[\hat{\varphi}])^2] = \sigma_\varphi^2. \end{cases} \quad (3)$$

Необходимо получить плотности вероятности $f[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]$ и статистические характеристики $M[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]$, $D[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]$ ($i=1..4$) оценок $\Phi_i(\hat{\varphi}_n)$ – значений гармонических функций от параметра $\hat{\varphi}_n = n\hat{\varphi}$, где n – некоторая постоянная:

$$\begin{cases} \Phi_1(\hat{\varphi}_n) = \sin(n\hat{\varphi}) \\ \Phi_2(\hat{\varphi}_n) = \cos(n\hat{\varphi}) \\ \Phi_3(\hat{\varphi}_n) = \sin^2(n\hat{\varphi}) \\ \Phi_4(\hat{\varphi}_n) = \cos^2(n\hat{\varphi}) \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} f(\sin(\hat{\varphi}_n)) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)n\sigma_\varphi}\sqrt{1-\sin^2(n\hat{\varphi})}} \exp\left\{-\frac{(\arcsin(\sin(n\hat{\varphi})) - n\varphi^*)^2}{2n^2\sigma_\varphi^2}\right\}; \\ f(\cos(\hat{\varphi}_n)) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)n\sigma_\varphi}\sqrt{1-\cos^2(n\hat{\varphi})}} \exp\left\{-\frac{(\arccos(\cos(n\hat{\varphi})) - n\varphi^*)^2}{2n^2\sigma_\varphi^2}\right\}; \\ f(\sin^2(\hat{\varphi}_n)) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)n\sigma_\varphi}\sqrt{[1-\sin^2(n\hat{\varphi})]\sin^2(n\hat{\varphi})}} \exp\left\{-\frac{(\arcsin(\sqrt{\sin^2(n\hat{\varphi})}) - n\varphi^*)^2}{2n^2\sigma_\varphi^2}\right\}; \\ f(\cos^2(\hat{\varphi}_n)) = \frac{1}{n\sqrt{(2\pi)n\sigma_\varphi}\sqrt{[1-\cos^2(n\hat{\varphi})]\cos^2(n\hat{\varphi})}} \exp\left\{-\frac{(\arccos(\sqrt{\cos^2(n\hat{\varphi})}) - n\varphi^*)^2}{2n^2\sigma_\varphi^2}\right\}. \end{cases} \quad (6)$$

Применив правило нахождения плотности вероятности функции независимой случайной величины [9–10]

$$f[\Phi_i(\hat{\varphi})] = f[\Phi_i(\hat{\varphi})^{-1}] \left| \frac{\partial[\Phi_i(\hat{\varphi})^{-1}]}{\partial\hat{\varphi}} \right|, \quad (5)$$

где $\Phi_i(\hat{\varphi})^{-1}$ – функция, обратная $\Phi_i(\hat{\varphi})$, запишем выражения для плотностей вероятности гармонических функций от параметра $\hat{\varphi}_n$ (формулы (4)).

При использовании (6) необходимо учитывать, что входящие в выражения круговые (обратные тригонометрические) функции многозначны, а их главные значения ограничены пределами

$$-\frac{\pi}{2} \leq \arcsin(\alpha_k) \leq \frac{\pi}{2}, \quad 0 \leq \arccos(\alpha_k) \leq \pi. \quad (7)$$

Определим числовые характеристики (математическое ожидание и дисперсию) оценок значений гармонических функций от параметра $\hat{\varphi}$ (4). Для их нахождения воспользуемся следующими соотношениями [9–11]:

$$\begin{cases} M[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)] = \int \Phi_i(\hat{\varphi}_n) f(\hat{\varphi}) d\hat{\varphi} \\ D[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)] = \int [\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]^2 f(\hat{\varphi}) d\hat{\varphi} - (M[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)])^2 \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \sin(\alpha \pm \beta) = \sin(\alpha)\cos(\beta) \pm \cos(\alpha)\sin(\beta) \\ \cos(\alpha \pm \beta) = \cos(\alpha)\cos(\beta) \mp \sin(\alpha)\sin(\beta) \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin[q(t+\lambda)]}{\exp\{pt^2\}} dt = \sqrt{\frac{\pi}{p}} \exp\left\{-\frac{q^2}{4p}\right\} \sin(q\lambda); \\ \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos[q(t+\lambda)]}{\exp\{pt^2\}} dt = \sqrt{\frac{\pi}{p}} \exp\left\{-\frac{q^2}{4p}\right\} \cos(q\lambda); \\ \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin^2(qt)}{\exp\{pt^2\}} dt = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{p}} \left(1 - \exp\left\{-\frac{q^2}{p}\right\}\right); \\ \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos^2(qt)}{\exp\{pt^2\}} dt = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{p}} \left(1 + \exp\left\{-\frac{q^2}{p}\right\}\right). \end{cases} \quad (10)$$

Используя соотношения (8) – (10), рассчитаем математические ожидания оценок значений степеней гармонических функций от параметра $\hat{\varphi}_n$:

$$M[\sin(\hat{\varphi}_n)] = \int \sin[n(\varphi^* + \Delta\varphi)] \frac{1}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \times$$

$$\begin{aligned}
& \times \exp \left\{ -\frac{[(\varphi^* + \Delta\varphi) - \varphi^*]^2}{2\sigma_\varphi^2} \right\} d\hat{\varphi} = \\
& = \int (\sin(n\varphi^*) \cos(n\Delta\varphi) + \cos(n\varphi^*) \sin(n\Delta\varphi)) \times \\
& \quad \times \frac{1}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \exp \left\{ -\frac{(\Delta\varphi)^2}{2\sigma_\varphi^2} \right\} d\Delta\varphi = \\
& = \frac{\sin(n\varphi^*)}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \int \cos(n\Delta\varphi) \exp \left\{ -\frac{(\Delta\varphi)^2}{2\sigma_\varphi^2} \right\} d\Delta\varphi + \\
& + \frac{\cos(n\varphi^*)}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \int \sin(n\Delta\varphi) \exp \left\{ -\frac{(\Delta\varphi)^2}{2\sigma_\varphi^2} \right\} d\Delta\varphi = \\
& = \frac{\sin(n\varphi^*)}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \frac{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}}{1} \exp \left\{ -\frac{2(n\sigma_\varphi)^2}{4} \right\} \cos(0) + \\
& + \frac{\cos(n\varphi^*)}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \frac{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}}{1} \exp \left\{ -\frac{2(n\sigma_\varphi)^2}{4} \right\} \sin(0) = \\
& = \sin(n\varphi^*) \exp \left\{ -\frac{(n\sigma_\varphi)^2}{2} \right\}. \quad (11)
\end{aligned}$$

Аналогічно маємо

$$M[\cos(\hat{\varphi}_n)] = \cos(n\varphi^*) \exp \left\{ -\frac{(n\sigma_\varphi)^2}{2} \right\}, \quad (12)$$

$$\begin{aligned}
M[\sin^2(\hat{\varphi}_n)] &= \\
& = \int (\sin(n\varphi^*) \cos(n\Delta\varphi) + \cos(n\varphi^*) \sin(n\Delta\varphi))^2 \times \\
& \quad \times \frac{1}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \exp \left\{ -\frac{(\Delta\varphi)^2}{2\sigma_\varphi^2} \right\} d\Delta\varphi = \\
& = \frac{1 - \cos(2n\varphi^*) \exp \left\{ -2(n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{2}, \quad (13)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M[\cos^2(\hat{\varphi}_n)] &= \\
& = \int (\cos(n\varphi^*) \cos(n\Delta\varphi) - \sin(n\varphi^*) \sin(n\Delta\varphi))^2 \times \\
& \quad \times \frac{1}{\sqrt{(2\pi)\sigma_\varphi}} \exp \left\{ -\frac{(\Delta\varphi)^2}{2\sigma_\varphi^2} \right\} d\Delta\varphi = \\
& = \frac{1 + \cos(2n\varphi^*) \exp \left\{ -2(n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{2}. \quad (14)
\end{aligned}$$

Із соотношения

$$\begin{aligned}
1^2 &= (\sin^2(\hat{\varphi}_n) + \cos^2(\hat{\varphi}_n))^2 = \\
&= \sin^4(\hat{\varphi}_n) + 2\sin^2(\hat{\varphi}_n)\cos^2(\hat{\varphi}_n) + \cos^4(\hat{\varphi}_n) =
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sin^4(\hat{\varphi}_n) + \frac{\sin^2(2\hat{\varphi}_n)}{2} + (1 - \sin^2(\hat{\varphi}_n))^2 = \\
&= (1 - \cos^2(\hat{\varphi}_n))^2 + \frac{\sin^2(2\hat{\varphi}_n)}{2} + \cos^4(\hat{\varphi}_n) \\
&\text{следует} \begin{cases} \sin^4(\hat{\varphi}_n) = \sin^2(\hat{\varphi}_n) - \frac{\sin^2(2\hat{\varphi}_n)}{4} \\ \cos^4(\hat{\varphi}_n) = \cos^2(\hat{\varphi}_n) - \frac{\sin^2(2\hat{\varphi}_n)}{4} \end{cases}. \quad (15)
\end{aligned}$$

С учетом (13) – (15) запишем выражения для математического ожидания оценок значений четвертой степени гармонических функций от параметра $\hat{\varphi}_n$:

$$\begin{aligned}
M[\sin^4(\hat{\varphi}_n)] &= M[\sin^2(\hat{\varphi}_n)] - M\left[\frac{\sin^2(2\hat{\varphi}_n)}{4}\right] = \\
&= \frac{1 - \cos(2n\varphi^*) \exp \left\{ -2(n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{2} - \\
&\quad - \frac{1 - \cos(4n\varphi^*) \exp \left\{ -2(2n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{8}, \quad (16)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M[\cos^4(\hat{\varphi}_n)] &= M[\cos^2(\hat{\varphi}_n)] - M\left[\frac{\sin^2(2\hat{\varphi}_n)}{4}\right] = \\
&= \frac{1 + \cos(2n\varphi^*) \exp \left\{ -2(n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{2} - \\
&\quad - \frac{1 - \cos(4n\varphi^*) \exp \left\{ -2(2n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{8}. \quad (17)
\end{aligned}$$

Выражения (11) – (14), (16), (17) описывают математические ожидания (начальные моменты первого порядка) для оценок значений первой, второй и четвертой степеней значений гармонических функций $\Phi_i(\hat{\varphi}_n)$ от параметра $\hat{\varphi}$. Начальные моменты второго порядка $M[(\Phi_i(\hat{\varphi}_n))^2] = \int [\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]^2 f(\hat{\varphi}) d\hat{\varphi}$ для оценок значений функций $\Phi_1(\hat{\varphi}_n)$, $\Phi_2(\hat{\varphi}_n)$ описываются выражениями (13), (14), а для оценок значений функций $\Phi_3(\hat{\varphi}_n)$, $\Phi_4(\hat{\varphi}_n)$ – выражениями (16), (17). Дисперсии оценок $D[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]$ определяются следующими выражениями:

$$\begin{aligned}
D[\Phi_1(\hat{\varphi}_n)] &= \frac{1 - \cos(2n\varphi^*) \exp \left\{ -2(n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{2} - \\
&\quad - \sin^2(n\varphi^*) \exp \left\{ -\frac{(n\sigma_\varphi)^2}{2} \right\}, \quad (18)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D[\Phi_2(\hat{\varphi}_n)] &= \frac{1 + \cos(2n\varphi^*) \exp \left\{ -2(n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{2} - \\
&\quad - \cos^2(n\varphi^*) \exp \left\{ -\frac{(n\sigma_\varphi)^2}{2} \right\}, \quad (19)
\end{aligned}$$

$$D[\Phi_3(\hat{\varphi}_n)] = \frac{1 - \cos(2n\varphi^*) \exp \left\{ -2(n\sigma_\varphi)^2 \right\}}{2} -$$

$$\begin{aligned} & - \frac{1 - \cos(4n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{8} \\ & - \left(\frac{1 - \cos(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{2} \right)^2 = \\ & = \frac{1 - \cos^2(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{4} \\ & - \frac{1 - \cos(4n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{8}, \quad (20) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D[\Phi_4(\hat{\varphi}_n)] &= \frac{1 + \cos(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{2} \\ & - \frac{1 - \cos(4n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{8} \\ & - \left(\frac{1 + \cos(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{2} \right)^2 = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & = \frac{1 - \cos^2(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{4} \\ & - \frac{1 - \cos(4n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{8}. \quad (21) \end{aligned}$$

Для удобства полученные соотношения, описывающие статистические характеристики оценок значений гармонических функций от параметра $\hat{\varphi}_n$ (4), сведены в табл. 1.

Выражения для систематических ошибок $\Delta M[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)] = \Phi_i(\varphi_n^*) - M[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]$ имеют вид

$$\begin{cases} \Delta M[\sin(\hat{\varphi}_n)] = \sin(\varphi_n^*) \left(1 - \exp\left\{-\frac{(n\sigma_\varphi)^2}{2}\right\} \right); \\ \Delta M[\cos(\hat{\varphi}_n)] = \cos(\varphi_n^*) \left(1 - \exp\left\{-\frac{(n\sigma_\varphi)^2}{2}\right\} \right); \\ \Delta M[\sin^2(\hat{\varphi}_n)] = -\frac{\cos(2\varphi_n^*)}{2} \left(1 - \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\} \right); \\ \Delta M[\cos^2(\hat{\varphi}_n)] = \frac{\cos(2\varphi_n^*)}{2} \left(1 - \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\} \right) \end{cases} \quad (22)$$

Таблица 1. Статистические характеристики оценок значений гармонических функций от параметра $\hat{\varphi}_n$

$\Phi_i(\hat{\varphi}_n)$	$M[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]$	$D[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]$
$\sin(n\hat{\varphi})$	$\sin(n\varphi^*) \exp\left\{-\frac{(n\sigma_\varphi)^2}{2}\right\}$	$M[\sin^2(n\hat{\varphi})] - (M[\sin(n\hat{\varphi})])^2 =$ $= \frac{1 - \cos(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{2} -$ $-\sin^2(n\varphi^*) \exp\left\{-(n\sigma_\varphi)^2\right\}$
$\cos(n\hat{\varphi})$	$\cos(n\varphi^*) \exp\left\{-\frac{(n\sigma_\varphi)^2}{2}\right\}$	$M[\cos^2(n\hat{\varphi})] - (M[\cos(n\hat{\varphi})])^2 =$ $= \frac{1 + \cos(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{2} -$ $-\cos^2(n\varphi^*) \exp\left\{-(n\sigma_\varphi)^2\right\}$
$\sin^2(n\hat{\varphi})$	$\frac{1 - \cos(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{2}$	$M[\sin^4(n\hat{\varphi})] - (M[\sin^2(n\hat{\varphi})])^2 =$ $= \frac{1 - \cos^2(2n\varphi^*) \exp\{-(2n\sigma_\varphi)^2\}}{4} -$ $-\frac{1 - \cos(4n\varphi^*) \exp\{-2(2n\sigma_\varphi)^2\}}{8}$
$\cos^2(n\hat{\varphi})$	$\frac{1 + \cos(2n\varphi^*) \exp\{-2(n\sigma_\varphi)^2\}}{2}$	$M[\cos^4(n\hat{\varphi})] - (M[\cos^2(n\hat{\varphi})])^2 =$ $= \frac{1 - \cos^2(2n\varphi^*) \exp\{-(2n\sigma_\varphi)^2\}}{4} -$ $-\frac{1 - \cos(4n\varphi^*) \exp\{-2(2n\sigma_\varphi)^2\}}{8}$

2. Анализ полученных результатов и предложения по их практическому применению. Анализ выражений, описывающих статистические характеристики значений функций $\Phi_i(\hat{\varphi}_n)$ (табл. 1), показывает, что их математические ожидания являются смещенными относительно истинных значений функций. Систематическая ошибка (смещение) $\Delta M[\Phi_i(\hat{\varphi}_n)]$ зависит как от дисперсии мешающего воздействия (нормальной ошибки, обусловленной шумами) σ_φ , так и от истинного значения гармонической функции $\Phi_i(n \cdot \varphi^*)$ и кратности измеряемого параметра (задающего воздействия) n .

Зависимости систематических ошибок и дисперсий ошибок для функций $\sin(n\hat{\varphi})$ и $\sin^2(n\hat{\varphi})$ от

параметра φ^* для двух значений σ_φ при $n=1$ показаны на рис. 1.

Статистические характеристики ошибок значений гармонических функций имеют выраженную нелинейную осциллирующую зависимость. Экстремумы математического ожидания и дисперсии ошибки значения соответствующей гармонической функции сдвинуты относительно друг друга на $\pi/2$ (максимальному модульному значению систематической ошибки соответствует минимальная дисперсия, и наоборот).

Сумма квадратов систематических ошибок функций $\Delta M^2[\sin(\hat{\varphi}_n)]$ и $\Delta M^2[\cos(\hat{\varphi}_n)]$ определяется выражением

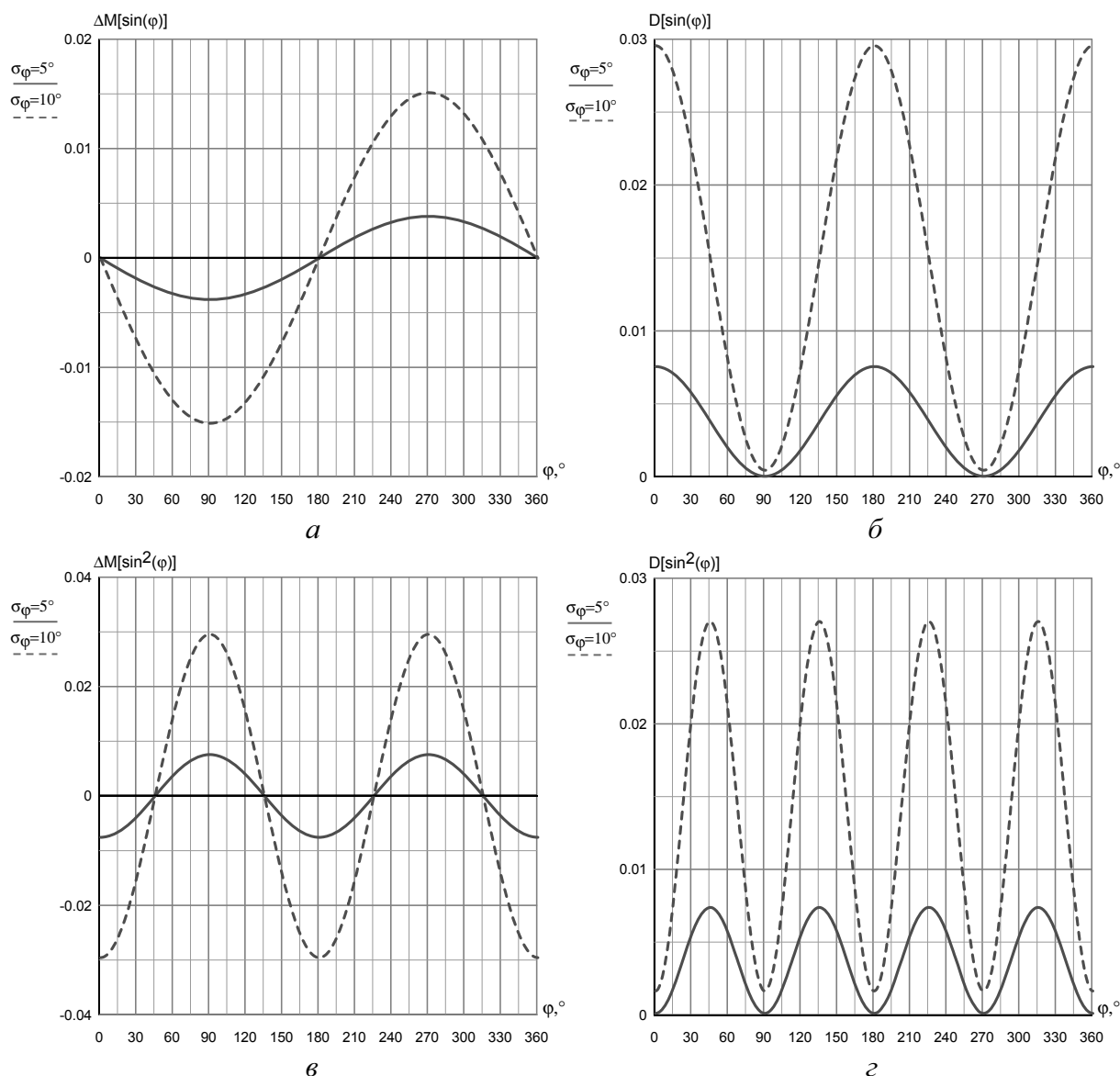


Рис. 1. Зависимости систематических ошибок и дисперсий ошибок от параметра φ^* ($n=1$):

- а – систематическая ошибка $\sin(n\hat{\varphi})$ ($\sigma_\varphi = 5^\circ$ и $\sigma_\varphi = 10^\circ$);
- б – дисперсия ошибки $\sin(n\hat{\varphi})$ ($\sigma_\varphi = 5^\circ$ и $\sigma_\varphi = 10^\circ$);
- в – систематическая ошибка $\sin^2(n\hat{\varphi})$ ($\sigma_\varphi = 5^\circ$ и $\sigma_\varphi = 10^\circ$);
- г – дисперсия ошибки $\sin^2(n\hat{\varphi})$ ($\sigma_\varphi = 5^\circ$ и $\sigma_\varphi = 10^\circ$)

фазовращателем фазового сдвига $(\pi/2 + \xi)$, где ξ – фазовая ошибка. В этом случае на вход управляемого инвертора поступает сигнал об изменении знака входящего полезного сигнала. Разность прямого и инвертированного сигналов Δ^\pm с выходов сумматоров Σ_1 и Σ_2 в схеме сравнения и управления будет определяться выражением

$$\begin{aligned} \Sigma_1 : \Delta^\pm_{\Sigma_1} &= (M^2 [\cos(\hat{\varphi}_n)] + M^2 [\sin(\xi + \hat{\varphi}_n)]) - \\ &- (M^2 [\cos(-\hat{\varphi}_n)] + M^2 [\sin(\xi - \hat{\varphi}_n)]) = \\ &= T \frac{4 \cos(\varphi_n^*) \sin(\varphi_n^*) \cos(\xi) \sin(\xi)}{\exp\{(n\sigma_\varphi)^2\}}, \quad (25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma_2 : \Delta^\pm_{\Sigma_2} &= M^2 [\cos^2(\hat{\varphi}_n) + \sin^2(\xi + \hat{\varphi}_n)] - \\ &- M^2 [\cos^2(-\hat{\varphi}_n) + \sin^2(\xi - \hat{\varphi}_n)] = \\ &= T \frac{4 \cos(\varphi_n^*) \sin(\varphi_n^*) \cos(\xi) \sin(\xi)}{\exp\{2(n\sigma_\varphi)^2\}}, \quad (26) \end{aligned}$$

где значения функций $\cos(n\varphi^*)$, $\sin(\xi \pm n\varphi^*)$ могут быть предварительно оценены с точностью до множителя $\exp\{-(n\sigma_\varphi)^2/2\}$ по значениям напряжений, снятых с выходов интеграторов блоков 2, 3 соответственно.

Логарифм отношения разностей прямого и инвертированного сигналов Δ^\pm с выходов сумматоров Σ_1 и Σ_2 на выходе логарифмического усилителя определяется соотношением

$$-Ln \left(\frac{\Delta^\pm_{\Sigma_2}}{\Delta^\pm_{\Sigma_1}} \right) = (n\sigma_\varphi)^2, \quad (27)$$

и не зависит от фазовой ошибки ξ фазовращателя, что позволяет произвести оценку дисперсии мешающего воздействия.

Таким образом, используя разности прямого и инвертированного сигналов Δ^\pm в качестве сигналов рассогласования, производится устранение фазовой ошибки фазовращателя, так как $\Delta^\pm \rightarrow 0|_{\xi \rightarrow 0}$. Предложенная схема позволяет контролировать квадратурность каналов устройства, производить измерение уровня шумов и оценку дисперсии ошибок измерения и может быть использована в существующих и перспективных системах управления и контроля.

Выводы:

1. В работе получены выражения для плотностей вероятностей оценок и числовых характеристик оценок значений гармонических функций и их ошибок.

2. На основании полученных соотношений синтезирована схема устройства контроля трактов, которое позволяет контролировать квадратурность каналов,

производить измерение уровня шумов и оценку дисперсии ошибок измерения.

3. Полученные в работе результаты целесообразно использовать в существующих и перспективных системах обработки данных, измерительных системах и системах управления.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Чинков В. М., Герасимов С. В. Математична постановка проблеми синтезу вимірювальних сигналів для визначення технічного стану зразків озброєння при їх експлуатації за технічним станом // Системи озброєння і військова техніка. 2013. № 4 (36). С. 128–131.
2. Чинков В. М., Герасимов С. В. Дослідження та обґрунтування критеріїв оптимізації вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем автоматичного управління // Український метрологічний журнал. 2013. № 4. С. 43–47.
3. Маслов А. Ф., Рошупкин Е. С., Хмелевський С. И., Селевко В. Н. Потенциальная точность измерения времени запаздывания путем учета фазовой структуры принимаемых разнесенными апертурами сигналов // Збірник наук. праць / ХВУ. Х. : ХВУ, 2002. Вип. 3 (41). С. 83–85.
4. Радиотехнические системы: Основы построения и теория : справ. / Ширман Я. Д., Лосев Ю. И., Минервин Н. Н. [и др.] ; под ред. Ширмана Я. Д. М. : ЗАО “Маквис”, 1998. 828 с.
5. Дудник П. И., Ильчук А. Р., Татарский Б. Г. Многофункциональные радиолокационные системы : учеб. пособие для вузов / под ред. Б. Г. Татарского. М. : Дрофа, 2007. 283 с.
6. Пространственно-временная обработка сигналов / И. Я. Кремер, А. И. Кремер, В. М. Петров [и др.] ; под ред. И. Я. Кремера. М. : Радио и связь, 1984. 224 с.
7. Тихонов В. И., Кульман Н. К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. М. : Сов. радио, 1975. 704 с.
8. Герасимов С. В., Кукобко С. В., Рошупкин Е. С., Расстригин О. О. Синтез вимірювальних сигналів для визначення технічного стану систем автоматичного управління // Озброєння та військова техніка. № 4 (12), 2016. С. 32–36.
9. Вентцель Е. С. Теория вероятностей : учеб. для вузов. М. : Высш. шк., 2001. 575 с.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М. : Наука, 1984. 831 с.
11. Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М. : Физматгиз, 1987. 1100 с.

Рецензент Г. С. Залевський, д-р техн. наук, старший научный сотрудник (Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба)

УДК

О. Л. НАЛАПКО, ад'юнкт*(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Порівняльний аналіз функціональних можливостей самоорганізуючих мереж передачі даних

Проводиться аналіз функціональних можливостей мереж з можливою самоорганізацією. Визначено мережі військового призначення оптимального типу. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку мереж військового призначення.

Ключові слова: мережі з можливою самоорганізацією, Ad hoc, маршрутизація, хост, вузол, MANET, WANET, MCN, QoS, спеціальні безпроводні мережі, мережі військового призначення, гібридні архітектури, передача даних, інтелектуальні мобільні вузли.

Проводится анализ функциональных возможностей сетей с возможной самоорганизацией. Определены сети военного назначения оптимального типа. Проанализированы современные тенденции развития сетей военного назначения.

Ключевые слова: сети с возможной самоорганизацией, Ad hoc, маршрутизация, хост, узел, MANET, WANET, MCN, Qos, специальные беспроводные сети, сети военного назначения, гибридные архитектуры, передача данных, интеллектуальные мобильные узлы.

На теперішній час технології безпроводних мереж широко використовуються в нашому повсякденному житті та в мережах військового призначення, й, як свідчить проведений в джерелах [1–29] аналіз, у подальшому їх відсоток буде лише збільшуватися. Зазначена особливість обумовлює актуальність цього напрямку для проведення наукових досліджень.

На теперішній час активно ведуться роботи з впровадження систем передачі даних з використанням мереж з можливістю самоорганізації (Ad hoc Networks).

Основним завданням мереж з можливістю самоорганізації передачі даних є:

побудова стійкої до відмов мережної інфраструктури; підвищення використання радіо- та радіочастотного ресурсу;

забезпечення адаптації мереж до дії зовнішніх факторів;

зменшення вартості розгортання та функціонування мережі в порівнянні з класичними принципами побудови.

Аналіз останніх публікацій [9, 19, 28] вказує на те, що на даний момент ведуться активні роботи з дослідження, вдосконалення та активного впровадження мереж із сучасними технологіями передачі даних.

Децентралізована мережа з можливістю самоорганізації складається з маршрутизаторів та мобільних пристроїв, що зв'язані між собою і одночасно виконують функції як клієнта, так і маршрутизатора. На відміну від класичного варіанта побудови безпроводних мереж, де всі клієнти зв'язуються з маршрутизатором та передача даних відбувається лише через нього, у децентралізованій мережі кожен з цих пристроїв може переміщуватися в різних напрямках, при цьому в результаті переміщення розривати та встановлювати нові з'єднання із сусідніми пристроями.

