

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

1(13)
2017

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ЩОКВАРТАЛЬНИК
ВИДАЄТЬСЯ З СІЧНЯ 2014 РОКУ

Керівник проекту,
голова редакційної ради

І.Б. Чепков,

д-р техн. наук

Редакційна колегія:

С.В. Лапицький, д.т.н., гол. ред.
(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

М.І. Васківський, д.т.н., заст. гол. ред.
(ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

В.В. Глебов, д.т.н. (ХКБМ)

А.С. Довгопай, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

В.В. Зубарев, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

А.М. Зубков, д.т.н. (НАСВ)

О.П. Коростельов, д.т.н. (ДержККБ «Луц»)»

Д.Б. Кучер, д.т.н. (АВМС)

Д.П. Кучеров, д.т.н. (НАУ)

Б.М. Ланецький, д.т.н. (ХНУПС)

М.І. Луканін, д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

М.М. Мітрахович, д.т.н.

(ДП «Вченко-Прогрес»)»

Б.О. Оліярник, д.т.н. (ЛНДРТІ)

П.П. Чабаненко, д.в.н., (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

С.М. Гімбер, секр. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Редакційна рада:

Ю.А. Гусак, д.в.н. (ВНУ ГШ ЗСУ)

М.М. Шевцов (ОЗСУ)

Г.В. Певцов, д.т.н. (ХНУПС)

П.П. Ткачук, д.іст.н. (НАСВ)

І.В. Толок, к.пед.н. (ДВОН МОУ)

В.Б. Толубко, д.т.н. (ДУТ)

О.В. Харченко, д.т.н. (ДНДІА)

Розглянуто та схвалено до друку
науково-технічною радою

ЦНДІ ОВТ ЗС України

(протокол № 3 від 17.03.2017)

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

Свідомство 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, 2017

У НОМЕРІ

ВОЄННО-ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА

Чепков І. Б., Лапицький С. В., Гультяєв А. А., Гупало А. Ю., Ченура М. М.
Організація протидії «гібридній війні» в сучасних умовах: технічний аспект. . . 3
Бороховостов І. В. Визначення теорії програм озброєння як наукового напряму
теорії озброєння 9

БРОНЕТАНКОВА ТЕХНІКА

Майстренко А. Л., Куц В. І., Кулич В. Г., Нешипор О. В., Бісик С. П. Підвищення
захисту бойових броньованих машин від ураження 12,7-мм кулями Б-32 18
Давидовський Л. С., Бісик С. П., Корбач В. Г. Дослідження
енергопоглинаючого елемента протимінного сидіння екіпажу
бойової броньованої машини 24

ЗЕНІТНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ

Ланецький Б. М., Коваль І. В., Лук'янчук В. В. Методичні рекомендації щодо
визначення кількості зенітних керованих ракет та ракетних двигунів для
контрольних льотних та вогневих стендових випробувань при виконанні
завдань продовження призначених показників 34

БЕЗПЛОТНІ АВІАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ

Пулеко І. В. Інформаційна технологія оперативного контролю стану малого
літального апарата на основі часового подання вимірювальної інформації. . . 39
Петрук С. М. Безпілотні авіаційні комплекси в збройних конфліктах
останніх десятиріч 44

СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ

Павловський І. В., Твердохлібов В. В., Башикиров О. М. Пропозиції щодо
удосконалення системи логістичного забезпечення Збройних Сил України . . . 50

ТЕХНІКА ТА ОЗБРОЄННЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ

Дерепа А. В. Аналіз впливу фізичних властивостей шпангоутного набору
днища корабля на розподіл амплітуди і фази тиску звукового поля по активній
поверхні корабельної антени в системі «надводний корабель –
гідроакустична станція» 55

ВИРОБНИЦТВО, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РЕМОНТ

Шишанов М. О., Шуригін О. В., Деркач І. І., Шевцов М. М. Використання
математичного апарату рефлексивних ігор для прийняття управлінських
рішень при розробці й обґрунтуванні раціональної стратегії управління
процесами виробництва, модернізації, ремонту зразків озброєння
та військової техніки 61
Сакович Л. М., Яковлев М. Ю., Рижов С. В., Ходич О. В. Оцінка достовірності
діагностичних засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими
пошкодженнями 66
Зінько Р. В., Ванкевич П. І., Іваник Є. Г. Методологічні аспекти побудови
моделей роботи різномітної військової техніки на основі подібності графів
їх конструкцій 70
Шишанов М. О., Гуляєв А. В., Шевцов М. М. Обґрунтування методу
моделювання процесу функціонування системи відновлення озброєння
та військової техніки угруповання військ 75
Каховський М. Ю., Іщенко М. П., Лукомник А. Л. Технологія відновлення
стволів танкових та артилерійських гармат 78

Інформація 81
Резюме 87

WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

1(13)
2017

SCIENTIFIC JOURNAL

QUARTERLY
PUBLISHED SINCE JANUARY 2014

TABLE OF CONTENTS

MILITARY TECHNICAL POLICY

- Chepkov I., Lapytskyi S., Gultiaiev A., Gupalo A., Chepura N.* Organizing hybrid war countermeasures in modern context. Technical aspect 3
- Borokhvostov I.* Definition of the arming programs theory as a scientific direction of the weapons theory 9

ARMORED VEHICLES

- Maistrenko A. L., Kushh V. I., Kulych V. G., Neshpor O. V., Bisyk S. P.* Increasing protection of armored combat vehicles from 12.7 mm bullets B-32 damage 18
- Davidovskiy L. S., Bisyk S. P., Korbach V. G.* Investigation of energy-absorbing elements of crew antitime seat of combat armored vehicles 24

AIR DEFENSE SYSTEMS

- Lanetskyi B. M., Koval I. V., Lukianchuk V. V.* Methodical recommendations for determining of the number of surface-to-air missiles and missile propulsions for check flight- and fire bench-tests, conducted for solving problems of preset indices extension 34

UAV

- Puleko I. V.* Informational technology of operational control of the status of small aircraft based on timed presenting of information measurement foundations 39
- Petruk S. M.* Unmanned aircraft systems in the armed conflicts of recent decades 44

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

- Pavlovskiy I.V., Tverdokhlibov V.V., Bashkyrov O.M.* Proposals for the improvement of the logistics system of the Armed Forces of Ukraine 50

NAVY ARMAMENT & EQUIPMENT

- Derepa A.* Analysis of influence of physical properties of set of bottom bends of ship on division of amplitude and phase of pressure of the sound field on active surface of ship aerial in system «surface vessel-hydroacoustic station» 55

PRODUCTION, UTILIZATION, MODERNIZATION, MAINTENANCE

- Shyshanov M. O., Shuryhin O. V., Derkach I. I., Shevtsov M. M.* Usage of the mathematical tools of reflexive games for decision making while developing and substantiating rational management strategy of production process, modernization and repair of weapons and military equipment 61
- Sakovych L. M., Yakovlev M. Y., Ryzhov Y. V., Khodych A. V.* Reliability assessment of special communication diagnostic means with accident-caused and battle damages 66
- Zinko R. V., Vankevych P. I., Ivanyk E. G.* Methodological aspects working models building of manifold military technics on basic of similarity graph their constructions 70
- Shyshanov M. O., Huliaiev A. V., Shevtsov M. M.* Justification of modelling method of operation process of the troops' weapons and military equipment recovery system 75
- Kakhovskiy M., Ishchenko M., Lukomnyk A.* Development of new technologies for restoration of barrel tank and artillery guns 78

- Information 81
- Resume 87

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

Editorial Board:

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

Editors:

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

Reviewed and approved for publication by
Science and Engineering Board
(record No.3 of 17.03.2017)

Original dummy copy was made
by Dmitry Burago Publishing House

Editorial address:

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

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

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



УДК 355.01

І. Б. ЧЕПКОВ, доктор технічних наук, професор,**С. В. ЛАПИЦЬКИЙ**, доктор технічних наук, професор,**А. А. ГУЛЬТЯЄВ**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,**А. Ю. ГУПАЛО**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,**М. М. ЧЕПУРА**, старший науковий співробітник*(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Організація протидії «гібридній війні» в сучасних умовах: технічний аспект