Отже **метою** статті є проведення всебічного аналізу технічних характеристик Ad hoc мереж.

Безпроводна мережа з можливістю самоорганізації (Ad hoc wireless network, WANET) – це безпроводна децентралізована мережа, що не вимагає заздалегідь створеної інфраструктури, а також не має постійної структури, де клієнтські пристрої (node – вузол) є рівнозначними і динамічно з'єднуються поміж собою, формуючи мережу. Кожен цих пристроїв бере участь у маршрутизації, пересилаючи інформації до адресату через інші пристрої. При цьому визначення, якому пристрою необхідно передавати інформацію, визначається зв'язністю мережі.

Хоча Ad-hoc безпроводні мережі призначені для роботи за відсутності інфраструктури, останні досягнення в архітектурі безпроводних мереж показують рішення, що дозволяють Ad-hoc вузлам працювати з наявною мережною інфраструктурою [1, 2, 5, 6]. Для прикладу можна навести багатоінтервальні стільникові мережі (Multi-hop Cellular Networks – MCNs) та пакетні радіомережі з можливістю самоорганізації з накладенням (Self-organizing Packet Radio Ad hoc Networks with Overlay – SOPRANO). Ці гібридні архітектури (поєднують переваги стільникових та Ad-hoc безпроводних мереж) значно підвищують продуктивність системи.

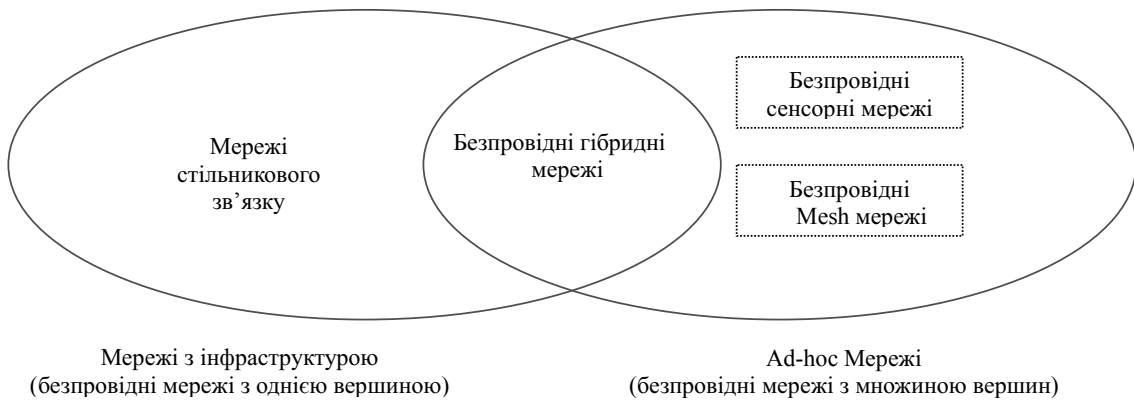


Рис. 1. Різновиди безпроводних мереж

Навіть з перевагами, що надають Ad-hoc мережі, залишається багато питань, які необхідно вирішити, включаючи підтримку системи пріоритизації трафіку (QoS – Quality of Service) для програм реального часу, зменшення ціни, енергоефективної ретрансляції, балансування навантаження, підтримки багатоадресного (Multicast) трафіку (рис. 1) тощо.

Стільникові безпроводні мережі (рис. 1) класифікуються як мережі, що залежать від інфраструктури. Визначення шляху для виклику між двома клієнтськими вузлами, скажімо між вузлом А та вузлом В, виконується через базову станцію (рис. 2).

Безпроводні Ad-hoc мережі належать до безпроводних мереж, що використовують множину хопів (Multi-Hop) для ретрансляції та здатні працювати без підтримки будь-якої фіксованої інфраструктури (їх також називають безінфраструктурними безпроводними мережами).

Відсутність базової станції робить маршрутизацію складною в порівнянні зі стільниковими мережами.

Прокладання шляху для виклику між двома вузлами А та В виконується через проміжний мобільний вузол С (рис. 3). Безпроводні Mesh мережі та безпроводні сенсорні мережі є конкретними прикладами безпроводних Ad hoc мереж.

Наявність базових станцій спрощує маршрутизацію та управління ресурсами в стільниковій мережі, оскільки пошук та визначення маршруту до адресата виконується централізовано базовою станцією.

Але в Ad-hoc безпроводній мережі управління маршрутизацією та ресурсами здійснюється розподілений способом, в якому всі вузли координуються, щоб забезпечити з'єднання між собою [5].

Це вимагає, щоб кожен вузол був більш інтелектуальним, міг функціонувати й як мережний хост для передачі та отримання даних, так і маршрутизатор для маршрутизації пакетів до інших вузлів адресатів. При цьому повинно враховуватися багато складових, таких як потужність сигналу, випадковість зміни в топології та її коригування, змінність кількості вузлів, принцип

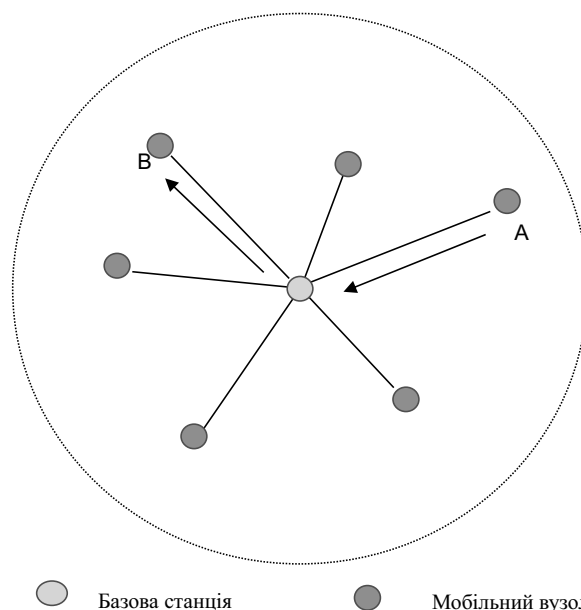


Рис. 2. Встановлення з'єднання в стільниковій мережі (Single-hop – з єдиною вершиною) від мобільного вузла А до мобільного вузла В через базову станцію

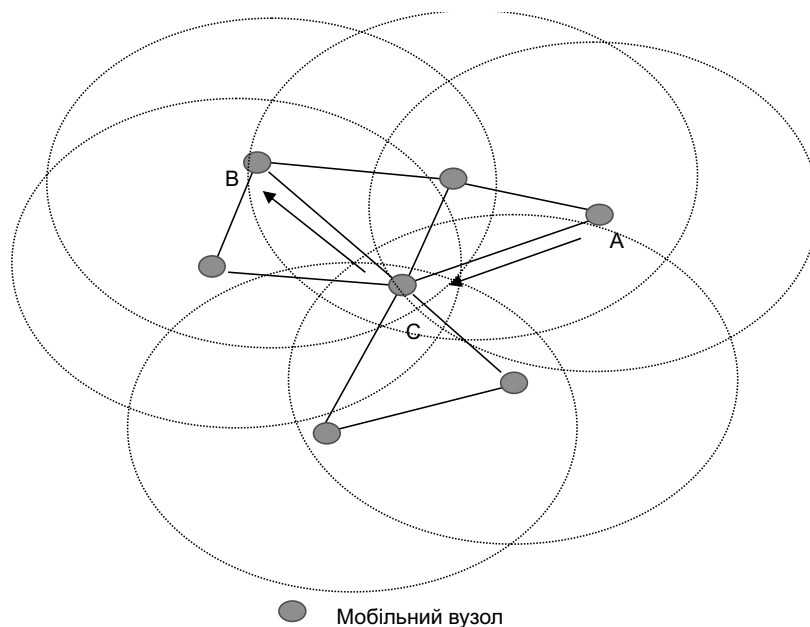


Рис. 3 Приклад встановлення з'єднання в Ad-hoc мережі (з множиною вершин) від мобільного вузла A до мобільного вузла B через мобільний вузол C

організації передачі інформації, багатоканальність мереж, пошук оптимальних маршрутів та маршрутизація пакетів до отримувача, пріоритизація даних, що передаються, балансування навантаження передачі даних, заряд батареї мобільного вузла, різниця обчислювальних ресурсів, зміна діаграми спрямованості антени, забезпечення гарантованої доставки пакета тощо. Отже, мобільні вузли в Ad-hoc безпроводних мережах суттєво складніші у порівнянні з їхніми аналогами в стільникових мережах (табл. 1) та вимагають подальшої оптимізації управляючих алгоритмів та протоколів для забезпечення належної взаємодії вузлів та обміну пакетними даними між собою [6, 8, 9, 29].

Розглянемо порядок застосування Ad-hoc безпроводних мереж. Ad-hoc безпроводні мережі завдяки швидкому та дешевшому розгортанню знаходять застосування в кількох сферах діяльності: військові операції, спільні та розподілені обчислення, пошуково-рятувальні операції під час надзвичайних ситуацій, безпроводні mesh мережі, безпроводні сенсорні мережі та безпроводні мережі з гібридною архітектурою.

Спеціальні безпроводні мережі використовуються для встановлення зв'язку між групою солдатів під час тактичних операцій, де неможливо організувати фіксовану інфраструктуру [9]. У таких середовищах спеціальні безпроводні мережі швидко забезпечують необхідний механізм зв'язку. Іншим прикладом застосування може бути координація руху військових об'єктів на високій швидкості, таких як літаки або військові кораблі.

Ще однією галуззю, де можуть використовуватися Ad-hoc мережі є **мережі спільного та розподіленого обчислення**, де вимагається швидка побудова комунікаційної інфраструктури для з'єднання вузлів з мінімальними налаштуваннями. Цей вид комунікацій, на відміну до військових мереж спеціального призначення, не має

таких вимог до забезпечення захисту з'єднання але потребує багатоадресної передачі даних та гарантованої доставки даних, а передача поточкових мультимедійних даних також вимагає підтримки безперервного зв'язку в режимі реального часу [14].

Зважаючи, що, як правило, в таких ситуаціях мобільні вузли є неоднорідними: ноутбуки, планшети, смартфони, кишенькові портативні комп'ютери з високою процесорною потужністю – та мають обмежений запас заряду акумуляторних батарей, то їх взаємодія є доволі важкою проблемою.

В галузі ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій **застосування Ad-hoc мереж в екстремальних ситуаціях**, таких як координація та керування пошуково-рятувальними операціями внаслідок стихійного лиха, де зруйнована (пошкоджена) або просто відсутня інфраструктура з організації зв'язку, негайне розгортання спеціальних безпроводних мереж може стати гарним рішенням для координації рятувальних дій. Оскільки спеціальні безпроводні мережі вимагають мінімальної початкової конфігурації для їх функціонування, то час на побудову мережі дуже малий або взагалі не потрібен на побудову мережі для її функціонування.

Іншим видом безпроводних мереж з можливістю до самоорганізації є **mesh мережі**. Mesh мережі є спеціальними безпроводними мережами, що використовуються для забезпечення надлишкової інфраструктури зв'язку як для мобільних, так і для фіксованих вузлів, без обмежень повторного використання спектру і вимог мережного планування стільникових мереж.

Топологія mesh мережі забезпечує багато альтернативних шляхів для передачі даних між джерелом і адресою призначення, призводячи до швидкої реконфігурації шляху, коли існуючим шляхом неможливо передати повідомлення. Mesh мережі забезпечують найбільш

Таблиця 1. Відмінності між стільниковими та Ad-hoc безпроводними мережами

Стільникова безпроводна мережа	Ad-hoc безпроводна мережа
Потребує фіксованої інфраструктури	Не потребує фіксованої інфраструктури
З'єднання в одному стільнику	З'єднання з багатьма переходами (Multi-hop)
Гарантована смуга пропускання (призначена для голосового трафіку)	Спільний радіоканал (найбільше підходить для передачі даних)
Централізована маршрутизація	Розподілена маршрутизація
Стільникова комутація (розвивається в бік пакетної комутації)	Пакетна комутація (розвивається до емуляції стільникової комутації)
Безшовне з'єднання (мала кількість обривів з'єднання)	Багато обривів зв'язку через мобільність
Висока ціна та час розгортання	Низька ціна та час розгортання
Повторне використання частотного ресурсу за допомогою просторового рознесення	Динамічне використання єдиного радіочастотного ресурсу
Легше досягати синхронізації часу	Синхронізація часу є складною і споживає трафік (bandwidth)
Легке використання резервної пропускну здатності	Резервування пропускну спроможності вимагає складних протоколів для керування доступом до середовища
Галузі застосування в основному є цивільними та комерційного сектору	Галузі застосування є: пошуково-рятувальні операції, рятувальні операції, спільні обчислення, організація зв'язку спецоперації, використання там, де неможливе використання інфраструктури, тощо
Висока вартість обслуговування мережі (резервування джерела живлення, обслуговуючий персонал тощо)	Властивості самоорганізації та технічного обслуговування вбудовані в мережу
Мобільні вузли мають відносно низьку складність	Мобільні вузли вимагають більшої інтелектуальності (повинні мати передавач з можливістю маршрутизації та комутації)
Основними цілями маршрутизації та вхідного виклику є максимізація коефіцієнта прийому дзвінків та мінімізація коефіцієнта розриву викликів	Основною метою маршрутизації є пошук шляхів з мінімальними накладними витратами, а також швидке перенаштування недійсних маршрутів
Широко використовується та на даний час вже є п'яте покоління в еволюції	Для успішного комерційного розгортання слід розробити декілька підходів, має широке застосування в армії

економну можливість передачі даних разом із свободою мобільності [4].

Оскільки побудована інфраструктура у формі невеликих ретрансляційних пристроїв, встановлених, наприклад, на дахах будинків у житловій зоні (рис. 4) чи подібних пристроях, встановлених на стовпах освітлення вздовж вулиці, є більш економічною у порівнянні з побудовою класичної стільникової мережі.

Такі мережі утворюються шляхом розміщення безпроводного ретрансляційного обладнання, що розміщується по всій території, яку треба покрити мережею.

Можливі сценарії розгортання mesh мережі включають: житлові зони (де потрібне широкопasmове підключення до Інтернету), автошляхи (де потрібні засоби зв'язку для переміщення автомобілів), бізнес-зони (де потрібна альтернативна система зв'язку стільниковим мережам), важливі цивільні регіони (де потрібний високий ступінь доступності послуг), а також університетські містечка (для забезпечення дешевого покриття мережею в університетському містечку).

Основними перевагами mesh мережі є підтримка високої швидкості передачі даних, швидка та низька вартість розгортання, розширені сервіси, висока масштабованість, зручність розширення, висока доступність та низька ціна за біт переданої інформації. Mesh мережі працюють у діапазоні частот, що не потребують ліцензування, а саме 2,4 ГГц та 5 ГГц. Залежно від технології, яка використовується для забезпечення зв'язку на фізичному рівні та каналному рівні моделі OSI (open systems interconnection basic reference model – базова еталонна модель взаємодії відкритих систем), може забезпечувати швидкості передачі даних від 2 Мбіт/с до 1 Гбіт/с.

Час для розгортання, необхідний для мережі, набагато менший, ніж той, який досягається при побудові класичних мереж на основі інфраструктури. Mesh мережі забезпечують дуже економічну комунікаційну інфраструктуру з погляду витрат на розгортання та передачу даних. Mesh мережі добре масштабовані, що забезпечує велику кількість вузлів у мережі. Навіть при дуже

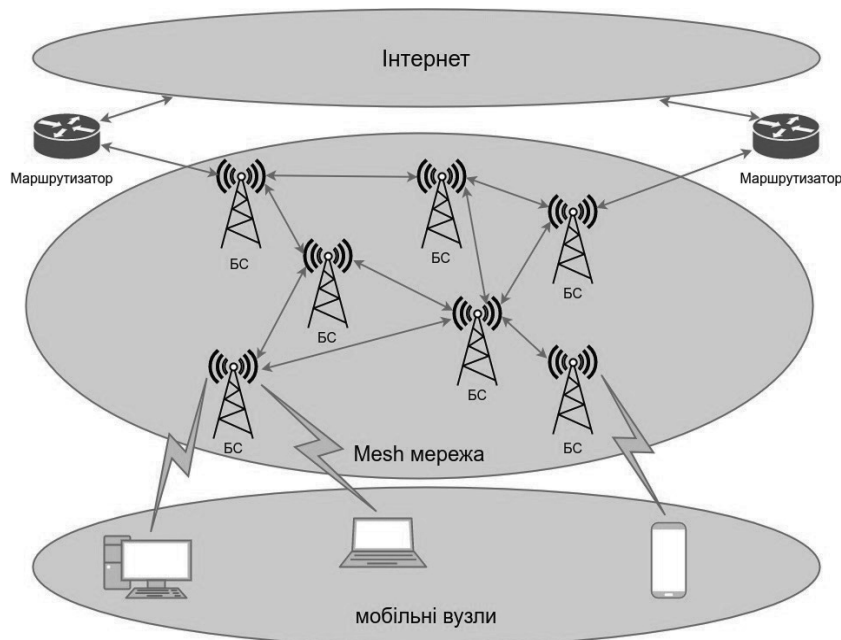


Рис. 4. Приклад mesh мережі

високій щільності мобільних вузлів, використовуючи управління потужністю в мобільних вузлах та вузлах ретрансляції, можна досягти більшої пропускної спроможності системи та доступності для великої кількості користувачів. Але у випадку стільникових мереж, поліпшення масштабованості вимагає додаткових інфраструктурних затрат на побудову вузлів, що, у свою чергу, передбачає високу вартість [12, 13].

Mesh мережі забезпечують високу доступність у порівнянні з існуючою стільниковою архітектурою, де наявність фіксованої базової станції, що охоплює набагато більшу площу, передбачає ризик виникнення єдиної точки відмови, що, у свою чергу, впливає на всі мобільні вузли, підключені до неї, [26].

Сенсорні мережі є спеціальною категорією Ad-hoc мереж для забезпечення інфраструктури безпроводної комунікації серед датчиків, що розгортаються в специфічних місцях застосування. Вузли датчиків –

це крихітні пристрої, що мають можливість відстежувати фізичні параметри, обробляти зібрані дані та зв'язуватися мережею для обміну отриманими даними зі станцією моніторингу (рис. 5) [19].

Сенсорні вузли мають два основні режими зондування: періодичне або спорадичне. Періодичним типом дії є відстеження фізичних параметрів навколишнього середовища, таких як температура, вологість та радіаційне випромінювання, а також обмін даними через постійний період часу. Спорадичним типом дії є відстеження фізичних параметрів та їх обробка, а обмін даними виникає лише при зміні фізичних параметрів навколишнього середовища чи події. Наприклад, виявлення порушення кордону держави чи периметра об'єкта, відстеження температури печі на виробництві для запобігання перевищенню параметрів, а також вимірювання напруги на критичних конструкціях або машинах тощо. Сфера застосування сенсорних мереж є досить широкою: військова справа, охорона здоров'я, охорона будівлі, моніторинг довкілля, виробництво тощо [6, 7].

Особливостями, що відрізняють сенсорні мережі від решти Ad-hoc мереж, є:

- кількість вузлів у сенсорній мережі може бути набагато більшою, ніж у звичайних безпроводних мережах;
- щільність розгортання сенсорних вузлів може бути досить високою при використанні надлишковості сенсорних вузлів;

- обмеження щодо живлення сенсорних вузлів є доволі суворіші у порівнянні з іншими Ad-hoc мережами, що обумовлено їх роботою в суворих географічних та екологічних умовах з мінімальним наглядом або в автономних умовах;

- обмеження до смуги частот та потужностей живлення вимагає реалізації агрегації бітів і інформації на вузлах, що відповідають за ретрансляцію;

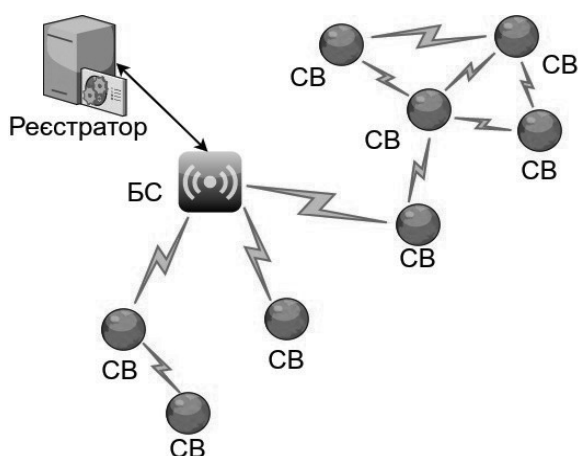


Рис. 5. Приклад сенсорної мережі

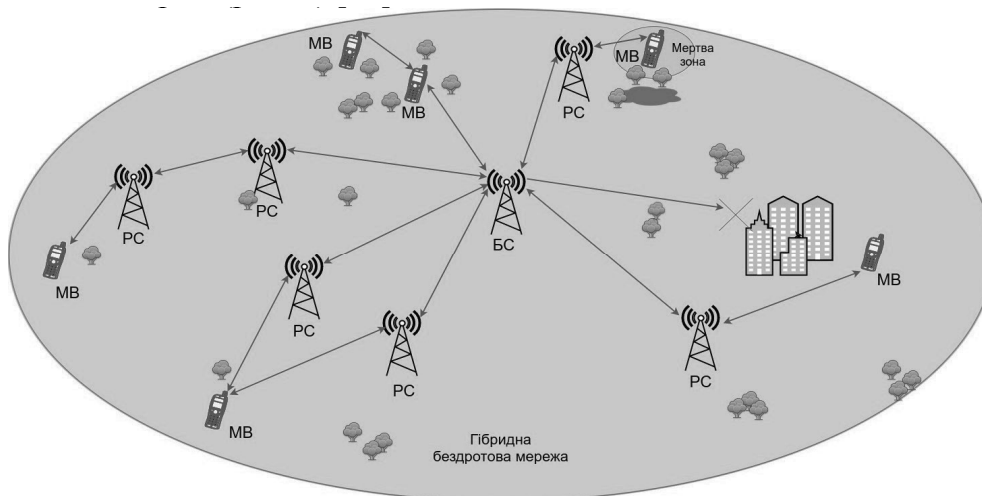


Рис. 6. Приклад гібридної безпроводної мережі [28]

вимоги щодо розповсюдження трафіку в залежності від галузі застосування сенсорних мереж.

Однією з найпоширеніших галузей застосування Ad-hoc безпроводних мереж є гібридні безпроводні архітектури, такі як multi-hop стільникові мережі (MCN – Multihop Cellular Network) та стільникові мережі з інтегрованими ретрансляторами (iCAR – Intersection-based connectivity aware routing) [27].

Величезне зростання абонентської бази існуючих стільникових мереж змушене зменшувати розмір комірок до рівня піко-стільників (pico-cell). Основна концепція стільникових мереж – географічне багатократне використання каналу. Для збільшення пропускної здатності стільникових мереж було запропоновано кілька методів, таких як сегментація комірок на сектори, зміна розміру стільників та застосування багаторівневих стільників (multi tier cells) [29].

Більшість із цих технологій також суттєво збільшує вартість обладнання. Потужність (максимальна пропускна здатність) стільникової мережі може бути збільшена, якщо мережа включає в себе властивості ретрансляції з декількома маршрутами з підтримкою передачі інфраструктурою фіксованого зв'язку. MCN поєднують надійність та підтримку фіксованих базових станцій стільникових мереж з гнучкістю та мульти-хоповою ретрансляцією Ad-hoc безпроводних мереж (рис. 6) [28].

MCN можуть допомогти уникнути таких сценаріїв, як обмежений спектр, дуже низький сигнал до перешкод, а також завади, нерівномірності розподілення навантаження трафіку, що може призводити до проблем перевантаження каналу. Використання багатопотокової ретрансляції в стільникових мережах вважається ключовим для збільшення швидкості передачі даних та максимального охоплення в безпроводних системах типу 4G. Multihop з'єднання відбувається, коли дані рухаються від джерела до цільового вузла на відстані більше ніж два хопи. Ця функція дозволяє значно збільшити географічний діапазон мережі, а розділення трафіку на декількох маршрутах дозволяє підвищити швидкість передачі даних [10, 28].

Основними перевагами гібридних безпроводних мереж є:

вища ємність, ніж стільникові мережі, отримана завдяки кращому повторному використанню радіоресурсу, що забезпечується зменшенням потужності передачі, оскільки мобільні вузли використовують діапазон потужності, що є часткою радіуса стільника [29];

підвищена гнучкість та надійність у маршрутизації. Гнучкість полягає у виборі вузлів, що найкраще підходять для маршрутизації, яка виконується через кілька мобільних вузлів або через базові станції, або комбінацією обох способів. Підвищена надійність полягає в стійкості до несправності базових станцій, і в цьому випадку вузол може досягати інших сусідніх базових станцій, використовуючи Multi-hop маршрутизацію [11];

підвищення рівня покриття та підключення в мертвих зонах (ділянках, які не охоплені через труднощі з передачею чи охопленням антени) може бути забезпечене за допомогою кількох хопів через проміжні вузли в стільнику.

Спеціальна безпроводна мережа складається з множини мобільних вузлів (хостів), що підключені безпроводними зв'язками. Топологія такої мережі може постійно змінюватися непередбачувано та випадково. Протоколи маршрутизації, які визначають шляхи передачі від вихідного вузла до вузла призначення, що використовуються в традиційних провідних мережах, не можуть бути безпосередньо застосовані в спеціальних безпроводних мережах через їх високо динамічну топологію, відсутність встановленої інфраструктури централізованого адміністрування (базової станції або точки доступу), обмежену пропускну здатність безпроводних зв'язків, виникнення помилкових пакетів під час трансляції радіоканалом, а також наявність вузлів, в яких обмежений ресурс живлення.