Сучасний світ перебуває в стані системної нестабільності, розбалансованості та хаосу. До викликів і загроз епохи «холодної війни» додалися якісно нові небезпеки і загрози, що мають глобальний характер. Майже всі воєнні конфлікти кінця ХХ та початку ХХІ століття розвивалися і протікали не за класичними схемами воєнного мистецтва. Бойові дії на сході України та аналіз ситуації, що передувала цим подіям, дозволяють зробити висновок, що Україна зіткнулася з витонченою формою війни, коли захоплення територій – це справа рук кримінального натовпу, сепаратистського руху, що координується з боку Росії.

Современный мир находится в состоянии системной нестабильности, разбалансированности и хаоса. К вызовам и угрозам эпохи «холодной войны» добавились качественно новые опасности и угрозы, которые носят глобальный характер. Почти все военные конфликты конца ХХ и начала ХХІ столетия происходили не по классическим схемам военного искусства. Боевые действия на востоке Украины и анализ ситуации, которая предвляла эти события, дают возможность сделать вывод, что Украина столкнулась с уточненной формой войны, когда захват территорий – дело рук уголовной толпы, сепаратистского движения, которые координируются со стороны России.

Останнім часом світова геополітика характеризується загостренням глобальних проблем, що призвело до виникнення протиріч всередині більшості країн: активізувалися сепаратистські рухи, посилилась боротьба між конфліктуєчими елітними угрупованнями за владу, власність, встановлення впливу, контролю, набуття привілеїв.

Життя доводить, що сучасні воєнні конфлікти не належать до тих явищ, якими можна керувати лише на основі життєвого досвіду і здорового глузду. Ефективний вплив на конфлікт може здійснюватися в тому випадку, коли ми досить глибоко розуміємо справжні причини виникнення конфлікту, уявляємо характер розвитку і врегулювання. А для цього потрібно проводити постійний аналіз та упорядкувати можливі конфлікти, визначити головні причини, структурні елементи і основні закономірності виникнення для прогнозування їх розвитку та наслідків, а головне, розроблення механізмів керування, запобігання воєнним конфліктам та врегулювання їх.

Теоретично і практично кожен конфлікт відрізняється один від одного масштабом, інтенсивністю загострення відносин, часом протікання тощо, але всім їм притаманні характерні особливості та тенденції розвитку.

Для прикладу в табл. 1 наведені показники оцінювання рівня розвитку кризової ситуації і результати експертного опитування щодо фаз гібридної війни, розв'язаної РФ проти України, а також наведені результати оцінювання важливості використаних показників та інтегрального показника рівня важливості фаз розвитку кризової ситуації з використанням таксономічних методів багатовимірного порівняльного аналізу [1].

Значення інтегрального показника рівня важливості фази кризової ситуації свідчить, що не тільки активна фаза воєнного конфлікту має високу важливість, а й передконфліктна латентна фаза дуже важлива, тому що в цій фазі можливо своєчасно викрити задуми противника, забезпечити ефективну приховану підготовку до оборони, активізувати комплекс політичних, дипломатичних, економічних, військових заходів для запобігання воєнному конфлікту за участю світової спільноти.

На підставі проведеного оцінювання зміни рівня воєнної небезпеки для України з боку Російської Федерації (РФ) в часі, показаної на рис. 1 [1], можна стверджувати, що рівень воєнної небезпеки з боку РФ, починаючи з моменту відмови України від ядерної зброї і виводу її з території країни, різко зростає, тому що РФ намагається, по-перше, домінувати в Центрально-Східному регіоні Європи і реалізувати свої екстремістські цілі щодо перегляду існуючих кордонів, по-друге, залишити Україну в сфері впливу і встановити контроль за важливими об'єктами і комунікаціями на території України та забезпечити вільний доступ до її стратегічних сировинних ресурсів, по-третє, гарантовано утримувати базу Чорноморського флоту в Криму.