Висновки. У статті проаналізовано типи ad-hoc мереж та визначено, що для застосування в мережах спеціального призначення з високою динамічністю зміни графа топології внаслідок мобільності вузлів, що

характерно для мереж військового призначення, як правило, використовуються технології MANET і а також гібридні мережі, такі як MCN, що, у свою чергу, мають переваги як стільникових, так і безстільникових мереж. Гібридні мережі дозволяють поєднати в собі високу динамічність адаптації до зміни структури мережі, підвищену живучість такої мережі, швидкість її розгортання та вищу прихованість за рахунок використання менш потужних сигналів передавальними пристроями. Відповідно до викладеного необхідно приділити увагу подальшим науковим дослідженням гібридних протоколів маршрутизації для використання їх у спеціалізованих мережах воєнного призначення.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Techopedia "Piconet" : фахове Інтернет видання. URL: <https://www.techopedia.com/definition/5081/piconet>.
2. Бездротові мережі ad hoc. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Бездротові_мережі_ad_hoc.
3. Cairns P. Addressing wireless challenges // net.work. March 2008. URL: <http://www.netdotwork.co.za/article.aspx?pkarticleid=5044>.
4. Режимы работы WLAN-сереж. URL: <http://www.techattri.bute.ru/terats-499-3.html>.
5. Publishers B.V. Quality of service provisioning in ad hoc wireless networks: a survey of issues and solutions. // Ad Hoc Networks. Vol. 4. Issue 1. January 2006. P. 83–124.
6. Kathirvel A. Adhoc & Sensor Networks Unit – III. Chennai CS6003 // Презентація конференції. URL: <https://www.slideshare.net/ayyakathir/cs6003-ad-hoc-and-sensor-networks>.
7. Jagannathan Sarangapani. Wireless Ad Hoc and Sensor Networks Protocols Perfomance and Control. The University of Missouri-Rolla Rolla. Missouri, U.S.A., 2007 Pages 310–350.
8. Siva C., Murthy Ram, Manoj B.S., Ad Hoc wireless networks: architectures and protocols//TK5103.2.M89. 2004. P. 206–228.
9. Гаркуша С. В. Огляд та класифікація протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 // Збірник наук. праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. 2012. № 1. С. 14–28.
10. Papadakis G., Surligas M. Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing & DSR: The Dynamic Source Routing Protocol for Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks. November 2011. // Презентація конференції. URL: <https://www.slideserve.com/raleigh/ad-hoc-on-demand-distance-vector-routing-aodv>.
11. Moltchanov D. Routing protocols for ad hoc networks. Ad hoc networks // TUT. 2009. URL: <http://www.cs.tut.fi/kurssit/TLT-2756/>.
12. Орлов В. Г., Фадеев А. Н. Протоколы маршрутизации в мобильных ad-hoc сетях // МИРЭА : материалы международной научно-технической конференции. 3–7 декабря 2012. Ч. 6. М. : Intermatic, 2012. С. 208–212.
13. Gavrilovska L. Ramjee Prasad Springer, Ad-Hoc Networking Towards Seamless Communications // Science & Business Media, 2007. 289 c.
14. Chen Chen, Yanan Jin, Qingqi Pei, Ning Zhang, A connectivity-aware intersection-based routing in VANETs // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. December 2014. 16 c. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186%2F1687-1499-2014-42.pdf>.
15. Tie Qiu, Ning Chen, Keqiu Li, Daji Qiao, Zhangjie Fu, Heterogeneous ad hoc networks: Architectures, advances and challenges // Ad Hoc Networks. Vol. 55. February 2017. P. 143–152.
16. Jesús M.T., Portocarrero, Flavia C. Delicato, Paulo F. Pires, Bruno Costa, Wei Li, Weisheng Si, Albert Y. Zomaya, RAMSES: A new reference architecture for self-adaptive middleware in Wireless Sensor Networks // Ad Hoc Networks. Vol. 55. February 2017. P. 3–27.
17. A Survey Arun Kumar, Hnin Yu Shwe, Kai Juan Wong, Peter H. J. Chong, Location-Based Routing Protocols for Wireless Sensor Networks // Scientific Research Wireless Sensor Network. 2017. Vol. 9. P. 25–72.
18. Naeem Raza, Muhammad Umar Aftab, Muhammad Qasim Akbar, Omair Ashraf, Muhammad Irfan, Mobile Ad-Hoc Networks Applications and Its Challenges // Communications and Network. 2016. Vol. 8. P. 131–136.
19. Report Concerning Space Data System Standards. Wireless Network Communications Overview For Space Mission Operations : Informational Report Ccsds 880.0-G-3. Green Book. May 2017. 185 c.
20. Lijun Wang, Tao Han, Qiang Li, Jia Yan, Xiong Liu, Dexiang Deng, Cell-less Communications in 5G Vehicular Networks Based on Vehicle-Installed Access Points // IEEE wireless communications. December 2017. Vol. 24, no 6. P. 64–71.
21. Pescosolido L., Conti M., Passarella A. Performance Analysis of a Device-to-Device Offloading Scheme in a Vehicular Network Environment. Italian National Research Council. Institute for Informatics and Telematics (CNR-IIT) Via Giuseppe Moruzzi 1. 56124 Pisa, Italy. arXiv:1801.09082v1 [cs.NI]. Cornell University. 27 Jan 2018. 30 c. // Cornell University Library : електронна б-ка. URI: <https://arxiv.org>.
22. Madhja A., Nikolettseas S., Voudouris A. A. Mobility-aware, adaptive algorithms for wireless power transfer in ad hoc networks. Networking and Internet Architecture (cs.NI). Multiagent Systems (cs.MA). arXiv:1802.00342v1 [cs.NI]. Cornell University. 1 Feb. 2018 // Cornell University Library : електронна б-ка. URI: <https://arxiv.org>.
23. Poularakis K., Iosifidis G., Tassiulas L. SDN-enabled Tactical Ad Hoc Networks: Extending Programmable Control to the Edge. Networking and Internet Architecture (cs.NI). arXiv:1801.02909v1 [cs.NI]. Cornell University. 9 Jan. 2018 // Cornell University Library : електронна б-ка. URI: <https://arxiv.org>.
24. Islam N., Shaikh Z. A. A study of research trends and issues in wireless ad hoc networks, Networking

- and Internet Architecture (cs.NI). ArXiv:1711.08405 [cs.NI]. Cornell University. 1 Nov 2017 // Cornell University Library : електронна б-ка. URI: <https://arxiv.org>.
25. Trung Kien Vu, Sungoh Kwon, On-Demand Routing Algorithm with Mobility Prediction in the Mobile Ad-hoc Networks, School of Electrical Engineering University of Ulsan Ulsan, Korea. arXiv:1609.08141v1 [cs.NI]. Cornell University. 26 Sep 2016 // Cornell University Library : електронна б-ка. URI: <https://arxiv.org>.
 26. Li M., Yu F. R., Si, Sun E., Zhang Y. Machine to Machine (M2M) Communications in Virtualized Vehicular Ad Hoc Networks. Networking and Internet Architecture (cs.NI). arXiv:1611.04017 [cs.NI]. Cornell University. 12 Nov. 2016 // Cornell University Library : електронна б-ка. URI: <https://arxiv.org>.
 27. Torrieri D., Talarico S., Valenti M. C. Performance Comparisons of Geographic Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks. Networking and Internet Architecture (cs.NI). arXiv:1509.01205v1 [cs.IT]. Cornell University. 3 Sep. 2015 // Cornell University Library : електронна б-ка. URI: <https://arxiv.org>.
 28. Hossain E., Rasti M., Tabassum H. Amr Abdelnasser, Evolution Towards 5G Multi-tier Cellular Wireless Networks: An Interference Management Perspective, arXiv:1401.5530v2 [cs.NI]. Cornell University. 17 February 2014 // Cornell University Library : електронна б-ка. URI: <https://arxiv.org>.
 29. Gozalvez J., Coll-Perales B. Experimental Evaluation of Multi-Hop Cellular Networks using Mobile Relays. DOI:10.1109/MCOM.2013.6553688. | UWICORE. Ubiquitous Wireless Communications Research Laboratory. URI: <http://www.uwicare.umh.es>. Miguel Hernandez University of Elche. Avda. de la Universidad, s/n, 03202 Elche. Spain.

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

Є. В. РИЖОВ,

кандидат технічних наук

(Національна академія сухопутних військ ім.
гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів),**Л. М. САКОВИЧ,** кандидат технічних наук,
доцент(Інститут спеціального зв'язку та захи-
сту інформації Національного технічного
університету України "Київський політехнічний
інститут" ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

Оцінка впливу метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки на показники ремонтпридатності військової техніки зв'язку

Запропонований підхід до кількісної оцінки впливу метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки на час виконання перевірки параметрів військової техніки зв'язку при її технічному обслуговуванні і поточному ремонті. У відомих роботах для цього використовують приблизні значення імовірності безвідмовної роботи засобів вимірювальної техніки, що знижує точність результатів. Отримані результати дозволяють більш об'єктивно оцінити час виконання робіт та обґрунтовано обирати засоби вимірювальної техніки.

Предложен подход к количественной оценке влияния метрологической надежности средств измерительной техники на время выполнения проверки параметров военной техники связи при ее техническом обслуживании и текущем ремонте. В известных работах для этого используют приблизительные значения вероятности безотказной работы средств измерительной техники, что снижает точность полученных результатов. Полученные результаты позволят более объективно оценить время выполнения работ и обоснованно выбирать средства измерительной техники.

Військова техніка зв'язку (ВТЗ) безперервно удосконалюється в напрямі підвищення значень показників якості, що веде до збільшення кількості елементів, але необхідний час технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) залишається без змін. В [1] показаний взаємозв'язок метрології і технічної діагностики, але відсутні рекомендації щодо обґрунтування вибору засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Рішення цієї задачі формалізовано в [2–5] без врахування впливу метрологічної надійності. Питання метрологічної надійності ЗВТ окремо розглянуто в [6–9], а рекомендації щодо її врахування під час ТО і ПР ВТЗ наведено в [10, 11]. При цьому використані приблизні значення імовірності безвідмовної роботи ЗВТ. Тому **мета** статті – кількісна оцінка впливу метрологічної надійності ЗВТ на час виконання вимірювань параметрів ВТЗ під час її ТО і ПР.

Під час ТО і ПР для визначення реального технічного стану ВТЗ використовують ЗВТ. При цьому середній час відновлення $T_{\text{в}}$ не повинен перевищувати припустиме значення $T_{\text{вп}}$, що задається керівними документами [10, 11],

$$T_{\text{в}} = \frac{tK + t_y}{p^K \prod_{i=1}^N P_i(\tau)},$$

де t і t_y – середній час виконання перевірки і усунення несправності, відповідно; p – ймовірність правильної оцінки результату виконання перевірки залежно від виду ЗВТ; N – кількість ЗВТ, що використовують під час ТО і ПР; $P_i(\tau)$ – імовірність безвідмовної роботи ЗВТ виду i за міжповірочний інтервал τ ; K – середня кількість перевірок для визначення технічного стану ВТЗ. При цьому значення $0,85 \leq P_i(\tau) \leq 0,99$ вибирають орієнтовно [8–11], що веде до суттєвих помилок у визначенні $T_{\text{в}}$.

Особливість експлуатації ЗВТ обумовлена забезпеченням її безвідмовності, переважно за прихованими метрологічними відмовами.

Негативні наслідки використання ЗВТ з метрологічними відмовами можуть бути надзвичайно великими і важко передбачуваними. Як показники метрологічної надійності ЗВТ використовують імовірність $P_i(\tau)$ збереження значень метрологічних характеристик у заданих межах протягом міжповірочного інтервалу τ [9, 12].

Необхідний рівень метрологічної надійності суттєво залежить від сфери застосування ЗВТ і обирається з умови забезпечення необхідної ефективності обслуговуваних технічних пристроїв. Як правило, цей рівень для робочих ЗВТ становить 0,85 ... 0,90, а для зразкових – 0,90 ... 0,99 [9, 12].

Кількісно імовірність збереження значень метрологічних характеристик ЗВТ в конкретних умовах експлуатації можливо оцінити за виразом [9]

$$P_i(\tau) = 1 - mK_M K_C,$$

де m – еквівалентна кількість відмов при експлуатації, $m = \tau K_B / T$, K_M – частка метрологічних характеристик ЗВТ, не охоплених вбудованим контролем; K_C – статистична оцінка коефіцієнта прихованих відмов, що характеризує частку метрологічних відмов;

K_B – середній коефіцієнт використання ЗВТ; T – наробіток ЗВТ на відмову.

Значення τ отримують з керівних документів метрологічного забезпечення обслуговуваних технічних об'єктів або з технічного опису ЗВТ.

Відомо, що майстер з ремонту ВТЗ безпосередньо займається її відновленням 900 годин протягом року [13]. У такому разі коефіцієнт використання ЗВТ на пункті технічного обслуговування та ремонту за рік експлуатації

$$K_B = \frac{900}{8760} = 0,103.$$

За результатами аналізу технічного опису та інструкції з експлуатації конкретних зразків ЗВТ визначають K_M .

Значення K_C залежно від призначення ЗВТ при відсутності статистичних даних результатів експлуатації приладів-аналогів визначають за усередненими показниками табл. 1 [9].

Таблиця 1. Усереднені значення коефіцієнта прихованих відмов залежно від призначення ЗВТ

№ з/п	Назва параметра ВТЗ і призначення ЗВТ	K_C
1	Напруга	0,1
2	Параметри компонентів електричних кіл із зосередженими постійними	0,21
3	Потужність	0,23
4	Параметри елементів і трактів з розподіленими постійними	0,22
5	Частота і час	0,16
6	Різниця фаз і груповий час запізнювання	0,2
7	Форма сигналу і спектр	0,2
8	Характеристики радіопристроїв	0,16
9	Імпульсні сигнали	0,16
10	Напруга поля і радіозавад	0,18
11	Підсилювачі вимірювальні	0,15
12	Генератори вимірювальні	0,2
13	Ослаблення	0,21
14	Електричні і магнітні властивості матеріалів	0,16
15	Параметри коаксіальних і хвильовідних трактів	0,21
16	Параметри радіоламп і напівпровідникових приладів	0,24

Наробіток на відмову ЗВТ також беруть із статистичних даних, а при їх відсутності – з технічного опису приладів.

Середнє квадратичне відхилення оцінки імовірності збереження значень метрологічних характеристик ЗВТ розраховують за виразом [9]

$$\sigma = mK_M \sqrt{K_C (0,15K_C + 1/m)}.$$

Розглянемо використання цих результатів на прикладі ЗВТ, що використовують під час технічного обслуговування та поточного ремонту короткохвильової радіостанції Р-1150 [14]. Результати розрахунків наведено в табл. 2 за умови, що $\tau = 8760$ годин.

З врахуванням отриманих результатів в табл. 3 наведено часові показники виконання окремих операцій ТО короткохвильової радіостанції Р-1150 одним майстром. Тобто при врахуванні метрологічної надійності ЗВТ збільшується розрахунковий час виконання ТО на 5,5%.

Під час ПР короткохвильової радіостанції Р-1150 у випадку відмови вбудованої системи контролю пошук несправного типового елемента заміни виконують за умовним алгоритмом діагностування, що показаний на рис. 1.

Об'єкт складається з $L = 4$ елемента, необхідний час відновлення його працездатного стану $T_{вп} = 30$ хв. Бінарний умовний алгоритм діагностування забезпечує локалізацію дефекту після виконання $K = 6$ перевірок.

У цьому випадку при $t = 3$ хв і $t_y = 5$ хв та використанні як ЗВТ аналогових вольтметрів Ц-4353 або В3-56 ($p = 0,845$) без врахування їх метрологічної надійності отримаємо

$$T_{в} = \frac{6 \cdot 3 + 5}{0,845^6} = 63 \text{ хв} > T_{вп},$$

тобто цей варіант не відповідає вимогам.

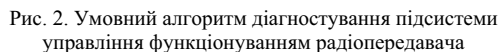
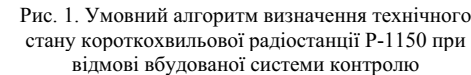
Використання цифрового вольтметра зі складу С6-11 ($p = 0,9993$) дає позитивний результат навіть з врахуванням метрологічної надійності приладу:

$$T_{в} = \frac{6 \cdot 3 + 5}{0,997 \cdot 0,9993^6} = 23 \text{ хв} < T_{вп}.$$

Розглянемо ще приклад розрахунку $T_{в}$ за умовним алгоритмом діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності, що зображений на рис. 2 [11]. У цьому випадку також $t = 3$ хв $t_y = 5$ хв. При відмові у відомому режимі роботи $K = 2$ і $T_{в} \leq 30$ хв.

Таблиця 2. Кількісна оцінка показників метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки, що використовуються під час обслуговування та ремонту короткохвильової радіостанції Р-1150

№ п.п.	Засіб вимірювальної техніки	T , год	K_M	K_C	$P_i(\tau)$	σ
1	Електровимірювальний багатофункціональний прилад Ц-4353	1500	1,0	0,21	0,877	0,353
2	Вимірювач потужності М3-45	2000	1,0	0,23	0,899	0,319
3	Частотомір Ч3-63	3000	0,5	0,16	0,976	0,217
4	Вимірювач нелінійних спотворень С6-11	5000	0,1	0,16	0,997	0,054
5	Мілівольтметр В3-56	4000	1,0	0,10	0,978	0,148
6	Генератор високочастотних сигналів Г4-151	5000	0,3	0,20	0,989	0,187


$$T_{\theta} = \frac{2 \cdot 3 + 5}{0.845^6} = 15 \text{ XB} < T_{\theta n},$$
$$T_6 = \frac{2 \cdot 3 + 5}{0,877 \cdot 0,845^2} = 17 \text{ XB} < T_{6n},$$

Висновки:

2. Отримані результати доцільно використовувати в методиках [10, 11], що дозволить більш об'єктивно оцінити час виконання робіт та обґрунтовано обирати ЗВТ з мінімально необхідними значеннями метрологічних характеристик для зниження вартості ТО і ПР ВТЗ.

1. Ксёэнз С. П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. М. : Радио и связь, 1989. 248 с.
2. Сакович Л. Н., Дзюба В. Н., Павлов В. П. Определение метрологических характеристик средств измерений для обслуживания и ремонта средств связи // Зв'язок. 2003. № 5. С. 17–19.
3. Ryzhov Y., Sacovych L. Minimization measurement requirements for maintenance and repair special communication means // Information Technology and Security: scientific works / Institute of Special Communication and Information Protection National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». 2017. Vol. 5, Iss. 1(8). P. 106–114.
4. Рижов Є. В., Яковлев М. Ю. Методика обґрунтування метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування

№ п.п.	Параметр	ЗВТ	p_i	Час вимірювання, год.	
				Згідно з інструкцією	З врахуванням метрологічної надійності
1	Чутливість	С6-11	0,9993	2,33	2,36
		Г4-151	0,834		
2	Потужність	М3-45	0,95	3,00	3,34
3	Діапазон ручного регулювання посилення	В3-56	0,85	0,25	0,26
		Г4-151	0,834		
4	Діапазон автоматичного регулювання посилення	В3-56	0,85	0,16	0,16
		Г4-151	0,834		
5	Частота опорного генератора	Ч3-63, годинник	0,9985	0,25	0,26
6	Нерівномірність АЧХ приймального тракту	Г4-151	0,834	1,15	1,19
		В3-56	0,85		
7	Нелінійні спотворення приймального тракту	Г4-151	0,834	1,15	1,17
		С6-11	0,9993		
8	Електроживлення	Ц-4353	0,845	0,08	0,09
Загальний час виконання, год				8,37	8,83

- військової техніки зв'язку // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ : тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції. Львів : АСВ, 2015. С. 166–167.
5. Павлов В. П. Методики дефектации военной техники связи при неплановых ремонтах : дис. ... канд. техн. наук: 20.02.14. К., 2006. 182 с.
 6. Ким К. К. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие. СПб. : Питер, 2008. 368 с.
 7. Яковлев М. Ю. Розвиток теорії метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки військового призначення : автореф. дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.01.02. Львів, 2011. 39 с.
 8. Кононов В. Б. Визначення міжповірочних (калібрувальних) інтервалів засобів вимірювальної техніки військового призначення / В. Б. Кононов // Авиационно-космическая техника и технология. - 2011. – № 7. – С. 235–237.
 9. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО / В. Б. Кононов, О. В. Водолажко, О. В. Коваль [та ін.]. Х. : ХНУПС, 2017. 288 с.
 10. Яковлев М. Ю., Рижов Є. В., Сакович Л. М., Аркушенко П. Л. Удосконалення методу завдання вимог до мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки під час діагностування // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2017. № 4 (29). С. 137–143.
 11. Рижов Є. В., Сакович Л. М. Метод обґрунтування мінімально припустимого значення ймовірності оцінки результату перевірки параметрів // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Сер. Приладобудування. 2017. Вип. 54 (2). С. 96–106. URL: [https://doi.org/10.20535/1970.54\(2\).2017.119562](https://doi.org/10.20535/1970.54(2).2017.119562).
 12. Цибина А. А., Шолов А. М. Опыт внедрения на ЭВМ методики установления межповерочных интервалов // Измерительная техника. 2008. № 1. С. 16–17.
 13. Сакович Л. М., Гиренко І. М. Моделювання роботи апаратної технічного забезпечення // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони / НУОУ. 2017. № 1 (28). С. 47–52.
 14. Короткохвильова радіостанція Р-1150: посібн. по експлуатації. ААНЗ.464414.001 РЭ. О. : Телекард-Прилад, 2013. 205 с.

Рецензент П. І. Ванкевич, д-р техн. наук, старший наук. співробітник
(Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного)

УДК 623.486

М. О. ШИШАНОВ,*доктор технічних наук, професор,***О. Л. ЧЕЧЕНКОВА,** *старший науковий**співробітник,***І. В. ПАВЛОВСЬКИЙ,** *старший науковий**співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Техніко-економічна оцінка модернізації бронетанкової техніки при її капітальному ремонті

Розглянуто питання оцінки техніко-економічної ефективності модернізації зразків бронетанкового озброєння та техніки при капітальному ремонті. Показано, що модернізація сприяє продовженню життєвого циклу зразків озброєння багаторазового використання, але кожна конструкція зразків має обмежену придатність до модернізації з погляду економіки.

Ключові слова: модернізація, бронетанкове озброєння та техніка, ефективність, техніко-економічна оцінка.

Рассмотрен вопрос оценки технико-экономической эффективности образцов бронетанкового вооружения и техники при капитальном ремонте. Показано, что модернизация продлевает жизненный цикл образцов вооружения многократного использования, но каждая конструкция образцов имеет ограниченную пригодность к модернизации с точки зрения экономики.

Ключевые слова: модернизация, бронетанковое вооружение и техника, эффективность, технико-экономическая оценка.

Економічна сутність процесу старіння машин полягає в постійному зменшенні їх споживчої вартості. Це положення стосується і військової техніки, оскільки при її розробленні, виробництві та капітальному ремонті діє така економічна категорія, як ціна. Є два способи відшкодування втрат цієї вартості: повне і часткове. Суть повного відшкодування полягає в заміні застарілої машини на нову. При частковому відшкодуванні (ремонті) відбувається відновлення основних властивостей об'єкта ремонту. Це відновлення, з погляду бойових і техніко-економічних показників, може бути простим і розширеним. Розширене відновлення тактико-технічних показників при ремонті озброєння і техніки здійснюється шляхом їх модернізації в процесі ремонту.

Під модернізацією розуміється внесення в конструкцію машини змін з метою часткової ліквідації її морального старіння. Цей вид розширеного відновлення властивостей широко використовується стосовно бронетанкової техніки, зразки якої відносяться до виробів озброєння, що потребують значних витрат, терміни використання яких складають 25–30 років. За цей період рівень науки і техніки підвищується і вимагає розроблення нової марки (моделі) зразка або модернізації старої. Відомо, що до основних властивостей бронетанкового озброєння та техніки (БТОТ) відноситься низка показників, які й визначають бойову ефективність зразка (рис. 1) [1, 2].

З економічного погляду, наближення бойових і технічних властивостей зразків старих марок до характеристик перспективних зразків є актуальною задачею, оскільки розроблення нового зразка і освоєння його виробництва вимагає значних витрат.

Модернізація зразків озброєння проводиться як при їх серійному виробництві, так і при капітальному ремонті. Модернізація зразків озброєння при капітальному ремонті доцільна через багато причин як економічних, так і технічних. Капітальний ремонт і роботи з модернізації характеризуються спільністю технологічного процесу, спільністю устаткування й оснащення, а також пристосованістю ремонтних підприємств до робіт на зразках застарілих марок. Заводи-виробники найчастіше не можуть проводити модернізацію у зв'язку із зняттям з виробництва зразка, що вимагає модернізації.

На рис. 2, 3 зображено серійні зразки БТОТ: основні танки Т-64 та «Булат», – у табл. 1 наведено перелік основних напрямів модернізації чотирьох модифікацій (розвитку одного) серійного зразка БТОТ. Роботи, що проводилися, покращували всі найважливіші тактико-технічні характеристики.

Оцінка зміни показника рівня бойової ефективності порівняно з аналогічним показником для зразка наступного покоління показує, що до кінця визначеного терміну бойова ефективність зразків минулого покоління була на рівні бойової ефективності наступного. Аналогічна картина спостерігається й у зміні інших тактико-технічних показників.

Окрім робіт з модернізації при капітальному ремонті зразки застарілих конструкцій переобладнуються на

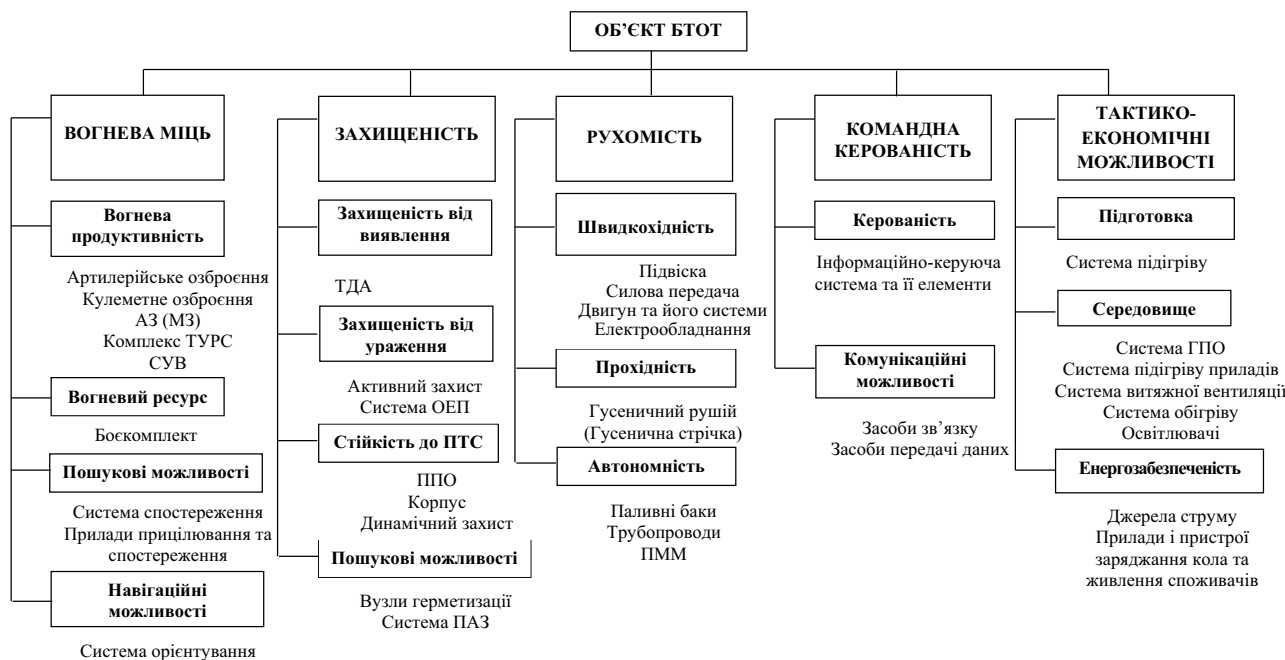


Рис. 1. Основні властивості зразка БТОТ



Рис. 2. Основний танк Т-64



Рис. 3. Основний танк «Булат»

Таблиця 1. Напрями і час проведення модернізації зразка БТОТ

Зразки	Роки модернізації	Спрямованість робіт з конструктивних покращень при виробництві та капітальному ремонті зразків	Бойова ефективність
1А	0	Базовий варіант	1,00
1Б	10–12	Комплекс озброєння і система управління вогнем Конструкція корпусу і башти Система спеціального захисту Боекомплект і потужність снаряда Силова установка Прохідність Надійність	1,25
1В	13–15	Комплекс озброєння Прилади спостереження Потужність снаряда Прохідність Надійність	1,30
1Г	21-29	Комплекс управління озброєнням Потужність снаряда Захист екіпажа Надійність	1,65

зразки допоміжного призначення: тягачі, крани тощо. Ця робота вигідна в економічному відношенні.

Зрозуміло, що проведення модернізації забезпечується певними вкладеннями матеріальних і грошових засобів. На підприємствах з капітального ремонту витрати на модернізацію на теперішній час не входять у загальні витрати на капітальний ремонт (собівартість ремонту), а розподіляються за окремою групою витрат. Ці витрати збільшують собівартість ремонту.

Оцінка динаміки зміни собівартості капітального ремонту різних модифікацій серійного танка першого покоління показало, що початкова собівартість кожної наступної модифікації вище попередньої; різке зростання собівартості свідчить про початок проведення значних робіт з модернізації. При капітальному ремонті застарілих зразків БТОТ постійно ведуться роботи з модернізації. Це обов'язкова вимога технічних умов. Зрозуміло, що все зазначене вимагає додаткових витрат. Проте спостерігається загальна тенденція підвищення собівартості капітального ремонту зразка кожної модифікації. Пояснюється це тим, що збільшені витрати на роботи з модернізації не компенсуються загальним зниженням собівартості ремонту, що регулярно забезпечується проведенням організаційно-технічних заходів на ремонтних підприємствах.

Економічна ефективність модернізації БТОТ, що проводиться при її капітальному ремонті, може оцінюватися відношенням собівартості капітального ремонту K_O до показника бойової ефективності a :

$$K_E = \frac{K_O}{a}. \quad (1)$$

Очевидно, що зменшення питомих витрат K_E на одиницю бойової ефективності свідчить про підвищення ефективності капітального ремонту на ремонтних підприємствах. Проте кожна конструкція зразків має обмежену пристосованість до модернізації з погляду економіки. Приріст якості за рахунок модернізації не безмежний. Починаючи з якогось моменту, поліпшення показників бойової ефективності вимагає значних витрат, і з цього моменту показник K_E починає зростати. Цей економічний «рубіж насичення» якості, при якому питомі витрати для всіх модифікацій зразка, що модернізується, мають яскраво виражений ріст. З цього моменту звичайний метод організації модернізації має бути змінений, оскільки поліпшення властивостей зразка вимагатиме значних вкладень, і собівартість капітального ремонту цих зразків при їх подальшій модернізації зросте. Вартість такого зразка має бути змінена, а отже, буде порушена певна пропорція між обсягом фінансування капітального ремонту і кількістю відремонтованої техніки.

Таким чином, модернізація сприяє продовженню життєвого циклу зразків озброєння багаторазового використання, оскільки на основі модернізації відбувається розвиток техніки всередині покоління, наприклад, покоління об'єкта 434 до рівня танка «Булат». При цьому поліпшення показників бойової ефективності зразка одного покоління в визначеному діапазоні часу

відбувається плавно і може математично описуватися на основі побудови логістичних кривих [3].