Значно підвищився рівень воєнної небезпеки з боку РФ наприкінці 2003 року, коли виникли територіальні претензії відносно належності о. Тузла в Керченській протоці, РФ почала будувати дамбу з метою здійснення політичного тиску на Україну. Починаючи з 2009 року,

Таблиця 1. Результати оцінювання рівня розвитку кризової ситуації за фазами гібридної війни РФ проти України

Номер	Зміст показника	Основні фази гібридної війни			Важливість показника
		передконфліктна	активна	постконфліктна	
1	Рівень політичного тиску на країну	0,75	0,52	0,34	0,84
2	Рівень активності ССПО	0,4	0,75	0,26	0,96
3	Ступінь згорання торговельних відносин	0,58	0,68	0,36	0,72
4	Ступінь підтримки сепаратистських рухів у країні	0,76	0,58	0,22	0,92
5	Ступінь активізації пропагандистських заходів у ЗМІ	0,59	0,68	0,36	0,68
6	Рівень ускладнення міждержавних відносин	0,39	0,56	0,27	1
7	Частка проведення військово-вих заходів	0,23	0,75	0,32	0,83
8	Рівень активізації терористичних заходів	0,31	0,69	0,25	0,97
9	Ступінь розповсюдження зброї серед мирного населення	0,27	0,83	0,32	0,52
10	Рівень підтримки країни міжнародними організаціями	0,39	0,69	0,39	0,75
11	Ступінь готовності системи державного управління до виконання заходів особливого періоду	0,2	0,3	0,3	0,33
12	Ступінь згорання заходів військового співробітництва	0,5	0,85	0,3	0,82
Інтегральний показник рівня важливості фаз кризової ситуації		0,71	0,97	0,44	

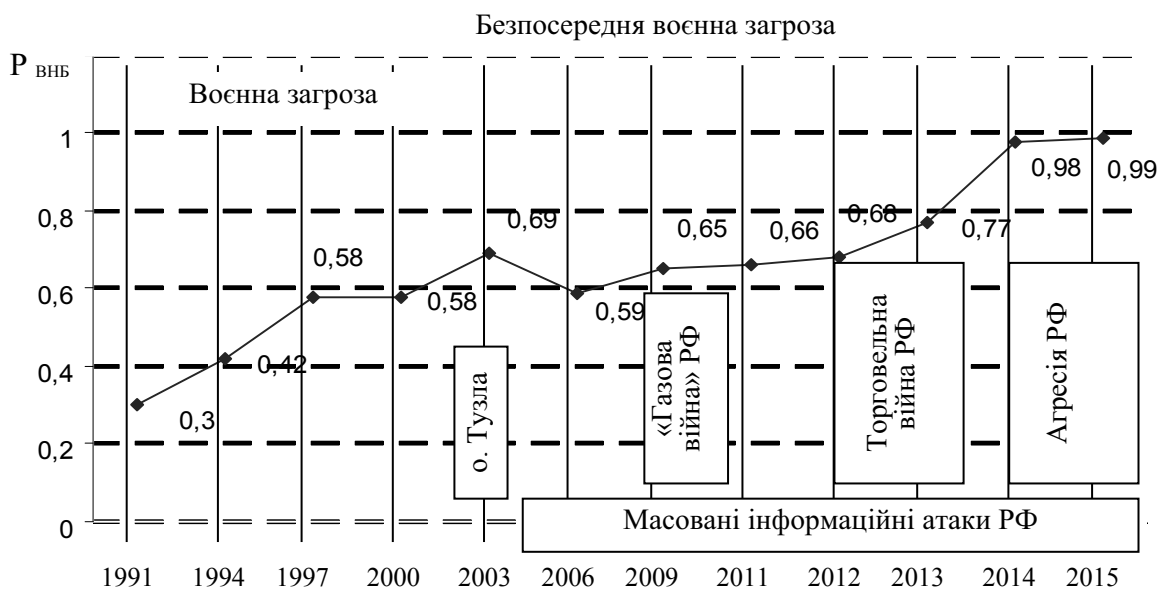


Рис. 1. Рівень воєнної небезпеки для країни з боку РФ

велася газова, торговельна й інформаційна війни РФ проти України, а коли Україна у 2013 році проголосила курс на євроінтеграцію, РФ почала агресію спочатку в Криму, а потім у вигляді *гібридної війни* на Донбасі.