Найбільшого розповсюдження отримав опис процесів розвитку технічних систем на основі кривих Гомперца, що має вигляд

$$y_t = k + a^{b^t}. \quad (2)$$

Якщо $\log a < 0$, крива має S-подібний вигляд, при цьому асимптота, що дорівнює k , проходить вище кривої. Якщо $\log a > 0$, асимптота, що дорівнює k , знаходиться нижче кривої, а саме: крива змінюється монотонно: при $b < 1$ – монотонно зменшується; при $b > 1$ – монотонно зростає. Для розв'язання задач техніко-економічної оцінки модернізації БТОТ при їх капітальному ремонті найбільший інтерес являє варіант цієї кривої, коли $\log a < 0$ і $b > 1$. Рівняння логістичної кривої отримується шляхом заміни в модернізованій експоненті y_t зворотною величиною.

Найчастіше процеси розвитку технічних систем описують на основі кривих, асиметричних відносно точки перетину, що мають вигляд

$$y_t = \frac{t}{1 + be^{-at}}, \quad (3)$$

де b, a – контенти; t – витрати часу або ресурсів.

При $t \rightarrow -\infty$ ордината прямує до нуля, а при $t \rightarrow \infty$ прямує до асимптоти, що дорівнює значенню параметра k . Крива симетрична відносно точки перетину з координатами: $t = \ln b$; $y_t = k/2$.

Як видно з графіка (рис. 4), логістична крива зростає спочатку прискореним темпом, потім темп зростання уповільнюється і, нарешті, зростання повністю припиняється, про це свідчить той факт, що крива асимптотично наближується до деякої кривої, паралельної осі абсцис.

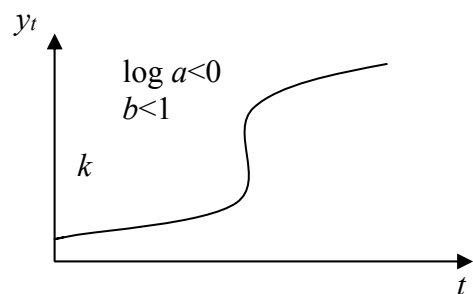


Рис. 4. S-подібна логістична крива

Побудова S-подібних кривих на основі статистичної інформації, що існує, має на меті визначення взаємозв'язку між ресурсами, що витрачаються, й отриманими результатами, як такі використовуються збільшення технічних параметрів виробу.

На теперішній час отримало підтвердження гіпотеза про те, що багатостадійний процес розвитку технічних систем описується відповідною кількістю S-подібних кривих, що мають спільний початок і зсунутих по осі абсцис відповідно до зміни стадій розвитку, що аналізуються.

Таким чином, економічна оцінка модернізації зразків озброєння та техніки, що проводиться при їх капітальному ремонті, має визначити межу економічної доцільності модернізації.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Нор П. І., Кручинін С. В., Мельник О. Д., Єфіменко В. А. Методика оцінки технічного рівня зразків озброєння та військової техніки // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОВТ ЗСУ. Вип. 22. К. : ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2009. С. 74–82.
2. Нор П. І., Борохвостов І. В. Методика комплексної порівняльної оцінки зразків озброєння та військової техніки // Озброєння та військова. 2016. № 3 (11). С. 14–18.
3. Марютин М. И., Барков Ю. С., Долгополов Б. П. Экономика производства, эксплуатации и ремонта вооружения и техники. М., 1989.

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

Г. Г. ОСИНОВИЙ,

начальник науково-технічного проектного відділу,

В. П. СУБАЧ, провідний конструктор комплексу

(Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля», м. Дніпр),

В. М. БИКОВ, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри,

М. М. КОЛЧИГІН, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри

(Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, Харків)

Протидія радіолокаційним засобам виявлення наземних об'єктів

Розглянуто питання маскування малорозмірних рухомих наземних об'єктів від сучасних засобів виявлення і розвідки. Наведено рекомендації щодо захисту малорозмірного наземного об'єкта від радіометричних пасивно-активних систем виявлення. Проведено пошук радіопоглинальних матеріалів для створення маскувальних покриттів типу «Накидка» і «Терновник» на території України.

Ключові слова: маскування, засоби зниження помітності, малорозмірні наземні об'єкти, радіометричні пасивно-активні системи виявлення, радіопоглинання.

Рассмотрен вопрос маскировки малоразмерных подвижных наземных объектов от современных средств обнаружения и разведки. Приведены рекомендации по защите малоразмерных наземных объектов от радиометрических пассивно-активных систем обнаружения. Проведен поиск радиопоглощающих материалов для создания маскировочных покрытий типа «Накидка» и «Терновник» на территории Украины.

Ключевые слова: маскировка, средства снижения заметности, малоразмерные наземные объекты, радиометрические пассивно-активные системы обнаружения, радиопоглощение.

На цей час розвинені країни, що займаються створенням об'єктів військової і спеціальної техніки, головно увагу приділяють питанням, що пов'язані зі зниженням їх помітності [1, 2, 3]. Застосування активних і пасивних методів та засобів зниження помітності об'єктів значно зменшує ймовірність і дальність їх виявлення та розпізнавання.

Одним з пасивних методів захисту наземних об'єктів є зменшення їх радіолокаційної помітності, що зводиться до зменшення ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) і спотворення їх радіолокаційних характеристик. Методи зменшення ЕПР об'єктів можна умовно поділити на три групи:

методи, засновані на керуванні розсіюванням електромагнітних хвиль та одержанні, у наслідку, оптимальної діаграми зворотного розсіювання;

методи, засновані на формуванні раціональної архітектури конструкції об'єктів з урахуванням застосування мало відбиваючих поверхонь об'єкта та конфігурації антенних та інших систем, що виступають за межі об'єкта;

методи, в основу яких покладено застосування радіопоглинальних матеріалів (РПМ) і радіопоглинальних покриттів (РПП).

Вирішення проблеми зменшення радіолокаційної помітності передбачає комплексний підхід за участю конструкторів, радіофізиків, матеріалознавців і технологів [1–7].

Метою цієї статті є вироблення рекомендацій щодо зниження помітності малорозмірних наземних об'єктів від активних і пасивних радіолокаційних систем виявлення.

Розглянемо варіанти зменшення радіолокаційної помітності малорозмірних наземних об'єктів у радіодіапазоні 0,2...4 мм за рахунок застосування активних і пасивних методів та засобів (систем) маскування.

Радіолокаційне виявлення об'єкта активними радіолокаційними системами засноване на відбитті ним зондувального сигналу радіолокаційної станції (РЛС). У разі падіння електромагнітної енергії на об'єкт, на його поверхні виникають або електричні струми, якщо в його складі є провідники, або електричні заряди, якщо в його складі є діелектрики. Внаслідок цього об'єкт стає джерелом вторинного випромінювання електромагнітних хвиль. Таким чином, об'єкт зондування, утворюючи поле вторинного випромінювання, змінює характеристики зондувального сигналу, що є джерелом інформації про об'єкт [2].

Для кількісної оцінки радіолокаційної характеристики об'єкта використовується ЕПР, що пропорційна потужності відбитого сигналу і має розмірність площі

$$\sigma = \lim_{R \rightarrow \infty} 4\pi R^2 \frac{|\vec{p}^{np} \vec{E}^{pas}|^2}{|\vec{p}^0 \vec{E}^0|^2}, \quad (1)$$

де R – відстань від об'єкта до приймальної антени РЛС, \vec{p}^{np} – одиничний вектор, що вказує напрямок поляризації приймальної антени, \vec{E}^{pas} – поле, розсіяне об'єктом у напрямку на приймальну антену, \vec{p}^0 –

вектор поляризації, \vec{E}^0 – падаюче поле (випромінювання РЛС) [3].

Будь-який наземний об'єкт є складним радіолокаційним об'єктом, тому що його зовнішня поверхня складається з численних площин, по-різному орієнтованих у напрямку РЛС. Кожна з площин є елементарним відбивачем, і загальне поле вторинного випромінювання об'єкта формується за рахунок інтерференції радіохвиль, що розсіюються цими відбивачами. Отже, ЕПР об'єкта залежить від таких факторів:

- положення об'єкта відносно РЛС;
- габаритних розмірів об'єкта;
- форми, розмірів і взаємного розташування елементарних відбивачів, що становлять зовнішню поверхню;
- матеріалу та чистоти обробки зовнішньої поверхні;
- довжини хвилі зондувального сигналу.

Пасивні радіолокаційні системи виявлення, так звані системи радіотеплолокації (радіометрії) сантиметрового і міліметрового діапазонів, працюють «на прийманні» радіотеплового випромінювання, яке складається з природної радіотеплової температури випромінювання об'єкта, а також радіотеплової температури «холодного» неба, перевідбитої об'єктом [4].

Основною характеристикою, що впливає на дальність виявлення об'єктів у зазначених діапазонах, є радіотепловий контраст «об'єкт – фон», що вимірюється у кельвінах. При цьому контраст ΔT_A пропорційний різниці яскравісних температур об'єкта T_S і фону T_B :

$$\Delta T_A = T_S - T_B. \quad (2)$$

Контраст радіояскравості «об'єкт – фон» визначається такими параметрами:

- різницею термодинамічних температур об'єкта і фону;
- випромінювальною й відбивною здатністю зовнішніх поверхонь об'єкта.

Випромінювальна здатність залежить від шорсткості поверхні та властивостей матеріалу на глибину, порівнянну з довжиною хвилі, на якій ведеться спостереження. Відбивна здатність металевих поверхонь об'єкта набагато сильніша відбивної здатності фону земної поверхні.

Аналіз результатів багатьох досліджень [7, 12] дозволяє зробити висновок про те, що основними напрямками захисту від радіолокаційних активних і пасивних систем виявлення є:

- оптимізація архітектури зовнішніх поверхонь об'єкта і нанесення радіопоглинальних покриттів і матеріалів;

- використання радіопоглинальних, розсіювальних, теплозахисних накидок і сіток.

Перспективним напрямом зменшення демаскувальних факторів об'єкта в широкому діапазоні довжин хвиль є застосування ширококугових маскувальних сіток, які не тільки змінюють зовнішній вигляд об'єкта, що захищається, але й знижують його характеристики відбиття та зменшують контраст «об'єкт – фон».

Ефект від пасивних поглинальних, розсіювальних покриттів (сіток, масок) спостерігається під час

закриття зовнішньої поверхні об'єкта радіопоглинальними матеріалами і, по змозі, надання об'єктам зовнішніх форм, що забезпечують мінімальне відбиття [5, 12]. З іншого боку, застосування таких матеріалів призводить до значного зменшення ймовірності виявлення нерухомого об'єкта. Навіть замаскований об'єкт, що рухається, досить легко виявляє РЛС у режимі селекції рухомих цілей, але при цьому дальність його виявлення зменшується в кілька разів [8].

Історично питання комплексного захисту малорозмірних рухомих наземних об'єктів були розглянуті на початку 1980-х років. Комплексне маскування відбувалося за допомогою простих прийомів, таких як триколірне маскувальне фарбування, теплоізоляція рухомих частин об'єкта щитками та закриття всієї зовнішньої поверхні радіорозсіювальними матеріалами типу «Накидка» (рис. 1) [6] і чохлами з радіопоглинальних матеріалів типу «Терновник» [7]. Питання зменшення помітності (зменшення ЕПР) об'єкта від радіометричних систем виявлення діапазонів 2,2 мм і 3,2 мм на цей час відпрацьовано меншою мірою.



Рис. 1. Радіопоглинальне маскувальне покриття типу «Накидка»

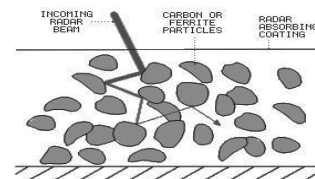


Рис. 2. Розсіювання падаючого радарного променя в покритті з РПМ

Більша частина цієї енергії розсіюється у вигляді тепла. Використання РПМ покриття дуже ефективне, але в цій технології є деякі недоліки. По-перше, РПМ покриття часто дуже токсичне. Друга проблема полягає в тому, що через установлений на виробі чохол матеріалу втрачається маневреність і знижується швидкість на марші, що, зокрема, викликає додаткові проблеми з нагріванням. Третя проблема з РПМ покриттям – це витрати. Установлення чохла з РПМ і/або нанесення РПП – дуже трудомісткий процес. Необхідно чітко дотримуватися товщини покриття, рівномірності нанесення, поверхня площини має бути цілісною, особливо проблематично закривати зони наземних агрегатів, близьких до вузлів, що рухаються.

Вітчизняна фірма-виготовлювач пропонує індивідуальний ширококуговий маскувальний комплект (ІШМК), що випускається у двох варіантах (табл. 1) [8, 12]. ІШМК можна застосовувати для маскування озброєння, військових об'єктів, військової техніки від наземних, повітряних і космічних засобів оптико-електронної,

Таблиця 1. Технічні характеристики ІШМК

Параметри	Варіант 1	Варіант 2
Рисунок і тип заповнення покриття	асиметричний, смуги стрічкового типу	асиметричний, гірлянди хвйного типу
Властивості зниження показників помітності	оптичне, радіолокаційно-розсіювальне	оптичне, радіолокаційно-розсіювальне
Оптична густина заповнення	не менше 90%	не менше 60%
Візуальна дальність виявлення замаскованого об'єкта, м	від 1000	від 800
Дальність нерозпізнавання замаскованого об'єкта, м	від 600	від 600
Спектральний діапазон	0,4–1,1 мкм 3–5 мкм 8–14 мкм 0,8–4,0 см	0,4–1,1 мкм 3–5 мкм 8–14 мкм 0,2–30,0 см
Максимальне ослаблення відбитого радіолокаційного сигналу, дБ	від –8 до –12	від –15 до –20
Теплова ефективність відбиття ІЧ діапазону	не менше 70%	не менше 70%
Зниження теплового контрасту температур	в 1,5–2 рази	в 1,5–2 рази
Коефіцієнт блиску поверхні маскувального покриття	не більше 1,2	не більш 1,2
Температурний діапазон експлуатації, °С	від –50 до +50	від –50 до +50
Площа покриття, м ²	216	216
Маса комплексу, кг	до 100	до 120
Час установлення комплексу бойовим розрахунком з чотирьох осіб, мін	20	20
Строк безперервної експлуатації, років	3	3
Строк зберігання, років	5	5

телевізійної, радіолокаційної розвідок на рослинних, пустельних, безлюдно-степових фонах для протидії системам виявлення та створення несправжніх військових об'єктів за допомогою відбитих радіолокаційних сигналів.

Досвід створення й експлуатації маскувальних покриттів показує, що сучасні покриття мають змінну за профілем товщину, складну структуру з мінливими значеннями діелектричної і магнітної проникності як за товщиною (нормально до поверхні), так і уздовж поверхні рухомого наземного об'єкта [10].

На цей час проводяться роботи зі створення нових перспективних радіопоглинальних покриттів вітчизняного виробництва з необхідними для різних застосувань характеристиками.

У роботах [7, 8, 13, 14], виконаних авторами статті, наведено аналіз методів і засобів захисту малорозмірних наземних об'єктів від пасивно-активних систем виявлення (розвідки) міліметрового діапазону. Проаналізовано активні методи захисту, такі як створення потужних вузькосмугових перешкод на вході РМ приймача системи виявлення, що зривають роботу розвідприймача. Це метод вирівнювання температур радіояскравості об'єкта і навколишнього фону за рахунок підсвічування об'єкта шумовим випромінюванням власного джерела підсвічування об'єкта, який захищається, що дозволяє зменшити контраст «об'єкт – фон» до неприйнятної для РМ приймача системи виявлення величини. Розглянуто пасивні методи захисту, що полягають у маскуванні об'єкта маскувальним покриттям, що також знижує величину контрасту радіояскравості, тобто відношення сигнал/шум на вході РМ розвідприймача нижче прийнятної для надійної роботи приймача величини. У цих

роботах наведено технічні засоби, що дозволяють реалізувати зазначені методи захисту. Перелічені методи і засоби приводять до зниження ймовірності та зменшення дальності виявлення малорозмірних наземних об'єктів пасивно-активними системами виявлення.

Для оцінки ефективності пропонованих методів і засобів захисту необхідний ретельний аналіз та прогноз розвитку засобів захисту з необхідними характеристиками.

Прогноз і рекомендації. Розроблювані нові радіопоглинальні матеріали мають бути високотехнологічними, полегшеними, такими, що забезпечують маскуванню об'єктів від засобів розвідки оптичного, у тому числі інфрачервоного діапазону хвиль, а також від систем і засобів виявлення й розвідки міліметрового, сантиметрового та дециметрового діапазонів.

Конструкція РПМ повинна дозволяти створювати різні засоби зниження помітності типу «маска – перекриття» у вигляді чохла або накидки будь-яких розмірів і форм. Деформувальне фарбування (камуфляж) має виконуватися безпосередньо в покритті. Високі повітро- і вологопроникність повинні забезпечити стабільність коефіцієнтів відбиття за будь-яких погодних умов. Технологія складання такого РПМ повинна дозволяти створювати знімні засоби зниження помітності будь-якої конфігурації та розмірів.

Нові багатофункціональні матеріали покриттів і виробів на їх основі, що забезпечують зниження помітності та маскуванню наземних об'єктів, у тому числі об'єктів військової техніки, захист інформації, індивідуальні і колективні засоби захисту технічного персоналу в широкому діапазоні довжин хвиль повинні створюватися на основі резистивних об'ємних матеріалів з

Таблиця 2. Технічні характеристики маскувального матеріалу

Технічні характеристики	Кількісні показники
Робочий діапазон довжин хвиль, см	0,2–25
Коефіцієнт відбиття, не гірше, дБ	–17
Робочий діапазон температур, °С	від –60 до +80
РПМ – самозагасний, екологічно безпечний, стійкий до впливу вологи і паливно-мастильних матеріалів	
Кольори фарбування покриття можуть бути будь-якими – за бажанням замовника	

різними властивостями електропровідності й відносної діелектричної проникності, що дозволяє одержувати оптимальні за радіотехнічними характеристиками багатопланові градієнтні конструкції [10].

Найбільш оптимальною конструкцією надширокодіапазонного РПМ вибрано покриття килимового типу на основі електропровідних ниток, що призначені для створення радіопоглинальних покриттів різного застосування [11]. Застосування такого широкосмугового маскувального покриття, що стаціонарно встановлюється на об'єкті, дозволяє не тільки змінити зовнішній вигляд об'єкта, який захищається, а й зменшити його відбивні характеристики і контраст «об'єкт – фон». Характеристики зазначеного покриття наведено в табл. 2.

Зараз проводиться технологічне відпрацювання спеціального складу радіопоглинального шару, що містить вуглецеві нанотрубки і ферити, які мають високу температуру точки Кюрі. Отриманий композиційний матеріал, що має електропровідні та магнітні включення, пристроюється (зв'язується) вузькими стрічками різної висоти з металізованою плівкою ПЕТФ, вкритої спеціально розробленою системою лакофарбового покриття. Необхідні технічні характеристики покриття отримано шляхом варіювання хімічного складу покриття, товщини і поверхневого опору провідного шару, а також оптимізації геометрії побудови покриття.

Високі характеристики РПМ забезпечено за рахунок поглинальних властивостей основи килимового покриття, а також у результаті оптимізації конфігурації покриття та створення високотехнологічного матеріалу ворсу. Комплекс лакофарбового зовнішнього покриття має підвищену стійкість до впливу факторів зовнішнього середовища (сонячної радіації, температури, вологи, агресивних газів). Настільки широкий спектр вимог до створюваного РПМ пов'язаний з принциповим обмеженням, що співвідносить товщину матеріалу, необхідну для досягнення функціональності, з ефективною довжиною хвилі та дисперсією діелектричної й магнітної проникності, що вимагає пошуку компромісних рішень. Великою проблемою є визначення оптимального компромісу для матеріалу з високим співвідношенням «якість – ціна».

Висновки. Проведений короткий огляд й аналіз методів і засобів захисту малорозмірних наземних об'єктів, який дозволяє виділити основні напрями розвитку й удосконалення засобів їх маскування, що задовольняють комплекс суперечливих вимог. Докладний аналіз, систематизація засобів маскування, що задовольняють перелічені вимоги, дозволять конкретизувати

засоби маскування, які відповідають головному критерію «якість – ціна» для різних класів малорозмірних рухомих наземних об'єктів.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Способы радиоволнового контроля параметров защитных покрытий авиационной техники / под общ. ред. П. А. Федюнина. М. : Физматлит, 2012. 184 с.
2. Saxena V. K. Stealth and Counter-stealth Some Emerging Thoughts and Continuing Debates // Journal of Defense Studies. 2012. № 6 (3). P. 19–28.
3. Защита объектов / В.А. Григорян, Е.Г. Юдин, И.И. Терехин [и др.]; под ред. В.А. Григоряна. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. 327 с.
4. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами : моногр. / О. И. Сухаревский, В. А. Василец, С. В. Кукобко [и др.]; под ред. О. И. Сухаревского. Х. : ХУПС, 2009. 468 с.
5. Николаев А. Г., Перцов С. В. Радиотеплолокация. М. : Воениздат, 1970. 132 с.
6. Демаскирующие признаки ОБТ // Сайт «Объекту ПТУР не страшен». URL: <http://armor.kiev.ua/ptur/demask/showpic.html>.
7. РПМ «Накидка» для защиты от разведки и высокоточного оружия. URL: Сайт ОАО «НИИ Стали».
8. Осинский Г. Г., Быков В. Н. Модель защиты малоразмерных наземных объектов от радиометрических пассивно-активных систем обнаружения // Радиотехника и компьютерные системы / ХАИ. 2017. № 1 (81). С. 107–112.
9. Матричные радиометрические корреляционно-экстремальные системы навигации летательных аппаратов : моногр. / В. И. Антюфеев, В. Н. Быков, А. М. Гричанюк [и др.]. Х. : Изд-во ООО «Щедрая усадьба плюс», 2014. 372 с.
10. Смирнов В. Маскировка подвижных наземных объектов в современных условиях // Самиздат. URL: http://samlib.ru/s/smirnow_wasilij/masikirovka.shtml.
11. Филин С. А., Малохина Л. А. Средства снижения заметности : по патентным материалам. М. : ИНИЦ Роспатента, 2003. 215 с.
12. Під українським маскувальним покриттям – танка не видно... / М. В. Ткаліч [та ін.] // Винахідник і раціоналізатор. 2002. № 2–3. С. 5–6.
13. Быков В. Н., Колчигин Н. Н., Осинский Г. Г., Бережная Т. Д. Оценка эффективности средств защиты малоразмерных наземных объектов от

- пассивно-активных радиометрических систем обнаружения // Прикладная радиоэлектроника : научно-техн. журн. / Харьковский нац. ун-т радиоэлектроники, Акад. наук прикладной радиоэлектроники. 2016. Т. 15. № 1. С. 45–50.
14. Быков В. Н., Лотох Н. Г., Колчигин Н. Н., Осинский Г. Г. Метод активной защиты малоразмерных наземных объектов от пассивных радиометрических систем обнаружения // Прикладная радиоэлектроника : научно-техн. журн. / Харьковский нац. ун-т радиоэлектроники, Акад. наук прикладной радиоэлектроники. 2017. Т. 16. № 1, 2. С. 13–17.
- Рецензент В. А. Коваленко**, д-р техн. наук
(Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля»)

УДК

Г. Г. ОСИНОВИЙ,*начальник науково-технічного проектного відділу,***В. П. СУБАЧ,** *провідний конструктор комплексу**(Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля», м. Дніпр),***В. М. БИКОВ,** *доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри,***М. М. КОЛЧИГІН,** *доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри**(Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, Харків)*

Зниження радіолокаційної помітності літальних апаратів за допомогою Stealth-технологій

Розглянуті питання, пов'язані з можливістю використання композитних радіопоглинаючих структур для створення протирадіолокаційних покриттів повітряних об'єктів з метою захисту від радіолокаційних систем виявлення і розпізнавання.

Ключові слова: літальний апарат, радіопоглинання, Stealth-технологія, протирадіолокаційні покриття, композитні радіопоглинаючі структури.

Рассмотрены вопросы, связанные с возможностью использования композитных радиопоглощающих структур для создания противорадиолокационных покрытий воздушных объектов с целью защиты от радиолокационных систем обнаружения и распознавания.

Ключевые слова: летательный аппарат, радиопоглощение, Stealth-технология, противорадиолокационное покрытие, композитные радиопоглощающие структуры.

Створення протирадіолокаційних покриттів для поглинання енергії електромагнітних хвиль – це питання, яке необхідно вирішити, створюючи життєздатну військову техніку. Для таких покриттів в основному використовуються традиційні матеріали:

електропровідні дисперсійні матеріали (сажа, графіт, металеві частинки), волокнисті (вуглецеві, металеві, полімерні металізовані);

магнітні наповнювачі (спечені феритові пластини, порошки феритів, оксиду заліза і карбонільного заліза).

Наповнювачі застосовуються як окремо, так і спільно один з одним. Вибір сполучного матеріалу залежить не тільки від радіотехнічних, але також від конструктивних і експлуатаційних вимог. У даний час для радіопоглинальних (РП) матеріалів і покриттів використовуються діелектричні полімерні і еластичні матеріали, фарби, неткані матеріали, кераміка. З використанням таких матеріалів вдається знизити коефіцієнт відбиття радіосигналу на величину до 20 дБ і більше в широкій смузі довжин хвиль (до 30% від середньої робочої частоти).

Технологія створення малопомітних об'єктів в умовах їх спостереження радіолокаційними станціями, інфрачервоними і лазерними системами отримала загальну назву Stealth-технологія [1]. Лазерні і інфрачервоні системи спостереження, як правило, є допоміжними системами і застосовуються на додаток до радіолокаційних систем, тому нами будуть розглядатися питання, пов'язані зі зниженням радіолокаційної помітності. Основним фізичним параметром, що визначає помітність літального апарата (ЛА) при застосуванні радіолокаційних засобів радіодіапазону хвиль (дециметрового, сантиметрового і міліметрового діапазонів), є ефективна площа (поверхня) розсіювання (ЕПР). Величина цього параметра значною мірою залежить від форми і неоднорідностей зовнішньої поверхні ЛА і характеристик матеріалів покриттів.

Метою даної статті є розгляд можливості застосування високотемпературного радіопоглинаючого композиційного покриття для зниження помітності літальних апаратів для радіолокаційних систем виявлення.

У теперішній час можливо визначити такі тенденції створення РП покриттів [2, 3, 4, 5]:

1. За рахунок збільшення уявної частини діелектричної проникності ϵ'' , що призводить до збільшення діелектричних втрат матеріалу. Однак збільшення провідності i , відповідно, теплових втрат, призводить до збільшення відбиття від передньої поверхні матеріалу, для зниження якого доцільно використовувати інтерференцію відбиття від задньої поверхні матеріалу, що означає залежність товщини поглинаючого шару від частоти. Отже, прийнятних значень коефіцієнта поглинання можна домогтися лише на деяких фіксованих частотах. Одночасно постає питання про допустиме збільшення маси конструкції і граничні конструкційні зміни конфігурації, що не погіршували б аеродинамічні характеристики.

2. За рахунок збільшення уявної частини магнітної проникності m'' і магнітних втрат. Магнітні наповнювачі, що забезпечують великі магнітні втрати

в матеріалі: ферити різного складу, нитки і порошки з феромагнітних матеріалів і сплавів, що входять до складу композиційних матеріалів і аморфних сплавів, призначених для екранування і поглинання електромагнітної енергії. Цей напрям створення техніки є перспективним, однак в даний час відсутні теоретичні моделі, що задовільно описують поглинання електромагнітних хвиль як функцію параметрів мікроструктури РП матеріалу і прикладеного електромагнітного поля. Наявні моделі мають, скоріше, якісний характер [6]. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнта відбиття і товщини шарів громіздкі, мають масу обмежень і припущень, дають високу (до 50%) помилку [7].

3. За рахунок узгодження хвильових опорів матеріалу покриття із середовищем поширення електромагнітної хвилі. Для зниження рівня сигналу, відбитого від границі розділу і обумовленого стрибком хвильового опору, використовують багатошарові матеріали, перший шар в структурі яких має менше ϵ , отже, менше відбиття від границі розділу. Граничним випадком є матеріали градієнтного типу, характеристики яких змінюються безперервно в бік збільшення поглинання по напрямку вглиб матеріалу. З цієї метою можливе використання конструкційного матеріалу у вигляді пірамід або усічених конусів, що забезпечують плавну зміну електричних характеристик уздовж поширення хвилі. Недоліком перелічених вище конструкцій є складність виготовлення і необхідність використання РП матеріалу з висотою (товщиною) порядку довжини хвилі у вільному просторі, що стає критичним для задач зниження відбиття в області частот нижче 1 ГГц, особливо при обмеженні на загальні габаритні характеристики.

Паразитне відбиття від границі розділу через разузгодження хвильових опорів можливо зменшити шляхом введення в матеріал компонента з відмінною від нуля уявною частиною магнітної проникності m'' . Одночасно з електропровідними наповнювачами при створенні РП покриттів для зниження помітності військової техніки використовуються магнітні наповнювачі (порошки феритів, карбонільне залізо і т. д.) У ряді робіт пропонують використання композиційних матеріалів, що містять в діелектричній матриці (вспінена полімерна композиція) фракцію електропровідного наповнювача в формі протяжних включень (наприклад, вуглецевих або металевих волокон) спільно з дрібнодисперсними електропровідними і магнітними порошками.

Застосування феритових наповнювачів у радіопоглинаючих матеріалах перспективно, тому що матеріал має значні магнітні втрати, і наявність великих значень магнітної проникності m'' дозволяє забезпечити краще узгодження металевих і сильно поглинаючих шарів з вільним простором [8].

4. За рахунок інтерференції відбиттів від різних шарів покриття, що призводить до зменшення відбиття від матеріалу (багатошарові покриття та покриття спеціальної форми). Такий підхід є іншим підходом до створення покриттів, узгоджених за хвильовим опором з середовищем. Комплексний хвильовий опір також зменшується в міру занурення вглиб покриття. Це

дозволяє уникнути різких стрибків хвильового опору і, отже, небажаних відбиттів. Найбільш простим варіантом такої структури є двошарове (або більше) покриття з матеріалу з різною провідністю, де верхній шар з меншими значеннями σ часто називають узгоджувальним, а нижній (з великими σ) є поглинальним. Формули розрахунку коефіцієнта поглинання для багатошарових покриттів містять велику кількість взаємопов'язаних частотно залежних параметрів і служать, як правило, для якісного аналізу факторів, що впливають на коефіцієнт поглинання.

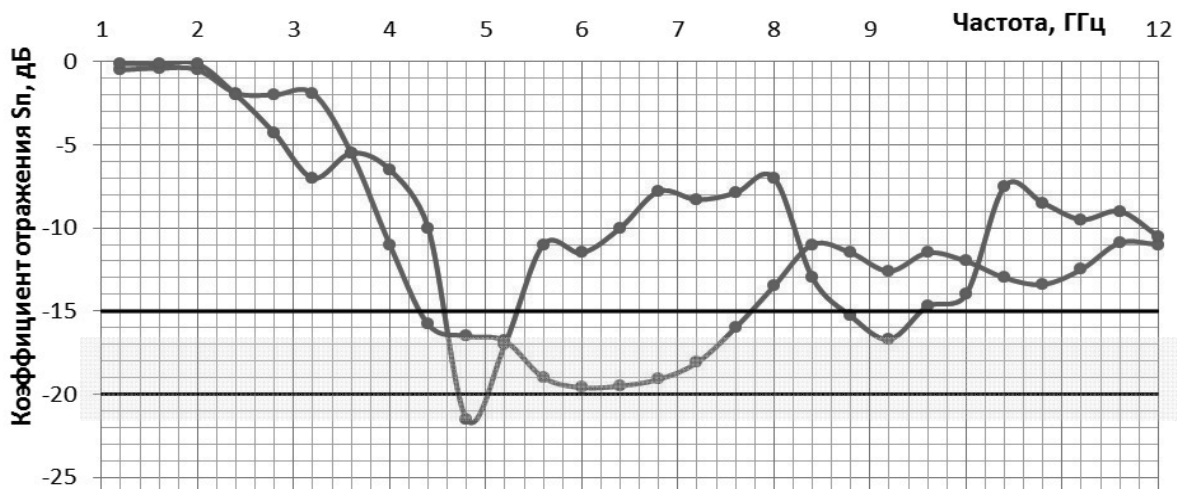
Розглянемо теоретичні основи створення радіопоглинаючих покриттів (РПП). Під поглинанням електромагнітної енергії розуміють електричні і магнітні втрати в матеріалі, що відбуваються за рахунок процесів релаксації. Енергія, передана системі, розподілиться між власними типами коливань, амплітуди яких набудуть значення, відповідні термодинамічній рівновазі. Процеси релаксації визначатимуть швидкість убавання амплітуд коливань, збуджених зовнішніми силами. Якщо система знаходиться під дією періодичних зовнішніх сил, то процеси релаксації здійснюють безперервний відтік енергії від первинних типів коливань і забезпечують тим самим можливість безперервного поглинання системою енергії зовнішніх сил.

Процеси релаксації в цьому випадку визначають дисипативні характеристики системи, наприклад, ширину резонансної кривої, уявні частини магнітної проникності і сприйнятливості. У [6] наведені математичні моделі спін-спінової, спін-граткової, іонної релаксації, релаксації за участю носіїв струму, в залежності від частот, що беруть участь у процесі перерозподілу енергії. Визначення декількох типів релаксації умовно, так як усі частинки пов'язані силами взаємодії і одночасно беруть участь у процесі перерозподілу енергії, проте такий поділ виник через складність цілісного опису процесу релаксації в полікристалічному матеріалі.

Найбільш сильне поглинання енергії пов'язують з резонансом доменних меж і природним феромагнітним резонансом, що описуються рівняннями Дерінга і Ландау – Лівшиця відповідно [6]. Відомі рівняння практично постульовані, але непридатні для виконання практичних завдань, для їх вирішення користуються рівняннями, отриманими емпіричним шляхом [7].

З того, як поняття доменної структури було вперше введено Блохом, двовимірні магнітні структури стали об'єктом всебічних досліджень. Було встановлено, що процеси зсуву доменної границі мають вирішальний вплив на багато фізичних властивостей магнітовпорядкованих кристалів, що визначають можливості їх використання для виконання найважливіших практичних завдань. Нелінійні процеси динамічного перетворення намагніченості в системі спінів, локалізованої в доменній стінці, визначають способи дисипації енергії, підведеної до доменної границі ззовні [8].

На жаль, теоретична модель, яка адекватно описує процеси релаксації електромагнітної енергії в матеріалі як функції параметрів мікроструктури, відсутня [9]. Однак потреба в формальному описі процесів релаксації

Рис. 1. Залежність коефіцієнта відбиття S_p двох дослідних зразків

досить велика, і попит на радіопоглинаючі матеріали зростає.

За тенденціям розвитку зарубіжних РПМ можна чітко простежити найбільш перспективні напрями розробки Stealth-покриттів. Поглинач радіолокаційного випромінювання, розроблений в США, складається з множини подрібнених частинок, отриманих з відходів пеноматеріалу (середній розмір 0,3 см до 2,4 см), і відрізків волоконного матеріалу (довжиною від 0,3 до 1,8 см і діаметром 7,3 мкм). Він має невисоку собівартість, працює в діапазоні 8...16 ГГц [10].

У [11] використовується тканина восьмिशарового сатинового плетіння товщиною 0,5 мм, яка переробляється при температурі 1300°C протягом 6 год в атмосфері срібла. Її отримують після обвуглювання кремнійорганічних волокон з молекулярної масою 200...2000, просочують синтетичною смолою або керамічним сполучником, і такий матеріал зменшує відбиття електромагнітної енергії на 10дБ у діапазоні частот 8...16 ГГц.

У роботі [12] запропонований РПМ, призначений для діапазону 4...6 ГГц. Магнітні втрати обумовлені феритовим порошком, а електричні – порошком карбонільного заліза, що входять до складу матеріалу.

Провідним виробником РПМ на світовому ринку є фірма TDK (Японія). Вона випускає широку номенклатуру РПМ, у тому числі на основі феритових порошків. Клас виробу, що випускається (IS, IP, IB, ICT, IJ, IR і інші) визначається матеріалом-основою даного виробу. Наприклад, клас матеріалів IP виконаний на основі пінополістиролу, він градієнтного типу, має поглинання не менше 20 дБ на частотах 500 МГц...40 ГГц. Він відрізняється високими ціною і масогабаритними характеристиками: при товщині 450...945 мм маса становить 12...22 кг/м² [13, 14]. ISM виконаний з неорганічної основи і феритового порошку, що забезпечує магнітні втрати. Матеріал градієнтного типу (в формі зрізаних пірамід) має велику вартість, габарити (товщина – не менше 60 мм) і масу 80...100 кг/м². У діапазоні 30 МГц...700 ГГц цей матеріал має поглинання не нижче 15 дБ. Може бути використаний на частотах менше

30 МГц. IB – феритовий РПМ, виготовлений за керамічною технологією, у діапазоні 20 МГц...700 МГц має поглинання не гірше 15 дБ, масу 32 кг/м² при товщині 6,3 мм [15]. Клас матеріалів IS (на основі пінополістилену і вуглецевого порошку) має найбільші габарити. Вибір РП матеріалу (РПМ) для заданого частотного діапазону визначається розміром і формою пірамід. Наприклад, IS-100 висотою 1 м забезпечує поглинання не менше 30 дБ в діапазоні 200 МГц...110 ГГц, маса РПМ становить 12 кг/м² [16].

Фірма випускає також композиційні матеріали на основі вищевказаних класів. Наприклад, матеріали класу IP-BX поєднують властивості IP і IB класів, виконані на основі пінополістиролу, мають високий рівень поглинання (не нижче 23 дБ) у широкому діапазоні частот (70 МГц...40 ГГц) завдяки електричним втратам за рахунок вуглецевого наповнювача і магнітним втратам за рахунок феритового. Висота пірамід матеріалу досягає 1,3 м при масі 25 кг/м² [16]. Пудра з ферошпінелей і гексаферитів використовується для створення матеріалів класу IR, виконаних на основі синтетичного каучуку. У матеріалі IR-E використовується порошок карбонільного заліза.

Проведений вище аналіз теоретичних положень і світових тенденцій з виробництва радіолокаційних покриттів показав, що найбільш перспективним є створення широкодіапазонних композиційних РПМ на основі модифікованих феритових наповнювачів.

Слід розвивати і налагоджувати випуск вітчизняних РПМ на основі феритів, конкурентоспроможних на зовнішньому ринку.

Для зниження помітності виробу в широкому діапазоні довжин хвиль за допомогою конструкційного матеріалу, що виконує одночасно функції теплозахисного матеріалу, було розглянуто багат шарове покриття градієнтного типу. Матеріал був виконаний з кремнійнеорганічної тканини із силікатним високотемпературним сполучним. Поглинання здійснюється за рахунок добавок: оксидів металів, карбонільного заліза, графіту в різній концентрації – зі збільшенням концентрації поглинаючих наповнювачів углиб матеріалу.

Вимірювання були виконані в широкому діапазоні довжин хвиль 1...12 ГГц на плоских зразках по нормалі до поздовжньої осі рупорної антени. Аналіз вимірів коефіцієнтів відбиття від зразків покриття при нормальному падінні радіохвиль показав:

поглинаючі властивості покриття значною мірою залежать від частоти радіосигналу і характеризуються наявністю резонансних піків поглинання в локальних діапазонах частот;

для виконання вимоги за рівнем поглинання не менше 15...20 дБ необхідно виконати вимоги щодо забезпечення дотримання градієнта розподілу поглинаючих компонентів в шарі РПП, що можна виконати тільки за умови створення сучасної автоматизованої лінії.

Висновки. Створення протирадіолокаційного (радіопоглинаючого) покриття для зниження радіолокаційної помітності високошвидкісного ЛА неможливе без наявності поглиначу, що має стабільний коефіцієнт відбиття не менше –20 дБ в діапазоні частот 1...12 ГГц [17]. Це можливо за умови виконання таких умов:

1. Істотне збільшення товщини шару покриття за рахунок збільшення кількості узгоджених шарів. Можливо отримати більш широкодіапазонне РПП: $\delta=(0,1...0,15)\lambda_{\max}$, де λ_{\max} – найбільша довжина хвилі діапазону (найбільша довжина хвилі L діапазону 30 см), отже, товщина матеріалу, необхідна для поглинання більшої частини енергії, становитиме $\delta\lambda_{\max}=0,1...0,15$ мм.

2. Пошук та застосування магнітних домішок, що стійкі до теплових впливів і мають стабільні магнітні властивості протягом довгого часу зберігання.

При створенні високотехнологічного покриття для зниження радіолокаційної помітності ЛА слід враховувати:

введення добавок фериту призведе до збільшення товщини і поверхневої щільності покриття, також необхідно зважати на температури точок Кюрі при введенні в покриття фериту, бо при нагріванні феритів до температури вище точки Кюрі їх магнітні параметри різко і сильно зменшуються, тобто матеріали будуть необоротно зіпсовані;

при зберіганні на складах з часом феритні матеріали втрачають магнітні властивості, навіть якщо температура була постійна і відсутня намагніченість. Параметри починають погіршуватися відразу ж після виготовлення феромагнітного виробу. Можлива зміна магнітної проникності матеріалу з часом без будь-яких зовнішніх впливів (процес дезакомодації);

різко погіршити параметри фериту можуть механічні дії: сильна вібрація і удари необоротно знижують початкову магнітну проникність феритів (шок-ефект).

Проте, незважаючи на всі труднощі виготовлення, ми отримали експериментальне підтвердження того, що нанесення системи високотемпературного радіопоглинаючого покриття градієнтного типу дозволяє на порядок зменшити величину ЕПР і суттєво підвищити бойову ефективність, особливо при одночасному застосуванні засобів радіоелектронної протидії засобам виявлення [18].

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Виноградов А.П. Электродинамика композиционных материалов / под ред. Б. З. Кацеленбаума. М. : Едиторал УРСС, 2001. 208 с.
2. Алимин Б. Ф. Современные разработки поглотителей электромагнитных волн и радиопоглощающих материалов // Зарубежная радиоэлектроника. 1989. № 2. С. 37–82.
3. Головань А. А., Тимошенко В. Ю., Кашкаров П. К. Оптические свойства нанокомпозитов на основе пористых систем // УФН. 2007. Т. 177. № 6. С. 619–638.
4. Витовтов К. А., Булгаков А. А. Аналітичний метод дослідження електродинамічних властивостей періодичних структур з магнітними шарами // Радіофізика та електроніка. 2005. Т.10. №3. С. 428–434.
5. Hierl R., Neujahr H., Sandl P. Military Aviation // Information Ergonomics. 2012. P. 159–195.
6. Tsanov T., Terlemezyan L. Polymers & Polymer Composites. 1997. 6, N 7. P. 447–454.
7. Omastova M., Pavlinec J., Pionteck J., Simon F., Kosina S. // Polymer. 1998. 39, N 25. P. 6559–6566.
8. Tsanov T., Mokreva P., Terlemezyan L. // Polymers & Polymer Composites. 1997. 5, N7. P. 483–492.
9. Гурев ч А. Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках. М. : Наука, 1973. 573 с.
10. URL: <http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll?ty=29&docid=2107705>.
11. URL: <http://ckbrm.nm.ru>.
12. URL: <http://www.viam.ru>.
13. Пат. 6043769 США, МПК 7 Н 01 Q 17/00. Cuming Microwave Corp., Rowe Paul E., Kocsik Michael T. № 09/121293; Заявл. 23.07.1998; Оpubл. 28.03.2000; НПК 342/4. Англ.
14. Пат. США, МПК 7 Н 01 Q 17/00. Electromagnetic wave absorbers of silicon carbide fibers. Ishikawa, Toshikatsu; Ichikawa, Hiroshi; Imai, Yoshikazu; Hayase, Tokuji; Nagata, Yoichi. № 05/147199; Заявл. 24.12.1984; Оpubл. 26.03.85; НПК 342/4. Англ.
15. Mirtaheri S.A., Yin J., Sehi H., Mizumoto T., Naito Y. The characteristics of electromagnetic wave absorber composed on rubber, carbon and ferrit // Int. Symp. Electromagn. Compat., Nagoya, Sept. 8-10, 1989. P. 784–787.
16. URL: http://www.tdkrfolutions.com/DataPDFs/e9e_bdj_003.pdf.
17. Справочник по радиолокации. Основы радиолокации / под ред. М. Скольника : пер. с англ. М. : Сов. радио, 1976. Т. 1. 455 с.
18. Пат. Российской Федерации, RU 2131612 С1: 21.09.98. Радиолокационная станция / Антонов П. Б., Коржавин В. А., Никольцев В. А. [и др.].

Рецензент В. А. Коваленко, д-р техн. наук
(Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля»)

УДК 623.4.015.4

П. М. ФЕДОРОВ,*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,***В. В. БОГУЧАРСЬКИЙ,** *кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,***Н. В. ГАМАЛІЙ,** *старший науковий співробітник (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Розрахунок зон ураження зброї електромагнітного імпульсу

На основі спрощеного детерміністського підходу розроблено спосіб розрахунку дальності дії та розмірів зон ураження зброї електромагнітного імпульсу. Обґрунтовано величину рівня гарантованого функціонального ураження радіоелектронних засобів, не обладнаних спеціальними системами захисту від електромагнітного імпульсу. Показано зв'язок так званого параметра ER з дальністю дії зразка зброї електромагнітного імпульсу в напрямку максимуму діаграми спрямованості його антенної системи та запропоновано формули для розрахунку цього параметра. Встановлено, що для ураження радіоелектронних засобів на максимальній площі необхідно правильно вибирати дальність спрацювання зразка зброї електромагнітного імпульсу. Отримано розрахункові співвідношення для визначення цієї оптимальної дальності. Показано, що величина максимального радіуса ураження в першому наближенні визначається лише потужністю застосованого генератора й критеріальним рівнем ураження радіоелектронних засобів і практично не залежить від вибору антенної системи зразка зброї електромагнітного імпульсу.

Ключові слова: зброя електромагнітного імпульсу, тактико-технічні параметри, радіоелектронні засоби, функціональне ураження, дальність дії, зона ураження.

На основе упрощенного детерминистского подхода разработан способ расчета дальности действия и размеров зон поражения оружия электромагнитного импульса. Обоснована величина уровня гарантированного функционального поражения радиоэлектронных средств, не оборудованных специальными системами защиты от электромагнитного импульса. Показана связь так называемого параметра ER с дальностью действия образца оружия электромагнитного импульса в направлении максимума диаграммы направленности его антенной системы. Предложены формулы для расчета этого параметра. Установлено, что для поражения радиоэлектронных средств на максимальной площади необходимо правильно выбирать дальность срабатывания образца оружия электромагнитного импульса. Получены расчетные соотношения для определения этой оптимальной дальности. Показано, что величина максимального радиуса поражения в первом приближении определяется лишь мощностью примененного генератора и критериальным уровнем поражения радиоэлектронных средств и практически не зависит от выбора антенной системы образца оружия электромагнитного импульса.

Ключевые слова: оружие электромагнитного импульса, тактико-технические параметры, радиоэлектронные средства, функциональное поражение, дальность действия, зона поражения.

Починаючи з Другої світової війни, у військовій справі широко застосовують такі засоби радіоелектронної боротьби (тобто боротьби в радіочастотному спектрі), як станції постановки активних перешкод. Ці станції здійснюють функціональне подавлення радіоелектронних засобів (РЕЗ) противника. Подальшому розвитку «наступальних» спроможностей засобів радіоелектронної боротьби сприятиме широке впровадження створюваних зараз у провідних країнах світу зразків зброї електромагнітного імпульсу (ЕМІ).

Під зброєю ЕМІ розуміють спеціально розроблені й виготовлені неядерні засоби генерування потужного електромагнітного імпульсу або послідовності імпульсів для функціонального ураження озброєння та військової техніки (ОВТ) противника, насамперед різноманітних РЕЗ, що входять до складу його систем управління військами і зброєю. На відміну від функціонального подавлення, при функціональному ураженні елементи РЕЗ противника зазнають необоротних ушкоджень (електричний та (або) тепловий пробій, механічні руйнування тощо), у результаті яких після припинення уражального впливу вони не можуть самостійно повернутися до працездатного стану і потребують ремонту [1, 2].

У загальному випадку будь-який зразок зброї ЕМІ має такі обов'язкові складові [1]:

джерело живлення;

генератор, що формує імпульсний сигнал – поодинокий відео- чи радіоімпульс або пачку імпульсів необхідної потужності (енергії);

антенно-фідерну систему, призначену для передачі енергії від генератора до антени (фідерний тракт), а також ефективного випромінювання вільно поширюваних у просторі електромагнітних хвиль та формування діаграми спрямованості (ДС) заданої форми й орієнтування її в напрямку на ціль (власне антена).

Крім цих обов'язкових елементів, що визначають основні тактико-технічні характеристики, деякі зразки зброї ЕМІ можуть доповнюватися різноманітними допоміжними підсистемами, які підвищують ефективність бойового застосування такої зброї, як от підсистеми радіотехнічної розвідки, наведення на ціль, управління, обміну інформацією та її відображення. Наявність таких підсистем більш характерна для варіанта конструктивного виконання зброї ЕМІ у вигляді потужних комплексів спрямованого випромінювання (КСВ) багаторазового використання, що здійснюють дистанційне ураження цілей зі значної відстані. Іншим варіантом виконання зброї ЕМІ є так звані боєприпаси ЕМІ (керовані ракети, авіаційні бомби, артилерійські снаряди тощо), які за допомогою відповідних носіїв доставляються в місце спрацювання, розташоване в безпосередній близькості до цілей, що уражаються.

Важливим завданням, яке необхідно виконати перед початком розробки зразків перспективної зброї ЕМІ, так само, як і будь-якого іншого новітнього зразка ОВТ, є ретельне обґрунтування тактико-технічних вимог до них. З одного боку, тактико-технічні вимоги (ТТВ) повинні базуватися на оперативно-тактичних вимогах, що визначають цільове призначення, бойові можливості

та умови бойового застосування нового виду зброї. З іншого боку, при розробці ТТВ необхідно враховувати обмеження фізичних процесів, покладених в основу функціонування зброї, що впливають з фундаментальних законів природи. Для зброї ЕМІ такі обмеження визначаються закономірностями процесів генерування потужного імпульсного випромінювання, його поширення в природних умовах та взаємодії з електричними колами РЕЗ. Іншими обмеженнями, що потрібно брати до уваги, є досяжний на сучасному етапі розвитку науки й техніки рівень технологічних можливостей з виробництва необхідних матеріалів і виробів, а також раціональні масові, габаритні, енергетичні та економічні обмеження.

Ефективність дії зброї ЕМІ на РЕЗ противника залежить від багатьох факторів:

1) енергетичних, спрямувальних, часових, частотних і поляризаційних параметрів випромінювання, створюваного зразком зброї ЕМІ (параметрів зброї);

2) відстані до місця розташування цілі, що уражається (радіотехнічний об'єкт, зразок ОБТ або окремих РЕЗ), та її кутових координат відносно зразка зброї ЕМІ («геометрії» зони ураження);

3) впливу земної поверхні, її рельєфу, різноманітних розташованих на ній предметів і об'єктів, а також атмосфери на умови поширення радіохвиль від зразка зброї ЕМІ до цілі, який характеризується такими явищами, як дифракція, рефракція, поглинання випромінювання ЕМІ в атмосферних газах і опадах, багатопроміневе поширення тощо (впливу природних умов);

4) конкретного компоновання радіотехнічного об'єкта (зразка ОБТ), способів виконання корпусів апаратури, застосованих схемних рішень, особливостей систем електроживлення й заземлення, наявності чи відсутності засобів додаткового захисту від наведень ЕМІ у вигляді екранів, розрядників тощо (конструктивних особливостей РЕЗ);

5) стійкості застосованих електрорадіоелементів до впливу потужного ЕМІ (критеріальних рівнів ураження елементної бази).

При обґрунтуванні ТТВ розрахунку підлягають параметри зброї – перша група перелічених факторів, що впливають на ефективність дії зразків зброї ЕМІ. До таких параметрів відносяться імпульсна потужність, ширина головної пелюстки ДС, коефіцієнт підсилення антенної системи, середня частота й ширина спектра випромінювання, тривалість одного імпульсу, кількість імпульсів та частота їхнього слідування.

Друга група факторів, «геометрія» зони ураження, визначається, головним чином, оперативнотактичними вимогами до зброї ЕМІ. Основними параметрами цієї групи є дальність ураження, дальність спрацювання зразка зброї ЕМІ та радіус і площа зони ураження.

Вплив третьої групи факторів у розрахунках, що проводяться при обґрунтуванні ТТВ до зразків зброї ЕМІ, можна врахувати за допомогою відомого в теорії поширення радіохвиль [3] множника ослаблення L , який показує, наскільки поле електромагнітної хвилі, що поширюється в реальних умовах, відрізняється від

поля електромагнітної хвилі, яке існувало б у вільному просторі.

Найбільш складним завданням є точне врахування четвертої групи факторів, що характеризують шляхи проникнення електромагнітної енергії до найбільш уразливих до впливу ЕМІ елементів РЕЗ та визначають величину її ослаблення.

Нарешті остання, п'ята група факторів, характеризує фізичні процеси безпосереднього ураження електронних компонентів РЕЗ потужними імпульсними електромагнітними полями. Для надійного обґрунтування ТТВ до зразків зброї ЕМІ необхідно попередньо мати якомога достовірніші конкретні дані щодо критеріальних рівнів ураження різних електрорадіоелементів. Їх можна отримати в результаті математичного моделювання з необхідним уточненням результатів моделювання фізичним експериментом.

Реальні умови бойового застосування зразків ЕМІ дуже різноманітні, складні й мінливі, через що переважна більшість вищеперелічених факторів має випадковий характер. Найбільш раціональним і адекватним у такій ситуації повинен би стати імовірнісний підхід до обґрунтування ТТВ, при якому практичне значення мала б, наприклад, не абстрактна дальність ураження зразка зброї ЕМІ, а імовірності ураження того чи іншого ступеня важкості тих чи інших РЕЗ на різних відстанях від точки його спрацювання.

Загальні розрахункові вирази для оцінки імовірнісних показників ефективності застосування зброї ЕМІ запропоновано, зокрема, в роботах [4, 5]. Різні аспекти стосовно побудови, класифікації, шляхів створення, технічних характеристик та принципів дії зброї ЕМІ висвітлені, наприклад, у теоретичних працях [1, 6–10]. Проте, на жаль, авторам не вдалося виявити дослідження, які б містили конкретні розрахункові чи експериментальні дані щодо рівнів та імовірностей ураження РЕЗ зразками зброї ЕМІ.

Очевидно, що для отримання таких даних необхідно проводити достатню кількість випробувань конкретних РЕЗ, радіотехнічних об'єктів та зразків ОБТ за допомогою імітаторів ЕМІ на спеціалізованих полігонах, надаючи результати випробувань статистичній обробці. В Україні є такі полігони з відповідним обладнанням, значна частина якого залишилася ще з радянських часів (щоправда, реальний стан цього обладнання потребує додаткового з'ясування). Однак попри це та прямі вимоги відповідних стандартів, як ще радянських, так і стандартів НАТО, про необхідність проведення обов'язкових випробувань зразків ОБТ на стійкість до електромагнітних випромінювань, зокрема ЕМІ, такі випробування в Україні останнім часом проводяться нерегулярно. Результатом цього стало те, що на даний час в Україні відсутні достовірні дані про імовірності ураження та єдина база критеріальних рівнів ураження зброєю ЕМІ як окремих радіоелектронних компонентів, так і зразків ОБТ у цілому.

За відсутності таких даних єдиним раціональним підходом при попередньому обґрунтуванні енергетичних характеристик зразків зброї ЕМІ, необхідних для

ураження конкретних РЕЗ, залишається спрощений детерміністський підхід, що враховував би тільки найбільш важливі й незмінні фактори, вплив яких найсуттєвіший. При цьому для надійності оцінок тих параметрів, точні величини яких невідомі, можна брати їхні середні значення або ж, в окремих випадках, застосовувати граничні оцінки (максимальні чи мінімальні значення деяких параметрів).

Метою даної статті є розробка такого підходу та отримання за його допомогою попередніх оцінок дальності дії та розмірів зон ураження зброї ЕМІ за різних параметрів її функціонування для обґрунтування тактико-технічних вимог до перспективних зразків зброї ЕМІ.

Обґрунтування рівня гарантованого функціонального ураження. Вирішення задачі обґрунтування дальності дії, розмірів зон ураження та інших тактико-технічних параметрів і характеристик зразків зброї ЕМІ, що плануються до розробки, будемо проводити на основі розробленої в [11] методики розрахунку густини потоку випромінювання зразків електромагнітної зброї в місці розташування об'єкта ураження.

Загальна схема розрахунку виглядає так. Спочатку визначається густина потоку випромінювання Π [Вт/м²] зразка зброї ЕМІ в місці розташування об'єкта ураження за формулою [11]

$$\Pi = \frac{PG}{4\pi R^2} L^2 F^2(\alpha), \quad (1)$$

де P – імпульсна потужність зразка зброї ЕМІ, Вт; G – коефіцієнт підсилення зразка зброї ЕМІ в максимумі ДС його антенної системи; R – відстань від зразка зброї ЕМІ до об'єкта ураження, м; L^2 – квадрат множника ослаблення, який характеризує конкретні особливості поширення радіохвиль під час ураження; $F^2(\alpha)$ – значення нормованої ДС антенної системи в напрямку цілі, що задається величиною кута α .

Для спрощення подальшого розгляду обмежимося граничним ідеальним випадком $L^2 = 1$, коли вплив навколишнього середовища на умови поширення радіохвиль відсутній. За необхідності (наприклад, у випадку поширення електромагнітної хвилі вздовж земної поверхні) розрахунки можна уточнити, припустивши, наприклад, як це зроблено в [11], що на відкритій місцевості $L^2 \approx 0,3 \dots 0,7$, а на пересіченій місцевості та в населених пунктах $L^2 \approx 0,1 \dots 0,3$.