Утілюючи в життя імперські плани з відновлення своєї ролі як великої світової держави, використовуючи технології «гібридних воєн», Росія, безпрецедентно грубо порушивши чинні міжнародні угоди й домовленості, у лютому 2014 року розпочинає військову операцію з окупації та анексії Автономної Республіки Крим. Вторгнення на українську суверенну територію здійснюється з використанням спеціальних військ, навмисно одягнених в уніформу без розпізнавальних знаків та ознак державної належності. Процес вторгнення супроводжується потужною інформаційною кампанією, яка цілеспрямовано скеровує ідеологічний вектор свідомості росіян та світової спільноти стосовно подій у Криму на те, що це не російські війська. Президент Росії В. Путін у своїх коментарях неодноразово заявляє: «...це місцеві жителі, які купили одяг і зброю в кримських магазинах». Особливістю розвитку ситуації є те, що статус військ без розпізнавальних знаків, від яких відреклись окупанти, чітко не визначений і в положеннях Женевської конвенції, що надзвичайно ускладнило реагування особового складу Збройних Сил України з метою відсічі агресору у відповідний спосіб у рамках міжнародного права.

Натхненна практично безкровним захопленням і «тихою» окупацією Автономної Республіки Крим Росія зухвало продовжує політику подальшої реалізації агресивних намірів стосовно України, спрямованих на порушення її національного суверенітету й територіальної цілісності. Упроваджуючи тактику створення обстановки нестабільності в регіонах на сході України, Росія безпосередньо не перетинає кордон своїми збройними силами. Водночас російські регулярні військові формування під виглядом відпрацювання «планових» заходів оперативної та бойової підготовки постійно перебувають у безпосередній близькості до кордону з Україною, маючи на меті створення постійної напруженості в цих регіонах.

Виношуючи амбіційний план захоплення українських територій на сході й півдні України – до Придністров'я включно, Москва створює зони дестабілізації, які поки що обмежуються регіоном Донбасу. В Україну з російської території продовжують проникати окремі групи недержавних формувань, які мають значний досвід бойових дій і терористичних акцій у різних регіонах світу, зокрема на Кавказі. Нова російська стратегія робить наголос на солдатах «нізвідки», які нібито не належать жодній державі й завдяки цьому не підпадають під дію будь-яких законів та конвенцій. «Зелені чоловічки», які з'явилися в Криму та перебувають сьогодні на сході України – це своєрідний «гібрид», щось середнє між солдатами й терористами: невідомо, хто вони і хто ними командує. А якщо немає командирів, немає з ким вести переговори про капітуляцію, немає з ким обговорювати умови перемир'я. Якщо розпочнеться стрілянина, невідомо, на кого покласти за неї

відповідальність. Непросто із цими людьми й місцевим мешканцям, оскільки неясно, де вони ще можуть з'явитися. За інформацією ЗМІ, на сході України воюють в основному чеченці, абхазі, осетини й частина росіян (2–3% «чистих» диверсантів, навчених спеців). Вони виконують завдання, що Росія (як держава) у рамках міжнародного права ставити не може, тому використовує методи «гібридної війни».

За російським сценарієм, сепаратисти та бойовики розпочинали свої дії із захоплення органів місцевої влади й міліції в окремих містах Донецької та Луганської областей з метою заволодіння зброєю, сподіваючись при цьому, що все пройде відносно спокійно, як у Криму, тобто вдасться домовитися з Києвом. Однак після відповідної команди з боку третьої сторони (в особі РФ) розпочинаються бойові зіткнення, проливається кров і таким чином відрізаються шляхи повернення назад (приклади: м. Волноваха Донецької області – розстріл військовослужбовців Збройних Сил України – учасників антитерористичної операції; м. Луганськ, місцевий аеродром – збито військово-транспортний літак Іл-76 з українськими десантниками на борту). Бойовики вкупі із сепаратистами та місцевим криміналітетом здійснюють захоплення будівель обласних та міських держадміністрацій, аеропортів, нападають на прикордонні блокпости, влаштовують диверсії на об'єктах місцевої інфраструктури. Звичайно, на такі дії, притаманні технологіям «гібридних воєн», складно реагувати, на відміну від явної збройної агресії, коли кордон держави перетинають регулярні військові формування. Не здійснюючи збройне вторгнення на територію України, Росія, разом з тим, продовжує нарощувати агресію: у конфлікт залучається дедалі більше загонів бойовиків і найманців.