Знання величини густини потоку випромінювання Π в місці розташування РЕЗ, що уражається, насправді є лише першим, найбільш легким завданням. Наступний етап ідеальної методики розрахунку уражального впливу зброї ЕМІ на об'єкти ураження повинен був би передбачати визначення шляхів проникнення електромагнітної енергії до найбільш уразливих до впливу ЕМІ елементів РЕЗ та величини її ослаблення. На цьому етапі мав би здійснюватися перехід від значення Π до потужності P_{ef} [Вт], яка виділяється на елементі РЕЗ, що зазнає функціонального ураження:

$$P_{ef} = \Pi S_{ef}. \quad (2)$$

Параметр S_{ef} з розмірністю площі, який може бути названо «ефективною площею поглинання», узагальнено характеризує «поглинальну здатність» зразка РЕЗ щодо випромінювання ЕМІ. Він залежить як від параметрів самого випромінювання ЕМІ (його часових, частотних та поляризаційних характеристик), так і від безлічі інших факторів, що характеризують конкретне конструктивне виконання РЕЗ. Тому точне значення параметра S_{ef} , як правило, невідоме.

Так само невідомим, залежним від багатьох умов (температури, атмосферного тиску, напруги живлення тощо) і через те певною мірою випадковим є точне значення мінімальної поглинутої елементом РЕЗ потужності P_{up} електромагнітного поля, за якої відбувається його функціональне ураження.

Через суттєву невизначеність параметрів S_{ef} і P_{up} зазначена ідеальна методика розрахунку уражального впливу зброї ЕМІ на об'єкти ураження є мало придатною для практичного застосування. Більш практичним і доцільним при орієнтовних розрахунках ефективності застосування зброї ЕМІ може бути інший підхід, який передбачає встановлення певного рівня густини потоку електромагнітного випромінювання Π_0 , за якого відбувається гарантоване функціональне ураження переважної більшості РЕЗ, не обладнаних спеціальними системами захисту від ЕМІ. Спробуємо якимось чином раціонально обґрунтувати величину Π_0 .

Відомо [10, 12], що під впливом поодиноких імпульсів тривалістю $\tau > 10$ нс напівпровідникові прилади діапазону 1–10 ГГц, що є одними з найуразливіших до дії ЕМІ, уражаються при імпульсній потужності в місці розташування приладу 5–10 Вт. Найбільш сильно впливає (при найменшій енергії або потужності ураження) зброя ЕМІ при проникненні через антену РЕЗ. Припустимо для приклада, що випромінювання ЕМІ сантиметрового діапазону потрапляє до напівпровідникового змішувача радіолокаційного приймача за боковими пелюстками з доволі низьким рівнем –35 дБ через дзеркальну антену півметрового діаметра, зазнаючи при цьому додаткового ослаблення 10 дБ у фідерному тракті. Нескладно підрахувати, що навіть у цьому випадку, характерному для достатньо захищеної від впливу ЕМІ радіолокаційної станції, величина S_{ef} становитиме

$$S_{ef} = \pi \cdot 50^2 \cdot 10^{-\frac{45}{10}} \approx 0,25 \text{ см}^2.$$

За формулою (2), вибравши середнє значення $P_{up} = 7,5$ Вт, отримаємо таку оцінку рівня Π_0 :

$$\Pi_0 = \frac{7,5}{2,5 \cdot 10^{-5}} = 300 \text{ кВт/м}^2.$$

Дана оцінка збігається з прийнятим у спеціальній англомовній літературі визначенням так званого Conservative Kill Criterion (що приблизно можна перекласти як «критерій гарантованого ураження»): два імпульси тривалістю 30 нс з густиною потоку випромінювання 30 Вт/см² з певним запасом забезпечують ураження більшості РЕЗ, що зазнали такого впливу.

У подальших розрахунках дальності дії, розмірів зон ураження та інших тактико-технічних параметрів і характеристик зразків зброї ЕМІ будемо виходити саме з цього граничного рівня. Вважатимемо, що переважну більшість РЕЗ противника буде уражено, якщо в місці їх розташування зразок ЕМІ створить електромагнітне поле з густиною потоку $\Pi_0 = 300 \text{ кВт/м}^2$ і більше.

Враховавши відомий зв'язок [13, 14] вектора Пойнтинга Π і напруженості електричного поля E електромагнітної хвилі в далекій зоні випромінювача

$$\Pi = \frac{E^2}{120\pi}, \quad (3)$$

де $120\pi \approx 377 \text{ Ом}$ – хвильовий опір середовища поширення електромагнітної хвилі – земної атмосфери, зазначимо, що густині потоку $\Pi_0 = 300 \text{ кВт/м}^2$ відповідає напруженість електричного поля $E_0 \approx 10 \text{ кВ/м}$.

Параметр ER і максимальна дальність ураження. При оцінці дальності ураження зразків зброї ЕМІ дуже зручним у користуванні параметром є добуток напруженості електричного поля E в максимумі ДС та відстані R , так званий параметр ER . Оскільки напруженість електричного поля будь-якої антенної системи в її далекій зоні змінюється за законом R^{-1} , параметр ER не залежить від відстані й визначається лише енергетичними та спрямувальними властивостями зразка зброї ЕМІ.

Визначивши в результаті точних вимірювань напруженості електричного поля або теоретичних розрахунків величину параметра ER , можна дуже просто, за допомогою очевидного й простого співвідношення

$$h_{\max} = \frac{ER}{E_0} \quad (4)$$

обчислити максимальну (у напрямі максимуму ДС антенної системи) дальність ураження h_{\max} зразка

зброї ЕМІ. Величина E_0 у формулі (4) має фізичний зміст напруженості електричного поля, при якому відбувається ураження РЕЗ. Підставивши до рівняння (4) значення $E_0 \approx 10 \text{ кВ/м}$, що відповідає рівню гарантованого функціонального ураження РЕЗ, можливо ще більше спростити формулу для визначення максимальної дальності ураження зразків зброї ЕМІ

$$h_{\max} \approx \frac{(ER)_{\text{кВ}}}{10}. \quad (5)$$

Виразивши в рівнянні (3) густину потоку Π через формулу (1) і поклавши в ній $L^2 = 1$ та $F^2(\alpha) = 1$, отримаємо співвідношення

$$ER = \sqrt{30PG}, \quad (6)$$

$$(ER)_{\text{кВ}} = 173,2\sqrt{P_{\text{ГВт}}G}. \quad (7)$$

Індекси «кВ» та «ГВт» в рівняннях (5) і (7) означають, що при користуванні ними параметр ER та імпульсну потужність зразка зброї ЕМІ P слід вимірювати не в одиницях СІ, а в більш практичних одиницях: у кіловольтах та гігаватах відповідно.

Зазначимо, що залежно від коефіцієнта підсилення застосованої антени значення параметра ER зразків зброї ЕМІ з імпульсною потужністю порядку 1 ГВт коливаються від 200–300 кВ для боеприпасів ЕМІ зі слабкоспрямованою антеною невеликих електричних розмірів (порівняно з довжиною хвилі) до понад 30 МВ для комплексів спрямованого випромінювання з апертурними антенами діаметром до кількох метрів, що мають ДС із шириною головної пелюстки близько 1° .

Для орієнтовної оцінки параметра $(ER)_{\text{кВ}}$, а відтак і максимальної дальності ураження зразків зброї ЕМІ, можна крім формули (7) запропонувати кілька інших розрахункових співвідношень. Так, зокрема, враховуючи відому [11, 13] залежність коефіцієнта підсилення антени G від ширини головної пелюстки вісесиметричної нормованої ДС на рівні половинної потужності $\Delta\alpha_{0,5}$, $G \approx \frac{32000}{(\Delta\alpha_{0,5})^2}$, отримаємо оцінку

$$(ER)_{\text{кВ}} \approx 3,1 \cdot 10^4 \frac{\sqrt{P_{\text{ГВт}}}}{\Delta\alpha_{0,5}}, \quad (8)$$

де параметр $\Delta\alpha_{0,5}$ вимірюється в кутових градусах.

Перспективними для застосування в зразках зброї ЕМІ є широкосмугові антени апертурного типу. Для круглої апертури діаметром d коефіцієнт підсилення G можна оцінити за формулою [11, 13]

$$G = \left(\frac{\pi d}{\lambda}\right)^2 K_{\text{ен}}, \quad (9)$$

в якій λ – довжина хвилі, що відповідає середній частоті f робочого діапазону частот; $K_{\text{ен}}$ – так званий коефіцієнт використання поверхні апертури.

Після підстановки до формули (7) рівняння (9) з $K_{\text{ен}} \approx 0,8$ маємо

$$(ER)_{\text{кВ}} \approx 487\sqrt{P_{\text{ГВт}}} \frac{d}{\lambda}. \quad (10)$$

Так як $\lambda = \frac{300}{f_{\text{МГц}}}$ [11], можливий інший варіант розрахункового співвідношення (10):

$$(ER)_{\text{кВ}} \approx 1,62\sqrt{P_{\text{ГВт}}} f_{\text{ГГц}} d_{\text{мм}}. \quad (11)$$

При застосуванні інженерної формули (11) усі параметри виражають у практичних одиницях, зокрема частоту – у гіггерцах, а діаметр круглої апертурної антени – у міліметрах.

Якщо для ураження радіоелектронних засобів противника в зразку зброї ЕМІ здійснюється генерація не радіоімпульсів, а коротких надширокосмугових відеоімпульсів наносекундної тривалості, поняття середньої частоти і середньої довжини хвилі певною мірою втрачають практичний зміст. У цьому випадку при оцінці уражальних можливостей зброї ЕМІ більш коректно застосовувати такий параметр, як тривалість імпульсу τ . Оскільки тривалість імпульсу й ширину його смуги частот Δf пов'язує відоме в радіотехніці рівняння неви-

значеності $\Delta f \tau \approx 1$, а середня частота спектра відеоімпульсу $f \approx \frac{\Delta f}{2}$, то очевидно, що

$$f \approx \frac{1}{2\tau} \text{ або } f_{ГГц} \approx \frac{1}{2\tau_{нс}}. \quad (12)$$

Виражаючи у формулі (11) величину $f_{ГГц}$ за допомогою співвідношення (12), отримаємо таке рівняння для оцінки параметра $(ER)_{кВ}$:

$$(ER)_{кВ} \approx 0,81 \sqrt{P_{ГВт}} \frac{d_{дм}}{\tau_{нс}}. \quad (13)$$

Скориставшись формулою (13), нескладно розрахувати, що, наприклад, зразок зброї ЕМІ, який через антену діаметром 500 мм випромінює імпульс тривалістю 1 нс і потужністю 1 ГВт, створює уражальний вплив, що характеризується величиною параметра $ER \approx 400$ кВ. Згідно з рівнянням (5), поділивши цю величину на коефіцієнт 10, отримаємо максимальну дальність ураження зразка зброї ЕМІ $h_{\max} \approx 40$ м.

Радіус і площа зони ураження. Розглянемо типову модельну задачу бойового застосування зброї ЕМІ – ураження наземного об'єкта зразком зброї ЕМІ з повітря. Комплекс спрямованого випромінювання повітряного базування чи боеприпас ЕМІ у вигляді бойової частини керованої ракети, авіаційної бомби або артилерійського снаряда за допомогою відповідного носія доставляється в точку А, розташовану на висоті h над об'єктом, що уражається, як показано на рис. 1. Антена система зразка зброї ЕМІ орієнтується вертикально вниз. Зразок зброї ЕМІ спрацьовує, і потужний імпульс електромагнітного випромінювання здійснює функціональне ураження радіоелектронних засобів, що знаходяться на земній поверхні всередині зони ураження площею S_{yp} .

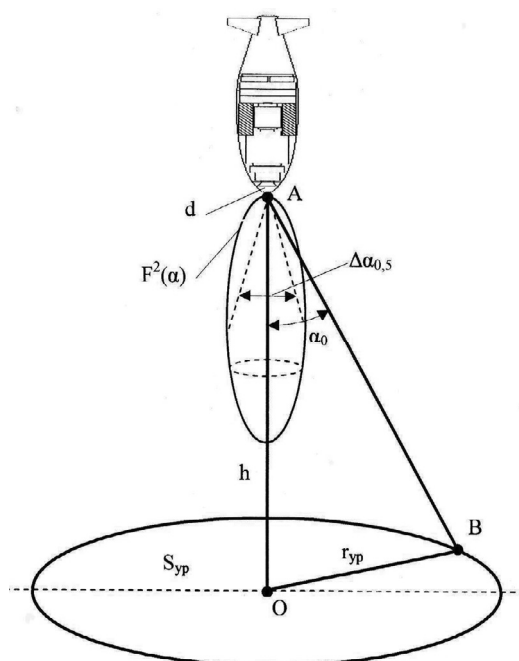


Рис. 1. Схема бойового застосування зброї ЕМІ

Принагідно зауважимо, що всі отримані в результаті розгляду цієї модельної задачі результати можуть бути очевидним способом узагальнені, наприклад, на випадок ураження повітряних цілей. При цьому треба замість висоти вести мову про дальність до цілі, а під радіусом і площею зони ураження розуміти відповідні параметри в площині, перпендикулярній до лінії, що з'єднує зразок зброї ЕМІ і цілі.

Для спрощення подальшого розгляду обмежимося випадком осесиметричної ДС, коли слід межі зони ураження на земній поверхні являє собою коло радіусом r_{yp} , у всіх точках якого густина потоку випромінювання дорівнює рівню гарантованого функціонального ураження РЕЗ Π_0 (застосування в зразках зброї ЕМІ антен з вісесиметричною ДС є найбільш раціональним і доцільним варіантом, оскільки при цьому знімається проблема точного орієнтування антени для забезпечення необхідної форми зони ураження, яку попередньо ще необхідно достовірно встановити). Величинами, що підлягають визначенню, є радіус зони ураження r_{yp} та площа цієї зони

$$S_{yp} = \pi r_{yp}^2. \quad (14)$$

З урахуванням геометрії задачі (трикутник АОВ на рис. 1) маємо очевидну формулу для розрахунку радіуса зони ураження

$$r_{yp} = h \operatorname{tg} \alpha_0. \quad (15)$$

Невідомий кут α_0 у рівнянні (15) можна відшукати в результаті розв'язання рівняння

$$\Pi_0 = \frac{PG}{4\pi(h^2 + r_{yp}^2)} F^2(\alpha) = \frac{PG}{4\pi h^2} \cos^2 \alpha F^2(\alpha). \quad (16)$$

Зазначимо, що функція кута $g^2(\alpha) = \cos^2(\alpha) F^2(\alpha)$ у формулі (16) сягає свого максимального значення, що дорівнює одиниці, при $\alpha = 0$. Отже, існує гранична висота спрацювання зразка зброї ЕМІ

$$h_{\max} = \sqrt{\frac{PG}{4\pi\Pi_0}}, \quad (17)$$

яка за заданих параметрах P , G і Π_0 ще забезпечує ураження наземної цілі. З урахуванням формули (17) рівняння (16) можливо подати у вигляді

$$g^2(\alpha) = \cos^2(\alpha) F^2(\alpha) = \left(\frac{h}{h_{\max}}\right)^2. \quad (18)$$

При спрацюванні зразка зброї ЕМІ на висоті h_{\max} здійснюється ураження наземних РЕЗ, розташованих лише в точці О (рис. 1) – у напрямку максимуму ДС антени. Радіус зони ураження r_{yp} в цьому випадку наближається до нуля. Так само дуже малою залишатиметься величина r_{yp} при спрацюванні зброї ЕМІ безпосередньо над точкою О на невеликій висоті. З елементарних міркувань очевидно, що при поступовому збільшенні висоти спрацювання зброї ЕМІ від 0 до h_{\max} радіус зони ураження r_{yp} спочатку зростатиме, на деякій висоті h_{opt} досягне свого максимального значення, а при подальшому збільшенні h знову зменшуватиметься до нуля через різке зменшення кута α_0 (див. формули (15) і

(18)). Зрозуміло, що для завдання противнику найбільшої шкоди необхідно намагатися, щоб зразки зброї ЕМІ спрацювали на висоті h_{opt} , оскільки в цьому випадку радіус і площа зони ураження будуть максимальними. Тому вкрай важливо правильно розрахувати величину h_{opt} .

Розглянемо цю проблему детальніше. Конкретний вигляд функціональної залежності радіуса ураження зразка зброї ЕМІ від висоти h , на якій він спрацював, відповідно до рівнянь (15) та (18) визначається формою ДС його антенної системи $F^2(\alpha)$ у межах головної пелюстки. Для отримання кількісних результатів проведемо розрахунок зазначеної залежності на прикладі круглих апертурних антен (конічні рупори, дзеркала у формі параболоїда обертання тощо), застосування яких перспективне в зразках зброї ЕМІ. Як відомо [15], ДС круглої синфазної апертури діаметром d може бути апроксимовано формулою

$$F^2(\alpha) = \left(\frac{J_1\left(\pi \frac{d}{\lambda} \sin \alpha\right)}{\pi \frac{d}{\lambda} \sin \alpha} (1 + \cos \alpha) \right)^2, \quad (19)$$

де $J_1(x)$ – функція Беселя першого порядку від аргументу x .

Типовий вигляд функції $g^2(\alpha) = \cos^2(\alpha) F^2(\alpha)$ круглих синфазних апертурних антен, розрахований з використанням формули (19), показано на рис. 2 (для випадку $d = 5\lambda$). Для розрахунку радіуса ураження зразка зброї ЕМІ з такою антеною при заданих значеннях висоти спрацювання h та максимальної дальності ураження h_{max} можливо скористатися графічним або аналітичним способами.

При застосуванні графічного способу необхідно:

за графіком на рис. 2 знайти невідомий кут α_0 , при

якому, згідно з рівнянням (18), функція $g^2(\alpha)$ приймає значення $\left(\frac{h}{h_{max}}\right)^2$;

розрахувати r_{yp} за допомогою формули (15).

Перевагою такого способу є його відносна простота, а очевидним недоліком – необхідність мати під рукою сімейство заздалегідь підготовлених графіків функції $g^2(\alpha)$ для різних розмірів антени (значень відношення $\frac{d}{\lambda}$).

У сучасних умовах графічний спосіб виглядає дещо архаїчним, адже навіть найпростіші комп'ютерні

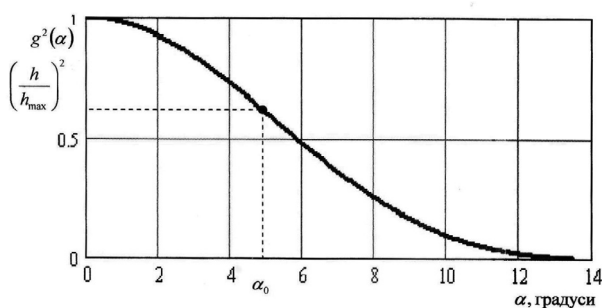


Рис. 2. Графік функції $g^2(\alpha)$ круглої апертурної антени ($d = 5\lambda$)

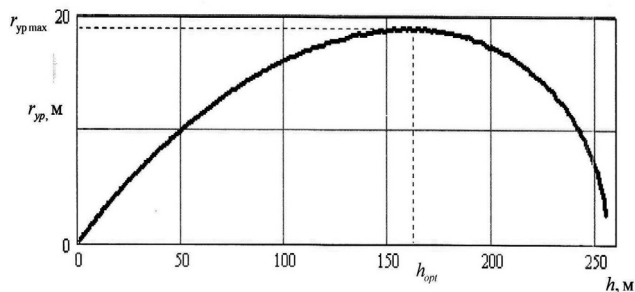


Рис. 3. Залежність r_{yp} від висоти спрацювання зброї ЕМІ

програми типу Mathcad мають достатньо розвинуті засоби пошуку коренів трансцендентних рівнянь на основі чисельних аналітичних методів. Результати розрахунків, наведені далі в статті, отримані саме аналітичним способом.

На рис. 3 показано шукану залежність радіуса ураження r_{yp} зразка зброї ЕМІ з круглою апертурною антеною від висоти спрацювання для випадку $d = 5\lambda$.

Як можна бачити, рис. 3 наочно демонструє відзначену вище особливість: для кожного зразка зброї ЕМІ існує оптимальна висота h_{opt} його спрацювання, за якої радіус зони ураження досягає свого максимального значення r_{ypmax} .

Результати розрахунків. Деякі результати розрахунків параметрів зброї ЕМІ, проведених за допомогою розробленого в статті підходу, надано в табл. 1. Дані таблиці відповідають таким умовам:

тип антени – синфазна кругла апертурна антена діаметром d ;

пікова потужність радіоімпульсу – $P = 1$ ГВт;

середня довжина хвилі радіоімпульсу – $\lambda = 3$ см;

критеріальний рівень ураження $\Pi_0 = 300$ кВт/м² ($E_0 = 10$ кВ/м), який забезпечує гарантоване функціональне ураження РЕЗ.

Аналізуючи дані таблиці, можна відзначити такі закономірності.

1. Зі збільшенням діаметра антенної системи, за всіх інших незмінних умов, випромінювання зразка зброї ЕМІ стає все більш спрямованим і концентрується в секторі все меншої кутової ширини $\Delta\alpha_{0.5}$. Це приводить до збільшення за квадратичним законом коефіцієнта підсилення антени G та лінійного зростання параметра ER і, як наслідок, до максимальної дальності ураження h_{max} та оптимальної висоти (дальності) спрацювання h_{opt} , при якій радіус зони ураження найбільший.

2. За гігаватного рівня потужності генератора електромагнітного імпульсу (типового для сучасного етапу розвитку цих засобів) максимальна дальність гарантованого функціонального ураження РЕЗ становить від кількох десятків метрів при застосуванні в зразку зброї ЕМІ слабкоспрямованих антен малих габаритних розмірів, до понад 2,5 км у разі використання гостроспрямованих дзеркальних антен кількадеметрового діаметра з шириною головної пелюстки порядку 1° і менше.

3. Цілком зрозуміло, що габаритні й важкі антени, доповнені підсистемами точного наведення вузького променя на ціль, можна без проблем розміщувати лише на стаціонарних чи рухомих зразках зброї ЕМІ

Таблиця 1. Розрахункові параметри зброї ЕМІ

d , см	G	$\Delta\alpha_{0,5}$, градуси	ER , кВ	h_{\max} , м	h_{opt} , м	$\frac{h_{opt}}{h_{\max}}$	$r_{yp\max}$, м
3	9,9	59,0	544	51,2	28	0,55	17,3
6	39,5	29,5	1088	102,3	62	0,61	18,6
9	88,8	19,7	1632	153,5	95	0,62	18,8
12	157,9	14,8	2176	204,7	125	0,61	18,9
15	246,7	11,8	2721	255,8	160	0,62	19,0
18	355,3	9,8	3265	307,0	193	0,63	19,0
21	483,6	8,4	3809	358,1	226	0,63	19,0
24	631,6	7,4	4353	409,3	257	0,63	19,0
27	799,4	6,6	4897	460,5	293	0,64	19,0
30	987,0	5,9	5441	511,7	323	0,63	19,1
60	3948	3,0	10880	1023	642	0,63	19,3
90	8883	2,0	16320	1535	971	0,63	19,4
120	15790	1,5	21760	2047	1307	0,64	19,6
150	24670	1,2	27210	2558	1648	0,64	19,8

наземного або повітряного базування, реалізованих у варіанті великих комплексів спрямованого випромінювання. Такі комплекси здатні здійснювати дистанційне функціональне ураження РЕЗ зі значної відстані, достатньої, щоб гарантувати необхідний рівень самозахисту від застосування зброї противника у відповідь.

З іншого боку, малогабаритні й легкі антени, що забезпечують невелику максимальну дальність ураження, найбільш доцільно й раціонально встановлювати на зразках зброї ЕМІ одноразового застосування, так званих боеприпасах ЕМІ. За необхідності бойового застосування боеприпасів ЕМІ по точкових цілях (РЕЗ окремого броньованого об'єкта, літального апарата тощо) потрібно забезпечити спрацювання боеприпасу ЕМІ якомога ближче до об'єкта ураження. У той же час, при ураженні розосереджених цілей, що займають значну площу (пункти управління, вузли зв'язку, важливі об'єкти інфраструктури тощо), для досягнення максимального радіуса зони ураження необхідно, щоб боеприпас ЕМІ спрацював у точці, віддаленій від центра зони ураження на певну відстань h_{opt} , значення якої можна визначити з наведеної таблиці.

Антенні системи з розмірами в десятки сантиметрів, що неможливо встановити на типових засобах доставки боеприпасів ЕМІ (керованих ракетах, авіаційних бомбах, артилерійських снарядах невеликих калібрів) і які забезпечують максимальну дальність ураження кількох сот метрів, можуть знайти застосування в такому перспективному варіанті виконання зброї ЕМІ, як мобільні комплекси спрямованого випромінювання (КСВ). Так звані мобільні КСВ, що займають проміжну позицію між великими КСВ наземного чи повітряного базування й боеприпасами ЕМІ, найбільш доцільно реалізовувати на основі спеціалізованих безпілотних літальних апаратів середнього класу. Такі безпілотники з генератором ЕМІ багаторазового використання на борту мають виводитися в точку, з якої можливо здійснити гарантоване функціональне ураження заданої цілі (виходячи з наявних енергетичних параметрів генератора ЕМІ), а потім повертатися в безпечний район для підготовки до повторного бойового застосування.

4. Величина відношення $\frac{h_{opt}}{h_{\max}}$ коливається в невеликому інтервалі 0,55–0,64. Враховуючи положистий характер залежності радіуса ураження r_{yp} від висоти спрацювання зброї ЕМІ h у районі максимуму (див. рис. 3), без істотної похибки можна запропонувати таку формулу розрахунку величини h_{opt} :

$$h_{opt} \approx 0,63h_{\max}, \quad (20)$$

в якій значення параметра h_{\max} визначається за допомогою рівнянь (5) або (17).

5. Хоча при збільшенні розмірів антени й ступеня спрямованості випромінювання оптимальна дальність спрацювання зразка зброї ЕМІ h_{opt} зростає, максимальний радіус ураження $r_{yp\max}$ при цьому залишається практично незмінним. У першому наближенні він визначається лише енергетикою P застосованого генератора й критеріальним рівнем ураження РЕЗ Π_0 або E_0 . Іншими словами, використання більш спрямованої антени дозволяє збільшити дальність ураження, але не може суттєво вплинути на максимальні розміри зони ураження. Єдиним способом розширення зони ураження може бути тільки підвищення імпульсної потужності генератора ЕМІ.

6. Результати проведеного математичного моделювання підтверджують справедливості таких формул розрахунку максимальних радіуса і площі зони ураження

$$r_{yp\max} \approx 0,33\sqrt{\frac{P}{\Pi_0}}; S_{yp\max} \approx 0,34\frac{P}{\Pi_0}. \quad (21)$$

Скориставшись формулами (21), зокрема знаходимо, що при $P=1$ ГВт і $\Pi_0=300$ кВт/м² $r_{yp\max} \approx 19$ м, а $S_{yp\max} \approx 1130$ м².

Висновки:

1. За відсутності достовірних даних про імовірності та рівні ураження радіоелектронних компонентів і зразків ОБТ попереднє обґрунтування енергетичних характеристик зразків зброї ЕМІ, необхідних для ураження конкретних РЕЗ, може бути виконане на основі спрощеного детерміністського підходу, розробленого в статті.

2. Розрахунки дальності дії, розмірів зон ураження та інших тактико-технічних параметрів і характеристик зразків зброї ЕМІ доцільно проводити, виходячи з рівня гарантованого функціонального ураження РЕЗ, не обладнаних спеціальними системами захисту від ЕМІ, який становить 300 кВт/м^2 для густини потоку електромагнітного випромінювання і 10 кВ/м для напруженості електричного поля в місці розташування об'єкта ураження.

3. Максимальну дальність ураження h_{max} зразків зброї ЕМІ можливо орієнтовно оцінити, поділивши величину параметра ER , виражену в кіловольтах, на десять. Значення параметра ER можна отримати в результаті точних вимірювань напруженості електричного поля або за допомогою розрахункових формул, запропонованих у статті.

4. За гігаватного рівня потужності генератора електромагнітного імпульсу (типового для сучасного етапу розвитку цих засобів) максимальна дальність гарантованого функціонального ураження РЕЗ становить від кількох десятків метрів при застосуванні в зразку зброї ЕМІ слабкоспрямованих антен малих габаритних розмірів, до понад $2,5 \text{ км}$ у разі використання гостроспрямованих дзеркальних антен кількадеметрового діаметра з шириною головної пелюстки порядку 1° і менше.

5. При ураженні розосереджених цілей, що займають значну площу (пункти управління, вузли зв'язку, важливі об'єкти інфраструктури тощо), для досягнення максимального радіуса зони ураження необхідно, щоб зразок зброї ЕМІ спрацював у точці, віддаленій від центра зони ураження на оптимальну відстань $h_{\text{opt}} \approx 0,63h_{\text{max}}$.

6. Величина максимального радіуса ураження в першому наближенні визначається лише потужністю застосованого генератора й критеріальним рівнем ураження РЕЗ. Використання більш спрямованої антени дозволяє збільшити дальність ураження, але не може суттєво вплинути на максимальні розміри зони ураження. Єдиним дієвим способом розширення зони ураження може бути тільки підвищення імпульсної потужності генератора ЕМІ.

7. Наведені в статті розрахункові дані щодо дальності ураження та розмірів зони ураження стосуються випадку гарантованого (з певним запасом) функціонального ураження більшості РЕЗ, не обладнаних спеціальними пристроями захисту від ЕМІ. Тому слід очікувати, що в багатьох випадках реальні дальність ураження й радіус зони ураження тих чи інших РЕЗ можуть дещо перевищувати значення, подані у табл. 1. За наявності точних даних щодо потужності генератора зразка зброї ЕМІ, коефіцієнта підсилення його антенної системи та критеріального рівня ураження зразка РЕЗ (встановленого за результатами відповідних випробувань на спеціальних полігонах), за допомогою запропонованих у статті формул можна обчислити значення дальності ураження й радіус зони ураження для конкретних умов застосування зброї ЕМІ.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Ковтуненко О. П., Богучарський В. В., Слюсар В. І., Федоров П. М. Зброя на нетрадиційних принципах дії : стан, тенденції, принцип дії та захист від неї. Полтава : Вид-во ПВІЗ, 2006. 247 с.
2. Федоров П. М., Богучарський В. В. Місце нетрадиційної зброї в системі сучасних видів зброї // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОБТ ЗС України. Вип. 2(61). К. : ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2016. С. 200–205.
3. Долуханов М. П. Распространение радиоволн. М. : Связь, 1972. 336 с.
4. Сотников А. М., Лупандин В. А., Кожушко Я. Н., Сидоренко Р. Г. Показатель оценки эффективности применения артиллерийских, реактивных снарядов и ракет, которые оснащены боевыми частями электромагнитного действия // Збірник наук. праць ХУПС. Вип. 1 (23). Харків : ХУПС, 2010. С. 22–24.
5. Семененко О. М., Иванов В. Л., Сушак М. Б. Методичний підхід до оцінювання ефективності застосування електромагнітної імпульсної зброї // Збірник наук. праць ДНДІА. Вип. 13 (20). К. : ДНДІА, 2017. С. 92–98.
6. Kopp C. The Electromagnetic bomb – a Weapon of Electrical Mass Destruction. URL: <http://www.globalsecurity.org/military/library/report/1996/apjemp.htm>.
7. Черниш О. М., Певцов Г. В., Авчінніков Є. О., Лупандин В. А. Основні тенденції створення електромагнітної зброї // Системи озброєння і військова техніка. Вип. 4 (16). Харків : ХУПС, 2008. С. 5–15.
8. Кравченко В. И. Электромагнитное оружие. Харьков : Изд-во НТУ “ХПИ”, 2008. 185 с.
9. Benford J., Swegle J. A. Edl Schamiloglu High Power Microwaves. 2007. 532 p.
10. Добыкин В. Д., Куприянов А. И., Пономарев В. Г., Шустов Л. Н. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем. М. : Вузовская книга, 2007. 463 с.
11. Федоров П. М., Богучарський В. В., Гамалій Н. В. Методика розрахунку густини потоку випромінювання зразків електромагнітної зброї // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОБТ ЗС України. Вип. 4 (59). К. : ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2015. С. 168–180.
12. Федоров П. М., Богучарський В. В., Гамалій Н. В. Оцінка реальних уражальних можливостей сучасної зброї електромагнітного імпульсу // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОБТ ЗС України. Вип. 3 (62). К. : ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2016. С. 165–176.
13. Modern Antenna Handbook / Ed. by C.A. Balanis. 2008. 1680 p.
14. Milligan T.A. Modern Antenna Design. A John Wiley & Sons, 2005. 633 p.
15. Справочник по элементам радиоэлектронных устройств / под ред. В. Н. Дулина, М. С. Жука. М. : Энергия, 1977. 576 с.

1. Ковтуненко О. П., Богучарський В. В., Слюсар В. І., Федоров П. М. Зброя на нетрадиційних принципах

Рецензент А. С. Довгополий, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)

УДК 355/359:347.77

В. О. КОМАРОВ,*начальник науково-дослідного відділу патентно-ліцензійної, винахідницької та раціоналізаторської діяльності у Збройних Силах України,***М. П. ЯРЕМЕНКО,** *науковий співробітник,***О. О. МОСКВІТІН,** *провідний науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Проблемні питання нормативно-правового забезпечення патентно-ліцензійного супроводження розробок і модернізації озброєння та військової техніки в Україні

*Розглянуті питання захисту інтелектуальної власності, що створена за бюджетні кошти.**Ключові слова: право володіння, захист, за-
мовлення, інтелектуальна власність.*

Динаміка розвитку науки й техніки у світі свідчить, що економічний розвиток держав значною мірою залежить від створення та ефективного використання новітніх технологій, розроблених на основі об'єктів права інтелектуальної власності (ОПІВ). Незважаючи на труднощі перехідного періоду до ринкових відносин, Україна зберегла значний науково-технічний та інтелектуальний потенціал, достатньо розвинену промисловість, зокрема й такі наукомісткі її галузі, як космічна техніка й технології, ракетно- та літакобудування, судно- та танкобудування, розробка та виробництво синтетичних матеріалів тощо.

Багато наукових напрямів становлять інтерес і для світової спільноти. Проте конкурентоспроможна науково-технічна продукція може бути виготовлена лише за допомогою наукомістких технологій, основою яких є ОПІВ: винаходи, корисні моделі, промислові зразки, топографії інтегральних мікросхем тощо. Такі об'єкти формують і збагачують науково-технічну скарбницю кожної держави. Однак у сфері інтелектуальної власності України існують певні проблемні питання правового характеру, що потребують дослідження та якнайшвидшого вирішення. До них належать визначення ролі та місця самої держави у сфері інтелектуальної власності.

Конституція України декларує: кожен має право володіти, користуватися та розпоряджатися своєю власністю, результатами своєї інтелектуальної, творчої діяльності [1]. А яким чином розпоряджається своєю власністю держава?

В умовах нечіткої визначеності замовника в особі держави на об'єкти права інтелектуальної власності основний сегмент ринку інтелектуальних послуг у державі починають займати іноземні споживачі ОПІВ, що мають відповідну фінансову підтримку та можливість безперешкодного доступу до науково-технологічного потенціалу України. Недооцінка з боку держави економічних показників від упровадження дієвих механізмів володіння й управління правами на ОПІВ, створених здебільшого за рахунок коштів державного бюджету, залучення об'єктів цієї діяльності до цивільного обігу вже сьогодні призводить до втрат державою високих прибутків.

Зазначені процеси не оминули і стратегічно важливі сектори економіки, результатами роботи яких забезпечується економічний прорив і національна безпека держави, зокрема в оборонно-промисловому комплексі, що визначає позицію держави як спеце�спортера на міжнародному ринку озброєнь, забезпечує значні за обсягами валютні надходження, належний рівень обороноздатності Збройних Сил України.

Отже питання охорони інтелектуальної власності, зокрема тієї, що належить державі, досить актуальне та набуває пріоритетного значення.

Розглянемо, яким чином це питання врегульоване у вітчизняному законодавстві. Правові норми щодо надання, використання та захисту прав на ОПІВ в Україні викладені в Конституції України, Цивільному та Господарському кодексах України, спеціальних законах у сфері охорони інтелектуальної власності, кримінальному,

адміністративному та митному законодавствах, підзаконних актах, що діють у цій сфері, а також у міжнародних договорах, учасницею яких є Україна.

Відповідно до Цивільного кодексу України (ЦК України), держава Україна є учасником цивільних відносин і суб'єктом права власності [2]. До об'єктів цивільних прав належить, серед іншого, майно, майнові права, результати інтелектуальної, творчої діяльності, а також інші матеріальні й нематеріальні блага [2].

Господарський кодекс України (ГК України) визначає майно як сукупність речей та інших цінностей (і нематеріальні активи також), що мають вартісне визначення, виробляються чи використовуються в діяльності суб'єктів господарювання та відображаються в їхньому балансі або враховуються в інших передбачених законом формах обліку майна цих суб'єктів [3].

Більш детальне визначення майна, що може оцінюватися, наводиться у Законі України "Про оцінку майна, майнових прав та професійну оціночну діяльність в Україні" – це об'єкти в матеріальній формі (папі, цінні папери тощо); нематеріальні активи, зокрема й об'єкти права інтелектуальної власності; цілісні майнові комплекси всіх форм власності [4].

У державній власності перебуває майно, зокрема й кошти. Від імені та в інтересах держави право власності здійснюють відповідно органи державної влади. Держава набуває та здійснює цивільні права й обов'язки через органи державної влади в межах їхньої компетенції, встановленої законом. Суб'єктами права власності є український народ та інші учасники цивільних відносин, зокрема й держава [2].

Цивільний кодекс України визначає, що всі суб'єкти права власності є рівними перед законом, проте із суб'єктів права інтелектуальної власності держава чомусь виключена: суб'єктами права інтелектуальної власності є творець (творці) об'єкта права інтелектуальної власності (автор, виконавець, винахідник тощо) й інші особи, яким належать особисті немайнові та (або) майнові права інтелектуальної власності [2].

Це стосується особливо інтелектуальної власності військового, спеціального та подвійного призначення. І хоча держава, безсумнівно, зацікавлена в наявності міцних і конкурентоспроможних суб'єктів господарювання, у специфічній галузі розробки та виробництва нових зразків озброєння і військової техніки вона повинна забезпечити свій повний контроль, насамперед в інтересах всього суспільства. А з огляду на сучасний рівень їхньої високої технологічності, це можливо тільки при реалізації права держави на відповідну інтелектуальну власність. Тим паче, що держава не тільки може бути власником ОПІВ, але навіть у багатьох випадках вже ними володіє, сама того не визнаючи. Розглянемо ці можливі випадки відповідно до чинного законодавства України.

Право інтелектуальної власності виникає (набувається) з підстав, встановлених ЦК України, іншим законом або договором [2].

Перша підстава, на основі якої держава набуває права власності на ОПІВ, – це реалізація права власника.

Крім цього, держава може створювати (і створює) юридичні особи публічного права (державні підприємства), юридичні особи приватного права (підприємницькі товариства) [2].

Реалізуючи корпоративні права, держава отримує певну частку прибутку (дивідендів) такої організації та активів у разі ліквідації останньої відповідно до закону. Майно державного підприємства перебуває в державній власності та закріплюється за таким підприємством на праві господарського відання чи праві оперативного управління. Орендодавцями щодо майнових комплексів, що належать до державної власності, є Фонд державного майна України. Передача в оренду майнових комплексів не припиняє права власності на це майно [3].

Отже, держава володіє нематеріальними активами (зокрема й ОПІВ) державних підприємств і відповідною часткою цих активів у майні господарських товариств у разі, якщо вона є серед їхніх засновників.

Крім цього, відповідно до ЦК України право власності припиняється, серед іншого, у разі:

відмови власника від права власності;
звернення стягнення на майно за зобов'язаннями власника;

припинення юридичної особи чи смерті власника;
відчуження майна;
реквізиції;
конфіскації [2].

Відмова власника від права власності. Особа може відмовитися від свого майнового права, а також може за договором передати своє майнове право, яким дарувальник володіє або яке може виникнути в нього в майбутньому, іншій особі. Сторонами в договорі дарування можуть бути фізичні особи, юридичні особи, держава Україна [2].

Припинення права власності на майно, що за законом не може належати цій особі. Якщо особа набула права власності на майно, що за законом не може їй належати, або на набуття якого за законом, що був прийнятий пізніше, потрібен особливий дозвіл, а в його видачі цій особі було відмовлено, це майно підлягає відчуженню чи продажу в порядку, встановленому ЦК України. Якщо майно не було продане, воно за рішенням суду передається у власність держави [2].

Звернення стягнення на майно за зобов'язаннями власника. У разі нездатності суб'єкта підприємництва виконати свої грошові зобов'язання перед іншими особами чи державою інакше, ніж через відновлення його платоспроможності, цей суб'єкт (боржник) визнається неспроможним. З метою врегулювання заборгованості неплатоспроможного боржника використовуються майнові активи, що належать йому на підставі речових і зобов'язальних прав, а також права інтелектуальної власності [3].

Ще одну групу становлять ОПІВ, право на які виникає в держави у виняткових випадках.

Відчуження майна. Ст. 41 Конституції України визначає, що примусове відчуження об'єктів *права інтелектуальної власності* може бути застосоване лише як виняток з мотивів суспільної необхідності та за умови

попереднього й повного відшкодування їхньої вартості. В умовах воєнного чи надзвичайного стану примусове відчуження таких об'єктів допускається з наступним повним відшкодуванням їхньої вартості.

Власник секретної інформації або її матеріальних носіїв здійснює своє право власності з урахуванням обмежень, установлених в інтересах національної безпеки України. Якщо власник секретної інформації чи її матеріальних носіїв відмовляється *від укладення договору* чи порушує його, за рішенням суду ця інформація чи її матеріальні носії можуть бути вилучені у власність держави за умови попереднього і повного відшкодування власникові їхньої вартості [5].

В умовах воєнного чи надзвичайного стану майно може бути примусово відчужене у власника з наступним повним відшкодуванням його вартості. Реквізоване майно переходить у власність держави чи знищується [2].

В умовах воєнного стану відповідно до закону допускається примусове вилучення приватного майна та відчуження об'єктів права приватної власності громадян з наступним повним відшкодуванням їхньої вартості у порядку й терміни, встановлені Кабінетом Міністрів України [6].

Конфіскація. До особи може бути застосовано позбавлення права власності на майно за рішенням суду як санкція за вчинення правопорушення (конфіскація) у випадках, встановлених законом. Конфісковане майно переходить у власність держави безоплатно [2].

Порядок обліку, зберігання, оцінки конфіскованого й іншого майна, що переходить у власність держави, і розпорядження ним визначено постановою Кабінету Міністрів України від 25.08.1998 № 1340 [7]. Проте механізм реалізації цього права держави, особливо на ОПІВ, не розроблено, а найголовніше – ще навіть не визначено державний орган, який повинен здійснювати право власності на ці об'єкти.

Найбільш значні з погляду національної безпеки й оборони та здатності приносити прибуток можуть бути ОПІВ з іншої групи, право на які виникає у таких випадках.

Реалізація права роботодавця. Центральні органи виконавчої влади, реалізуючи право роботодавця, можуть володіти майновими правами інтелектуальної власності на об'єкт, створений у зв'язку з виконанням трудового договору чи на замовлення [2], мають право на одержання патенту на службовий винахід (корисну модель) [8], можуть володіти майновими правами інтелектуальної власності на об'єкт, створений за замовленням, а також виключне майнове право на службовий твір [9].

Нормативно-правове забезпечення патентно-ліцензійного супроводження розробок і модернізації озброєння та військової техніки в Україні

Реалізація права замовника. Відповідно до ЦК майнові права інтелектуальної власності на об'єкт, створений за замовленням, належить творцеві цього об'єкта та замовникові *спільно, якщо інше не встановлено договором*. Відповідно до ЦК та ГК України за договором на виконання науково-дослідних або

дослідно-конструкторських та технологічних робіт (НДДКТР) підрядник (виконавець) зобов'язується провести за завданням замовника наукові дослідження, розробити зразок нового виробу та конструкторську документацію на нього, нову технологію тощо, а замовник зобов'язується прийняти виконану роботу та оплатити її. Замовник за договором на виконання НДДКТР має право використовувати передані йому результати робіт у межах і на умовах, встановлених договором [2; 3].

Ще більш конкретизує право власності держави Закон України “Про державне оборонне замовлення”: власником ОПІВ, створених за державні кошти в результаті виконання оборонного замовлення, є держава в особі державних замовників. Володіння, розпорядження та використання, зокрема й на умовах оренди, об'єктів, продукції та потужностей, створених у результаті виконання оборонного замовлення, здійснюється в порядку, визначеному законодавством України, з дотриманням зобов'язань щодо охорони прав на створені об'єкти права інтелектуальної власності [10].

Договори за державним замовленням укладаються між визначеними законом суб'єктами господарювання: виконавцями державного замовлення та державними замовниками, що уповноважені від імені держави укладати договори (державні контракти), в яких визначаються господарські зобов'язання сторін і регулюються відносини замовника з виконавцем щодо виконання державного замовлення [3].

Господарським зобов'язанням визнається зобов'язання, що виникає між суб'єктом господарювання й іншим учасником (учасниками) відносин у сфері господарювання на підставах, передбачених ЦК України, в силу якого один суб'єкт (зобов'язана сторона, боржник) зобов'язаний вчинити певну дію господарського чи управлінсько-господарського характеру на користь іншого суб'єкта (виконати роботу, передати майно, сплатити гроші, надати інформацію тощо) або утриматися від певних дій, а другий суб'єкт (управлена сторона, кредитор) має право вимагати від зобов'язаної сторони виконання її обов'язку.

Основними видами господарських зобов'язань є майново-господарські зобов'язання й організаційно-господарські зобов'язання [3].

Господарські зобов'язання можуть виникати:

безпосередньо за законом чи іншим нормативно-правовим актом, що регулює господарську діяльність; з господарського договору та інших угод, передбачених законом;

у результаті створення об'єктів інтелектуальної власності [3].

Майново-господарськими визнаються цивільно-правові зобов'язання, що виникають між учасниками господарських відносин при здійсненні господарської діяльності, в силу яких зобов'язана сторона повинна вчинити певну господарську дію на користь другої сторони чи утриматися від певної дії, а управлена сторона має право вимагати від зобов'язаної сторони виконання її обов'язку.

Суб'єктами майново-господарських зобов'язань можуть бути суб'єкти господарювання, а також органи державної влади, наділені господарською компетенцією [3].

Тобто у зазначених вище випадках держава фактично є власником ОПІВ. Проте юридичне закріплення права власності держави на ці об'єкти, в чинному законодавстві України відсутнє тому, що держава, у нормативних документах, виключена з переліку суб'єктів права інтелектуальної власності.

Для реалізації зазначених прав держави на ОПІВ необхідно прийняти відповідний закон (закони), як того вимагає Конституція України – щодо примусового відчуження та конфіскації об'єктів права приватної власності; ЦК України – стосовно особливості здійснення майнових прав інтелектуальної власності на об'єкт, створений у зв'язку з виконанням трудового договору; ГК України – щодо видів майна, що може перебувати виключно у державній власності, а також додаткові обмеження щодо розпоряджання певними видами майна, належними до основних фондів державних підприємств, установ і організацій.

Порядок та терміни відшкодування вартості відчужених об'єктів права приватної власності мають бути встановлені Кабінетом Міністрів України.

Проте, ні закону, ні Постанови Кабінету Міністрів України досі немає, що не дозволяє органам державної влади, які є представниками власника (держави), ефективно виконувати функції державного замовника, роботодавця та розпорядника правами на ОПІВ.

Чинні закони не забезпечують належної правової охорони інтелектуальної власності, що стосується національної безпеки:

законодавчі та нормативно-правові акти, які стосуються сфери інтелектуальної власності, не містять однозначної норми щодо закріплення за державою права власності на ОПІВ, створені за бюджетні кошти або належні до сфери національної безпеки й оборони;

не визначено правовий статус ОПІВ, які створено за рахунок коштів державного бюджету України чи стосуються сфери національної безпеки і оборони;

відсутні закони про службові винаходи та винаходи, що створені при виконанні державних замовлень;

не врегульовані нормами прямої дії відносини між державними замовниками, виконавцями оборонного замовлення й авторами об'єктів промислової власності щодо розподілу прав на інтелектуальну власність при виконанні НДДКТР воєнного, спеціального та подвійного призначення;

не визначено практичного механізму реалізації права держави на інтелектуальну власність і можливості вилучення інтелектуальної власності, що віднесена до державної таємниці, у власність держави;

не визначений конкретний орган, який від імені держави та в її інтересах може здійснювати права власника патентів;

не визначений механізм передачі державним органом, уповноваженим управляти державним майном, прав на розпорядження об'єктами інтелектуальної

власності підприємствам, організаціям і установам у міністерствах та органах виконавчої влади.

Сучасний стан системи правової охорони винаходів та корисних моделей в Україні (патентної системи) характеризується наступними проблемами:

1) винахід, який претендує на правову охорону, має бути результатом винахідницької діяльності (творчої діяльності), а отже відповідати критерію «винахідницький рівень», насправді отримує «слабшу» правову охорону аніж корисна модель, яка не має відповідати цьому критерію, а отже досить часто не є результатом винахідницької діяльності;

2) корисна модель, права інтелектуальної власності на яку набуваються за спрощеною процедурою, забезпечує недобросовісним заявникам можливість обходу винаходів, права інтелектуальної власності належать третім особам без їх згоди та ускладнює процедуру захисту прав на такі винаходи;

3) корисна модель, права інтелектуальної власності на яку набуваються за спрощеною процедурою, забезпечує можливість недобросовісним власникам забороняти третім особам використовувати очевидні технічні рішення, тобто фактично надає можливість «приватизувати» частину суспільного надбання в різних галузях технологій і в такий спосіб обмежує конкуренцію на ринку, створює фактор росту цін та породжує патентний троллінг;

4) наявність лише двох критеріїв правової охорони (промислова придатність і новизна) ускладнює (а в переважній більшості випадків робить неможливим) визнання недійсними прав інтелектуальної власності на об'єкт, який не є результатом винахідницької діяльності і тим самим фактично порушує права інших осіб на використання очевидних та вже відомих знань в різних галузях технологій;

5) корисна модель, права охорона якій надається відповідно до чинного законодавства України, дискредитує систему правової охорони інтелектуальної власності, сприяючи зменшенню активності науково-технічної творчості. Власники патентів на слабкі, а за часту очевидні рішення, отримують переваги порівняно з власниками патентів на дійсно значні та творчі рішення в різних галузях технологій.

Проблематика полягає у тому, що в Україні однакові результати інтелектуальної діяльності можуть охоронятися як винаходи, так і як корисні моделі. Проте отримання патенту на корисну модель має більше переваг ніж отримання патенту на винахід: 1) менше часових та фінансових витрат; 2) менше вимог патентоздатності, і, як наслідок, вищий рівень охорони такого результату; 3) нижчі ризики визнання прав недійсними.

Як наслідок, співвідношення між зареєстрованими корисними моделями і винаходами в Україні непропорційно високе на користь корисних моделей, у порівнянні з країнами з інноваційною економікою і які мають розвиненішу систему охорони інтелектуальної власності. Велика частка патентів, які видаються без проведеної кваліфікаційної експертизи (патенти на корисні

моделі) та відсутність процедур «post-grant opposition» призводить до високого рівня зловживань правами інтелектуальної власності, що фактично означає зниження рівня охорони інтелектуальної власності для добросовісних власників прав.

Вирішення визначених питань, які враховують можливість й інтереси всіх суб'єктів інноваційної діяльності, економічні, соціальні та політичні пріоритети, дасть можливість створити умови для забезпечення правового захисту інтересів держави в процесі використання результатів НДДКТР воєнного, спеціального та подвійного призначення, а головне – забезпечити обороноздатність держави, конкурентоспроможність вітчизняних товарів військового призначення та сприятиме використанню ОПІВ у національних інтересах України.

З метою узгодження положень чинного законодавства України у сфері інтелектуальної власності з директивами та регламентами ЄС, імплементація відповідних положень Угоди про асоціацію в частині правової охорони винаходів та корисних моделей, Міністерством економічного розвитку і торгівлі України відпрацьовано проект Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення правової охорони винаходів і корисних моделей», яким пропонується внесення змін до Цивільного кодексу України та Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».

Крім того, проект Закону передбачає внесення змін до Господарського процесуального кодексу України, відповідно до яких спори щодо майнових прав інтелектуальної власності, в тому числі спори щодо майнових прав автора та з приводу державної реєстрації винаходів, корисних моделей, промислових зразків, торговельних марок, повинні розглядатись господарськими судами не залежно від суб'єктного складу справи. Це дозволить поглибити спеціалізацію суду і професійність суддів, які спеціалізуються на розгляді спорів щодо захисту прав інтелектуальної власності.

Проектом Закону передбачається імплементація у національне законодавство положень Директиви 98/44/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 06.07.1998 про правову охорону біотехнологічних винаходів, Регламенту (ЄС) № 469/2009 Європейського Парламенту та Ради від 06.05.2009 про сертифікати додаткової

охорони для медичних продуктів та Регламенту (ЄС) № 1901/2006 Європейського Парламенту та Ради від 12.12.2006 про медичні продукти для педіатричного використання.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Конституція України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.
2. Цивільний кодекс України від 16.01.2003 року № 435 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.
3. Господарський кодекс України від 16.01.2003 року № 436 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : zakon.rada.gov.ua.
4. Закон України «Про оцінку майна, майнових прав та професійну оціночну діяльність в Україні» від 12.07.2001 року № 2658 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.
5. Закон України «Про державну таємницю Закон України» від 21.01.1994 року № 3855 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.
6. Закон України «Про внесення змін до Закону України “Про оборону України”» Закон України від 05.10.2000 року № 2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.
7. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Порядок обліку, зберігання, оцінки конфіскованого та іншого майна, що переходить у власність держави, і розпорядження ним» від 25.08.1998 року № 1340 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.
8. Закон України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» від року № 3687 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.
9. Закон України «Про авторське право і суміжні права» від 23.12.1993 року № 3792 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.
10. Закон України «Про державне оборонне замовлення» від 03.03.1999 року № 464 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.

Науково-практичний семінар

«Удосконалення нормативно-правової бази України з питань охорони інтелектуальної власності шляхом її імплементації відповідно до вимог нормативної документації країн-членів НАТО»

У рамках виконання Зведеного річного плану наукової та науково-технічної діяльності у Збройних Силах України на 2018 рік 12 квітня цього року на базі Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України (ЦНДІ ОВТ ЗС України) проведено науково-практичний семінар з імплементації до нормативно-правової бази України з питань охорони інтелектуальної власності вимог нормативної документації країн-членів НАТО.

Актуальність зазначеного заходу базується на вимогах Президента України та Міністра оборони України щодо створення на принципах і стандартах, прийнятих в країнах-членах НАТО, ефективних об'єднаних сил оборони зразка 2020 року, що спроможні гарантовано забезпечити оборону держави.

У роботі семінару взяли участь представники Міністерства оборони України і Генерального штабу Збройних Сил України, інших міністерств (МВС України, СБ України, Міністерства економічного розвитку і торгівлі України), центральних органів виконавчої влади, наукових установ та підприємств оборонно-промислового комплексу України, фірм, що працюють над створенням озброєння, спеціальної та військової техніки. Усього в роботі семінару взяли участь понад 100 осіб, серед яких доктори та кандидати наук, юристи, заслужені винахідники України, заслужені діячі науки і техніки України, лауреати Державної премії України тощо. Перед початком семінару його учасникам була показана відеоінформація про розробки озброєння та техніки, що забезпечують бойові дії української армії в районі проведення антитерористичної операції. Керівник семінару начальник науково-дослідного відділу патентно-ліцензійної, винахідницької та раціоналізаторської діяльності у Збройних Силах України ЦНДІ ОВТ ЗС України заслужений винахідник України Володимир Комаров доповів учасникам семінару, що багатьом цим розробкам шлях у життя був даний фахівцями Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Зі вступним словом перед учасниками семінару виступив заступник начальника ЦНДІ ОВТ ЗС України з питань розвитку та випробувань генерал-майор Андрій Коленніков. Він пояснив, що сутність переходу на стандарти НАТО полягає в тому, щоб і отримувати, і надавати допомогу, й брати участь у формуванні колективної безпеки. За допомогою стандартів належить досягнути рівня сумісності Збройних Сил України, їх інфраструктури з інфраструктурою країн-членів НАТО. Простим перекладом з однієї мови на іншу цього не добитися, адже стандарти НАТО треба ще «підігнати» під українські реалії, розрахувати бюджет і тоді вони працюватимуть.





Стандарт НАТО, він же «Угода зі стандартизації» (англ. Standardization Agreement; STANAG) – міжнародний договір, що регламентує загальні правила, визначає спільний порядок дій, закріплює єдину термінологію і встановлює умови уніфікації технічних процесів, а також озброєння та військової техніки, іншої матеріальної частини збройних сил Альянсу та країн-партнерів. Стандарти НАТО об'єднані в складну і взаємопов'язану ієрархію керівних документів Альянсу. Стандарт НАТО покликаний забезпечити взаємодію між збройними силами різних країн.

Також генерал-майор Андрій Колєнніков відзначив, що модернізація зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), яка відбувається з поетапною заміною застарілих зразків ОВТ на сучасні, не може бути здійснена без впровадження в процес модернізації і розробки ОВТ новітніх технічних рішень, захищених патентами України. Тому необхідно привести до стандартів НАТО не тільки загальновійськову нормативно-правову базу Збройних Сил України, але й супутній напрям – нормативно-правову базу України з питань охорони інтелектуальної власності. А після цього здійснити її удосконалення шляхом імплементації відповідно до вимог нормативної документації країн-членів НАТО.