Таким чином, можна стверджувати, що викрити агресивні наміри противника можна не тільки за допомогою технічних засобів розвідки або агентурної розвідки, а й за рахунок аналітичного відстеження змін найбільш інформативних показників оцінювання рівня воєнної небезпеки, виявлення моменту появи воєнної і безпосередньої загрози.

Аналіз розвитку ситуації навколо України дає всі підстави стверджувати, що сьогодні наша держава зіткнулася саме із цією формою ведення воєнних дій. Це підтверджується особливостями розвитку воєнного конфлікту, відмінною ознакою якого є відсутність прямих бойових зіткнень регулярних військ та існування змови держави-агресора з недержавними формуваннями, що діють на території України: загонами бойовиків, «козацтва», місцевих кримінальних елементів, групами місцевого населення сепаратистського спрямування (колабораціоністами), зв'язок з якими формально цілковито заперечується. Використовуються нові, а точніше, брудні, методи та способи ведення цієї війни: підкуп, шантаж, залякування, викрадення людей, захоплення державних об'єктів, органів місцевої влади та об'єктів критичної інфраструктури, організація та проведення терористичних актів. Усе це супроводжується резонансними акціями насильства проти непокірних та

проявами мародерства. Соціально-політична та безпекова ситуація в Україні загалом та в її окремих регіонах штучно «розхитується» такого роду виконавцями до небезпечного рівня повного безвладдя. Водночас Росія як держава-агресор перекладає всю відповідальність за «брудну роботу» на недержавні формування (у тому числі збройні).

Збройні конфлікти з використанням технологій «гібридної війни», як правило, стають конфліктами на виснаження. У таких конфліктах сторона, що обороняється, веде боротьбу з різного роду екстремістськими й терористичними формуваннями на своїй території, які готуються, забезпечуються й керуються з території інших країн. Водночас у сторони, що обороняється, з різного роду причин, насамперед зовнішньополітичного й економічного характеру, фактично виявляються «зв'язаними руки» в плані реалізації активних форм протидії такому агресорові. Як наслідок, їй нав'язується конфлікт на виснаження, в якому відбувається поступове тотальне руйнування економічної та соціальної структури суспільства, матеріально-технічної та цивільної інфраструктури країни, що зазнала агресії або ініційованого внутрішнього конфлікту. За певних умов у перспективі можливі воєнні перемоги можуть обернутися як мінімум важкими економічними проблемами, політичною поразкою або навіть утратою державності.

Надаючи загальну характеристику проявів нових форм сучасних воєнних конфліктів, особливостей їх застосування в Україні, не можна не зупинитися на виробленні деяких загальних підходів до ймовірної стратегії протидії «гібридним загрозам». І в цьому плані слід відзначити деякі ключові моменти.

По-перше, сьогодні абсолютно очевидно, що досягнення перемоги у війнах такого типу неможливе без адаптації чинної Воєнної доктрини України до нових реалій, без оновлення й удосконалення Стратегії національної безпеки України та інших базових документів, що мають бути скориговані з урахуванням нинішньої воєнної та суспільно-політичної ситуації в країні. Треба усвідомити, що в «гібридних війнах» традиційні, конвенціональні методи ведення воєнних дій не завжди ефективні, що війни такого типу, як правило, ведуться тривалий час, що супротивник намагатиметься максимально розширити географію конфлікту з утягуванням у нього дедалі більшої кількості населення.