На семінарі виступило більше двадцяти учасників. Серед них представники Міністерства оборони України (Володимир Комаров, Микола Яременко), Національної академії правових наук України (Геннадій Андрощук, Олександр Пічкур), Міністерства економічного розвитку і торгівлі України (Інна Шатова), Національного технічного університету України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (Василь Струтиський), Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності» (Дмитро Янковський), науково-виробничої фірми «Адрон» (Микола Архипов) та інші.

На думку експертів з Центрального управління метрології і стандартизації озброєння Збройних Сил України, які були присутні на семінарі, найдовше і найвитратніше впроваджувати саме технічні стандарти. До таких стандартів відносяться: матеріальні стандарти, положення (норми, вимоги), що направлені на модернізацію наявного устаткування або заміну його на нове, поліпшенні якості продукції, впровадження нових

технологій, організаційно-технічних методів, підвищення якості сировини тощо.

Але існують невирішені питання, без яких Угоди зі стандартизації будуть виконуватися не повною мірою, – це питання узгодження нормативно-правової бази з питань охорони інтелектуальної власності з діючими в країнах-членах НАТО стандартами та приведеними до них нормативними документами Збройних Сил України.

Учасниками семінару були розглянуті різні питання, що тою чи іншою мірою стосувалися тематики семінару. Так, генеральний директор науково-виробничої фірми «Адрон» Микола Архипов порушив питання виплати роялті

за впроваджені у виробничий процес виготовлення ОВТ винаходи, що до цього часу не здійснюється. Науковий співробітник ЦНДІ ОВТ ЗС України Микола Яременко розповів про законодавство США у сфері інтелектуальної власності і його відмінності від українського. Начальник відділу Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності» Дмитро Янковський поінформував про деякі загальні підходи у сфері правового регулювання секретних об'єктів промислової власності, проаналізував окремі підходи у сфері правового регулювання секретних винаходів в країнах-членах НАТО. Заступник начальника управління промислової власності – начальник відділу права промислової власності Мінекономрозвитку Інна Шатова повідомила учасників семінару про перспективи зміни законодавства України в сфері інтелектуальної власності, напрями імплементації законодавства України в сфері інтелектуальної власності відповідно до вимог нормативної документації країн-членів НАТО.

На заключному етапі семінару інтелектуальної еліти було проведено уточнення напрямів роботи для реалізації мети – забезпечення повної сумісності Збройних Сил України та НАТО до 2020 року та досягнення при цьому імплементації нормативної бази з усіх напрямів взаємодії. Зазначені пріоритети знайшли відображення в рішенні семінару.

Заслужений винахідник України **В. Комаров**
Фото автора

Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ»



17–18 травня 2018 року на базі Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (м. Львів) була проведена щорічна XI Міжнародна науково-технічна конференція на тему «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ».

Понад дві сотні представників науково-дослідних установ, закладів вищої освіти, військових частин Збройних Сил України та інших збройних формувань держави, підприємств вітчизняного оборонно-промислового комплексу, а також військові фахівці зі США, Канади, Великобританії та Німеччини зібрались у стінах Національної академії сухопутних військ.

На початку роботи учасників заходу привітав начальник Національної академії сухопутних військ доктор

історичних наук, професор заслужений працівник освіти України генерал-лейтенант Павло Ткачук. Звертаючись до присутніх, він зауважив, що ця конференція є чудовим приводом для обміну досвідом та наукового пошуку з метою підвищення обороноздатності України.

«Реалії збройного протистояння агресивній політиці Російської Федерації, досвід бойових дій на сході нашої держави вимагають передових ідей, рішучості у їх реалізації, ефективності застосування у військовій практиці. Запрошую всіх присутніх до плідної роботи, професійного обговорення проблем, визначення перспектив їх розв'язання, прийняття необхідних рішень», – підкреслив він.

Під час пленарного засідання науковцям було запропоновано розглянути декілька тем. Із найбільш





ської техніки, шляхами вдосконалення системи оснащення Збройних Сил ОВТ в Україні своїх колег-науковців ознайомив начальник Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України доктор технічних наук, професор заслужений діяч науки і техніки України полковник Ігор Чепков.

Також під час пленарного засідання учасники наукового форуму розглянули питання ефективності навчання на тренажерах у взаємозв'язку з німецькою системою бойової підготовки на прикладі механізованих підрозділів. З відповідною презентацією перед присутніми

виступив військовий радник при Національній академії сухопутних військ від збройних сил Федеративної Республіки Німеччина підполковник Олівер Лотце.

Цього ж дня учасники міжнародної конференції мали змогу ознайомитись із новітніми розробками та продукцією державних підприємств й приватних компаній, що виготовляють продукцію військового призначення. Окрім того, вони оглянули озброєння та військову техніку, яка вже перебуває на озброєнні української армії, ознайомилися з її модифікаціями та раціоналізаторськими пропозиціями.

Наступного дня науковці працювали в семи секціях. Під час роботи учасники обговорювали питання, пов'язані з розвитком і модернізацією озброєння та військової техніки, проблемами розвитку автоматизованих систем управління та геоінформаційних систем, також вони розглянули шляхи розв'язання питань підвищення ефективності озброєння та військової техніки Сухопутних військ з врахуванням досвіду АТО.

С. В. Лапицький, доктор технічних наук, професор
(Центральний науково-дослідний інституту
озброєння та військової техніки
Збройних Сил України)



Resume

MILITARY TECHNICAL POLICY

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

Zubarev V. V., *Doctor of Technical Sciences, Professor,*

(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv),

Sverhunov O. O., *Ph. D. in Engineering Science, Ass. Professor*

(National Institute of Strategic Researches, Kyiv)

SYSTEMATIC APPROACH TO THE ASSESSMENT OF MILITARY AND TECHNICAL ASPECTS OF ENSURING MILITARY SECURITY STATE IN THE CONTEXT OF GLOBAL POLITICAL AND RESOURCES CHANGES

The systematic analysis of various factors influencing the effectiveness of military-technical policy that arose in recent years in the context of new global political, economic, technological and resource changes has been carried out, and a methodological approach has been formulated to assess the impact of such factors on the effectiveness of military-technical policy.

Keywords: military-technical policy, system analysis, armament, military and special equipment, armament system, national security and defense.

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

Demchenko Ye. Ya., *Head of the Research Department,*

Moskvitin O. O., *Ph. D. in Engineering Science, Leading Research Fellow,*

(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

PROGRAM-TARGET METHOD OF PLANNING. APPLICATION OF PROGRAM-TARGET METHOD IN THE SYSTEM OF US DEFENSE PLANNING

In the article were considered issues of the PPBE process as the primary Resource Allocation Process (RAP) of DoD. It is an annual cyclical process to determine Department funding requirements and to allocate resources to satisfy those requirements. It is one of three major decision support systems for defense acquisition along with Joint Capabilities Integration and Development System (JCIDS) and the Defense Acquisition System.

It is a formal, systematic structure for making decisions on policy, strategy, and the development of forces and capabilities to accomplish anticipated missions. PPBE is currently an annual process, which requires the Military Departments and Defense Agencies to submit a program request (known as the Program Objectives Memorandum (POM)) covering a five fiscal year period and a budget request (known as the Budget Estimate Submission (BES)) that addresses the first fiscal year of the five year POM submission.

The article also contains the review of the primary purpose of the PPBE process - to allocate resources within the Department of Defense. Within the acquisition community, it is important for program managers and their staffs to be aware of the nature and timing of each of the events in the PPBE process, since they may be called upon to provide critical information that could be important to program funding and success. While the acquisition process is "event driven", the PPBE process is "calendar driven"; this difference can result in timing issues for the acquisition community.

On the results of conducted analysis, authors draw conclusion about the PPBE process as the instrument to establish policies, strategy, and prioritized goals for the Department of Defense. In the PPBE process, the Secretary of Defense establishes policies, strategy, and prioritized goals for the Department, which is subsequently used to guide resource allocation decisions that balance the guidance with fiscal constraints.

ARMORED VEHICLES

Bisyk S. P., *Ph. D. in Engineering Science, Senior Research Fellow*
(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

THE ANALYSES OF RUSSIA FEDERATION ANTITANK MINES WITH USE METHODS OF CLUSTER ANALYSES

To date, the level of mine defense of armored vehicles is defined in STANAG 4569, which is based on the analysis of anti-tank mines from different countries of the world. However, in conditions of aggression of the Russian Federation, the issue of analyzing the antitank mines of this country and the subsequent formation of requirements for the mine defense of domestic armored vehicles is relevant.

The paper presents the results of the cluster analysis of Russia Federation antitank mines. Such studies are necessary for the formation of levels of mine defense of armored vehicles, which in turn is a prerequisite for conducting research on the resistance of the specimens.

Due to the large nomenclature of existing samples of anti-tank mines, they were grouped according to their functional purpose and basic technical characteristics for further formation of requirements for mine defense of combat armored vehicles. The most significant characteristic in the formation of anti-tank mines in the group was the mass of explosives. Such a generalization revealed the structure of a set of samples of anti-tank mines.

Taking into account and not that anti-tank mines can be fitted with different explosives, their mass is brought to the TNT equivalent.

Distributed anti-tank mines to groups (number of groups: six, five, four and three). Depending on the selected number of groups, the mass of the explosive in the group changes. In the opinion of the author, it is expedient to carry out the distribution by the maximum value of the mass of the explosive in the group. The most rational is the distribution of anti-tank mines into five groups. Obtaining the values of the mass of the explosive in the group shows that along with the requirements of STANAG 4569 the stability of armored combat vehicles to subvert charges of explosive 6 kg and 8 kg determined another level - 12 kg.

Formed groups (clusters) of anti-tank mines of the Russian Federation can be used in developing requirements for mine defense of domestic armored combat vehicles.

Keywords: antitank mines, cluster analyses, antimine protection.

ARTILLERY WEAPONS & SMALL ARMS

Senatorov V. M., *PhD in Engineering Sciences, Ass. Professor*,
Melnik O. D., *Leading Research Fellow*,
Efimenko V. A., *Senior Research Fellow*
(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

COLLIMATOR SIGHT FOR CONCEALED PERFORMANCE OF BATTLE MISSION

That paper purpose is development of reliable collimator sight which would be able to carry out concealable a battle task in structure of small arms.

Sight must have a relevant structure for ensuring of the simplicity operation and reliability requirements. The mono-block optical schemes are satisfying there requirements: here a thick plane-convex lens is using for collimation of "red dot" type sight reticle image. Reticle pattern is combined with that plane lens surface. Reticle is illuminated by natural light. The additional information mark in form of circle encircling sight reticle is indicating for rifleman with purpose to reduce time for detecting of sight reticle in his viewing field. In sighting process a rifleman sees the collimated image of sight reticle by the first eye and watches a target by the second eye. Combining of both images takes place in human brain (binocular effect).

Tests of such sight "SAL-1" in structure of small arms "Gnome" (developer – Construction Bureau of Special Techniques) proved its high reliability.

Sight must have an optical scheme, where viewing line becomes warped under angle 90° relatively to weapon axis and rifleman has possibility to watch the reflected target image, for ensuring of concealed performance of battle task. Rhombic scheme from two parallel mirrors installed on exit of mono-block is satisfying to these requirements. Structurally, the first mirror is semi-transparent with purpose to combine the sight reticle image and targets space. At viewing by alone eye a fireman behind protective structure watches simultaneously a sight reticle and target which image is reflected by semitransparent mirror.

Proposed optical scheme, where sight reticle is linked firmly to optical axis, requires the specific approaches to sight designing and its installation on weapon.

Such way, sight wholly meets to modern trends for weapons and military equipment development deal with reliability and concealed execution of battle task with using of small arms.

Keywords: collimator sight, concealed mission, reliability.

Maystrenko O. V., *Ph.D. in Military Science, Professor*

(Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv),

Davidovskiy L. S., *Ph.D. in Engineering Science*

(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv),

Prokopenko V. V., *Ph.D., Senior Lecturer,*

Bubenshchikov R. V., *Lecturer,*

Stegura S. I., *Senior Lecturer,*

(Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv)

METHOD OF BALANCING FORCES AND MEANS OF SUBSYSTEMS OF FIRE DAMAGE OF THE ENEMY

Recent military conflicts, including the Anti-Terrorist Operation in the East of Ukraine (ATO), revealed a number of trends that significantly affect the result of the military use of military formations (WF), including missile forces and artillery (RVIA). These tendencies include: a significant reduction in the time of the detection-defeat cycle, an increase in the proportion of unscheduled tasks related to the enemy's fire damage (VUP), the speed of combat collisions, and the increased proportion of so-called non-classical methods of using the WF, such as guerrilla, raid, sabotage and reconnaissance. The indicated tendencies necessitate revision of methodical approaches to the organization of combat application of the WF in general and the WUP in particular.

Given the existing analytical materials, it may be argued that, at least an approximate coincidence of the expected outcome of the VUU with the real, according to the most optimistic results of the analysis, in 50% of cases. This is unacceptable in the further development of the above-mentioned tendencies.

To adequately balance the capabilities of the VU subsystems, it is necessary to determine the indicators of these capabilities that will be spatial for all subsystems of the VUU. To this end, it is proposed to use a new set of indicators, which characterizes a certain dynamic work with the object for defeat, in particular - the intensity of detection of enemy objects, the intensity of the decision to defeat enemy objects, the intensity of damage to enemy objects.

Therefore, in order to balance the forces and means of the subsystems of the VUU, it is necessary to determine the capabilities of each of the subsystems for the "processing" of objects for defeat. In the future, determining the subsystem with the least ability to determine how much capacity is in the "surplus" in other subsystems. After that, either withdraw part of the forces and resources of those subsystems whose capabilities were in surplus, reserve or replenish forces and means (if any) of the subsystem where there was insufficient capacity.

Keywords: rocket troops and artillery, fire damage, balance of forces and means, a separate functional element.

PERSONAL EQUIPMENT

Golub V. A., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Research Department,*
Zuravsky S. V., *Senior Research Fellow of the Research Department*
(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

METHOD OF DETERMINING THE DEPENDENCE OF THE MAXIMUM LEVEL OF EFFICIENCY OF ARMOR REGARDING ITS AREA

The article analyzes the statistics of military personnel injuries that took part in combat operations in the territory of Luhansk and Donetsk oblasts with indication of parts of the body. On the basis of the analysis of personal injury statistics, the theoretical dependence of the maximum level of protection of the body armor on its area was obtained. The determination of the effectiveness of the body armor used by the servicemen of the Armed Forces of Ukraine in the area of the antiterrorist operation was carried out. The obtained dependence of the maximum level of protection of the body armor from its area can be used in the development of a methodology to substantiate the requirements for body armor.

Keywords: body armor, protection area, probability of injury, human body surface area, equipment, efficiency, statistics, injuries, forearm, element of protection, intensity of defeat.

RADIO-TECHNICAL FACILITIES

Bieliaiev D.M., *Research Fellow,*
Rasstryhin O.O., *Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Principal Research Fellow,*
Kisiel P.I., *Ph.D. in Engineering Science, Senior Research Fellow, Leading Research Fellow,*
Semeniuk R.P., *Research Fellow*
(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF A MOBILE BALLOON RADAR SYSTEM FOR DETECTING LOW-ALTITUDE TARGETS

The technical and economic assessment of the effectiveness of a mobile balloon radar system for detecting low-altitude targets is given. The calculations of the annual economic effect indicator for the operation of the proposed complex in comparison with the existing radio engineering equipment, which are in service with the Armed Forces of Ukraine are given.

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Herasimov S. V., *Doctor of Engineering Science, Seniors Research Fellow,*
Roshchupkin E. S., *Ph.D. in Engineering Science, Seniors Research Fellow*
(Kharkiv National Air Force University Named After Ivan Kozhedub, Kharkiv)

THEORY TO CALCULATE OF ERRORS OF VALUES OF SIGNALS WITH HARMONICALLY CHANGING PARAMETERS

Correlation for statistical descriptions of estimations of values of signals of the parameters that change according to a harmonic law and results of their analysis are considered. On the basis of the obtained correlations, the chart of control device of highways is synthesized and principle of its work is described. Recommendations over practical application of the obtained results are presented.

Keywords: signal useful, influence mixing, parameter harmonically changing, descriptions statistical, control of parameters, feed-back.

Nalapko O. L., *Advanced Student*

(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

COMPARATIVE ANALYSIS OF FUNCTIONAL POSSIBILITIES OF AD HOC NETWORKS OF TELECOMMUNICATIONS

In the real article the analysis of functional possibilities of networks is conducted possible AD HOC. Determination of optimal type of network of military-oriented. Scientific editions and progress trend have an analysis of modern directions of research. Determination of actual and perspective direction is for the advanced study in further researches. Absence of the base station requires, that every knot was more intellectual, could function both network host for a transmission and receipt of data and router for routing of packages to other knots of addressees. Many constituents must be taken into account thus, such as: power of signal, chance of change at a topology and her adjustment, changeableness of amount of knots, principle of organization of information transfer, multichannel of networks, search of optimal routes and routing of packages to the recipient, priority of data that is passed, balancing of loading of communication of data, charge of battery of mobile knot, difference of calculable resources, change of diagram of orientation of aerial, providing assured delivery package, and others like that. The types of ad are analysed in this scientific research — Ad hoc networks and certainly, that for application in the networks of the special setting with high dynamic of change to the count of topology as a result of mobility of knots, that characteristically to application in networks military.

Keywords: Ad hoc Networks, radio networks, cellular networks, hybrid networks, Mesh, sensory networks, wireless network, pico-cell, multi-hop, touch-controls, base station, routing, network, host, knot multiaddress, traffic, decentralizing networks, MANET, WANET, MCN, QoS, special wireless networks, networks of military-oriented, hybrid architecture, communication of data, intellectual, mobile knots, real-time mode, communication network.

Ryzhov Y. V., *Ph.D. in Engineering Science*

(Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv),

Sakovych L. M., *Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor*

(Institute of Special Communication and Information Security of National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv)

EVALUATION OF MEASURING INSTRUMENTS METROLOGICAL RELIABILITY INFLUENCE ON INDICATORS OF REPAIRS OF MILITARY COMMUNICATION MEANS

In the article the approach to the quantitative estimation of the influence of metrological reliability of means of measuring equipment on the time of performance of the verification of the parameters of military communications means during their maintenance and current repair is proposed. In known works, approximate values of the probability of failure-free operation of measuring instruments are used for this, which reduces the accuracy of the results obtained.

The obtained results should be used in the methods of justifying the minimum permissible value of the probability of evaluating the result of checking the parameters, which will allow us to estimate the time of performance of work more objectively and reasonably choose the means of measuring equipment with the minimum necessary metrological characteristics to reduce the cost of maintenance and current repair of military communication means.

PRODUCTION, MODERNIZATION, MAINTENANCE

Shyshyanov M. O., *Doctor of Technical Sciences, Professor,*

Chechenkova O. L., *Senior Research Fellow,*

Pavlovskiy I. V., *Senior Research Fellow*

(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ARMORED VEHICLE MODERNIZATION IN THE COURSE OF OVERHAUL

The article deals with the issue of assessing the technical and economic efficiency of modernization of armored vehicles and armament in the course of overhaul. It has been proved that modernization contributes to the prolongation of the life cycle of reusable samples of weapons and military equipment but each construction of mentioned samples has limited adaptability to modernization from economic point of view.

Keywords: *modernization, armored vehicles and armament, efficiency, technical and economic assessment*

SURVIVABILITY

Osinovyy G. G., *Head of the Research Projects Department,*

Subach V. P., *Leading Design Engineer of the Complex*

(Yuzhnoye Design Office, Dnipro),

Bykov V. N., *Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Professor,*

Kolchigin N. N., *Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of Chair*

(V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv)

GROUND-BASED OBJECT RADAR DETECTION COUNTERMEASURES

The rapid development of reconnaissance equipment and high-precision weapons makes the matter of military equipment camouflage a high priority. On account of this, military developers attach great importance to the creation of state-of-the-art low detectable equipment. Meeting these low observability requirements ensures shorter range and probability of detection for developed military equipment, which contributes to its survivability and combat mission success.

The use of broadband camouflage nets shows promise for lowering decamouflage properties of an object in a broad wave band, since the nets can not only disguise the appearance of a protected object, but also reduce its reflection properties and object-to-background contrast. An effective technique for making a small ground vehicle on the move less detectable by radar and infrared reconnaissance equipment is the use of disguise screens containing electrically conducting filaments and radar-absorbing materials. Such a broadband disguise screen mounted statically on a protected object allows changing its appearance, reducing its reflection properties and radio brightness. Although passive absorbing and scattering coatings have the maximum effect for stationary objects, they ensure a several times shorter detectability range for a disguised object on the move which can be easily detected by a radar system operating in a moving target selection mode. For concealing small ground vehicles on the move, Yuzhnoye State Design Office is working on production of special disguise screens from domestically manufactured materials. The absorbing properties of a screen base and a high-tech nap material ensure advanced characteristics of a camouflage system.

It follows from the analysis of methods and equipment for disguising small ground vehicles on the move in a radar range that the most appropriate technique is the use of a camouflage screen made of radar-absorbing and scattering materials. It allows meeting all the conflicting requirements for signature management equipment for small ground vehicles on the move through providing a broad band of electromagnetic waves to be used for disguising, easy operation, high durability, and long life of a camouflage system.

Keywords: *camouflage, means of reducing visibility, small-sized mobile ground objects, radiometric passive-active detection systems, radioabsorption.*

Osinovyy G. G., *Head of the Research Projects Department,*

Subach V. P., *Leading Design Engineer of the Complex*

(Yuzhnoye Design Office, Dnipro),

Bykov V. N., *Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Professor,*

Kolchigin N. N., *Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of Chair*

(V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv)

AIRCRAFT RADAR SIGNATURE REDUCTION THROUGH STEALTH TECHNOLOGY

The development of military equipment keeps step with the invention of technologies aiming for advanced survivability and mission accomplishment probability. Laser and infrared detection systems are usually used as auxiliary equipment and supplements for radar systems, which is why the matter of radar signature reduction deserves close attention. The radar cross section (RCS) is the key physical parameter defining the aircraft signature within a radar range of electromagnetic waves. The RCS depends greatly on the aircraft's outer surface regularity and coating materials. The application of radar-absorbing high-temperature composite materials shows promise for passive lowering decamouflage properties of an object in a radar range. The development of a coating with a stable reflection coefficient of not less than minus 20 dB in the range of 1 to 12 GHz requires the following:

Significantly increased coating thickness due to a larger amount of matched layers. It is possible to obtain a more broadband radar-absorbing material: $d = (0.1-0.15)l_{\max}$, where l_{\max} is the maximum band wavelength. Since the maximum wavelength of the L-band is 30 cm, the material thickness ensuring the most part of energy absorbed is $l_{\max} = 30-45$ mm

Search for magnetic admixtures which are resistant to thermal effects and have stable long-storage magnetic properties.

The following should be taken into account in developing a high-tech aircraft radar signature reduction material:

Introduction of ferrite admixtures results in somewhat increased thickness and surface density of a material, and requires Curie temperatures to be taken into account. Ferrites heated up to above the Curie temperature lose their magnetic properties badly and rapidly, thereby damaging the materials irreversibly

Ferrite materials can lose their magnetic properties due to long storage, even at constant temperature and zero intensity of magnetization. The properties of a ferrimagnetic item start degrading as soon as it is produced. A material's magnetic permeability can vary in time without any external factor affecting (desaccomodation process)

Mechanical actions can affect the parameters of ferrites; for instance, the original magnetic permeability can irreversibly fall due to intense vibration or shocks.

It was experimentally proven for coating samples that the application of a high-temperature radar-absorbent gradient coating ensures a greatly decreased radar cross section and enhanced combat efficiency, especially in the case when both radar jamming and detection equipment is used simultaneously.

Keywords: aircraft, radioabsorbtion, Stealth-technology, anti-radar coverage, composite radio-absorbing structures.

UNCONVENTIONAL WEAPONS

Fedorov P. M., *PhD, Senior Researcher,*

Bohucharskyi V. V., *PhD, Senior Researcher,*

Hamaliy N. V., *Senior Researcher*

(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

CALCULATION OF THE ELECTROMAGNETIC PULSE WEAPON EFFECTIVE AREA

A method for calculating the range of action and the effective area of electromagnetic pulse weapon based on a simplified deterministic approach has been developed. The level of guaranteed functional kill of radio electronic means that are not equipped with protection systems against electromagnetic pulse

has been substantiated. The relationships between the so-called ER parameter and the range of action of the electromagnetic pulse weapon in the direction of pattern peak of its antenna system have been shown, formulas for calculating of mentioned parameter have been proposed. It is found that for the hitting of radio electronic means on the maximum area, it is necessary to choose correct electromagnetic pulse weapon range of action. Calculation ratios to determine such optimal range of action have been obtained. It is shown that the magnitude of the maximum hitting radius in a first approximation should be determined only by the power of the used generator and by the criteria level of the hitting of radio electronic means and practically it does not depend on the choice of electromagnetic pulse weapon antenna system.

Keywords: electromagnetic pulse weapon, performance data, radio electronic means, functional kill, range of action, effective area.

INTELLECTUAL PROPERTY

Komarov V. O., Head of the Research Department,

Yaremenko M. P., Research Fellow,

Moskvitin O. O., Leading Research Fellow

(Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

PROBLEM ISSUES OF LEGAL PROVISION OF THE PATENT LICENSED ACCOMPANIMENT OF DEVELOPMENT AND MODERNIZATION OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT IN UKRAINE

In the article were considered issues of protection of the intellectual property that is created for budgetary funds. On the results of the conducted analysis were indicated certain objects that form the scientific and technical treasury of every state. However in the field of intellectual property of Ukraine there are some issues of legal character such as definition of the role and the place of the state in the sphere of intellectual property, which need research and rapid decision.

In the frames of uncertain definition of the state as the customer of the objects of the right of intellectual property the foreign consumers of objects that have corresponding sponsorship and possibility of unimpeded access to scientific and technological potential of Ukraine start to occupy a basic segment of the market of intellectual services in the state intellectual property rights.

Underestimation from the side of the state of economic indicators from introduction of effective mechanisms of possession and management rights on objects of right of intellectual property, created mostly due to funds of the state budget, bringing in of objects of this activity to civil turnover already today results in losses the state of high incomes.

In particular, it takes place in the defense-industrial complex that determines position of the state as a special exporter on the international market of armaments, provides considerable volumes of the currency income and proper level of defensive capacity of the Armed Forces of Ukraine.

The article contains an analysis on how legal norms in relation to a grant, use and defence of objects of right of intellectual property are well-regulated in internal legislation. It concerns especially intellectual property of special and double-used goods.

Authors, based on the results of conducted analysis, made the conclusion about the necessity of providing of complete control of the state on the right of intellectual property of the competitive subjects of manage in specific area of development and production of new standards of armament and military equipment, taking into account the modern level of their high technological capabilities.

The article also contains the review of the legal provision of the patent licensed accompaniment of developments and modernization of armament and military technique in Ukraine, and also analysis of the modern state of the system of legal safeguard of inventions and useful models in Ukraine (patent system).

The solution of the indicated in the article issues will give an opportunity to create conditions for providing the legal defense of interests of the state in the process of making use of the results of research and development works, special and double use goods, and mainly – to provide the defensive capacity of the state, competitiveness of the produced in Ukraine military equipment and will assist the use of objects of right of intellectual ownership in national interests of Ukraine.

ШАНОВНІ АВТОРИ!

Оскільки пріоритетним завданням науково-технічного журналу «Озброєння та військова техніка» є входження до двох найавторитетніших у світі реферативних баз даних Scopus та Web of Science, редакція вводить нові (додаткові) вимоги до оформлення статей.

Додаткові вимоги до списку літератури («References»)

Список літератури повинен включати мінімум 10 джерел. Із них не менше 3-х джерел мають бути іноземні (латиницею).

Не авторські джерела (закони, постанови, накази, інші офіційні джерела, неопубліковані документи тощо) можуть бути включені до списку, але не враховуються в названий мінімум.

Джерела в списку наводяться й нумеруються в порядку їх цитування в тексті.

Додаткові вимоги до авторських резюме

Авторське резюме до статті є основним (часто самостійним і незалежним від основного тексту) джерелом інформації у міжнародних базах даних, в яких індексується журнал. З авторського резюме читач має чітко зрозуміти сутність дослідження й вирішити, чи варто звертатися до повного тексту статті для отримання детальної інформації.

Авторські резюме (англійською, українською та російською мовами) повинні:

Містити не менше 150, але не більше 300 слів.

Коротко повторювати структуру статті (цілі й завдання дослідження, методи, результати, висновки).

Не містити посилань на літературу та аббревіатур (якщо це можливо).

Формат 60 x 84 1 / 8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Обсяг 16,25 ум. др. арк., 8,20 обл.-вид. арк. Наклад 250 прим. Зам. № 1704-2.

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