По-друге, важливим завданням, яке необхідно виконувати в умовах «гібридної війни», є забезпечення повної довіри військовослужбовців і населення країни до силових структур держави. Затяжний характер «гібридних конфліктів» може викликати певне невдоволення та критику як з боку особового складу силових формувань, так і з боку громадян країни, політиків, засобів масової інформації на адресу військового командування, звинувачення їх у невмілому плануванні, організації управління і т. п. Не можна забувати і про одну з важливих складових розуміння сутності «гібридної загрози»: усвідомлення факту ігнорування супротивником моральних та етичних обмежень під час ведення операцій.

Загалом воєнно-політична обстановка, що склалася сьогодні довкола держави, вимагає повного переосмислення загальних підходів до підтримання національної безпеки України, кардинальної перебудови всього сектору безпеки та оборони держави з метою приведення його у відповідність до нових викликів та загроз. Для вирішення цієї важливої стратегічної задачі необхідно вжити низку невідкладних заходів. У плані підготовки нашої держави до нового типу війни потрібний не тільки новий тип мислення командного складу, але й нова структура як Збройних Сил України, так і всієї організації держави. З урахуванням згаданих обставин доцільно здійснити науково-практичне обґрунтування впливу глобалізації, особливостей внутрішньої обстановки в країнах-сусідах України, визначити можливі способи застосування «гібридних загроз» у відношенні нашої держави. Особливу увагу варто приділяти розкриттю вразливих місць для застосування цих технологій і виробленню превентивних заходів протидії «гібридній війні», яка ведеться проти України. Заходи протидії «гібридним загрозам» вимагають взаємодії із широким спектром партнерів – окремих держав й міжнародних організацій, а також залучення внутрішніх ресурсів, включаючи систему територіальної оборони, надійний захист кордонів й залучення світового співтовариства, освітніх установ, використання можливостей публічної дипломатії.

«Гібридну війну» можна визначити і як сукупність задалегідь підготовлених та оперативних реалізованих державою дій військового, дипломатичного, інформаційного характеру, спрямованих на досягнення стратегічних цілей. При цьому важливо відзначити, що для *гібридної війни необхідно розробляти нові системи зброї та військової техніки з впровадженням новітніх технологій.*

Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки ЗС України на сучасному етапі та їх переоснащення. Події, які останнім часом відбуваються на сході України, засвідчили, що технічне оснащення ЗС України перебуває на низькому рівні. Зразки озброєння та військової техніки (ОВТ) ЗС України не відповідають сучасним вимогам як за своїм технічним станом (переважна більшість потребує ремонту або проведення регламентних робіт, доукомплектування запасними частинами й приладами тощо), так і за моральними якостями (розробка більшості з наявних у ЗСУ ОВТ відбувалася в 60–70-х роках, а їх серійне виробництво – у 70–80-х роках минулого століття). Водночас у провідних країнах світу й суміжних з Україною державах ОВТ постійно оновлюється як за рахунок розроблення та закупівлі нових зразків ОВТ, так і за рахунок модернізації існуючих.

Нинішній стан ОВТ ЗС України в цілому дозволяє виконувати завдання, що стоять перед ними. Однак не всі проблеми вирішені. Принаймні їх можна глобально звести до трьох основних:

однією з них є технічна оснащеність ЗС України застарілим ОВТ;

негативним фактором є розбалансованість системи озброєння ЗС України, що виражається в недостатній

ефективності засобів бойового й технічного забезпечення (у першу чергу, засобів розвідки) і невисокого ступеня автоматизації управління військами (особливо в тактичній ланці) і зброєю, що, у свою чергу, веде до зниження можливостей засобів ураження;

на низькому рівні ще перебуває інтенсивність і якість бойової підготовки з'єднань і частин, що насамперед пов'язане не так з труднощами матеріально-технічного забезпечення, як з відсутністю необхідної кількості сучасних тренажерних комплексів і новітнього полігонного обладнання.

Підтримка бронетанкового парку в боєздатному стані стає з кожним роком все більш проблематичною через старіння полімерних матеріалів, гумотехнічних виробів, радіоелектронних елементів засобів зв'язку та систем управління вогнем, погіршення властивості оптичних приладів (їх помутніння) тощо. Частина основних систем вичерпала ресурс та вони практично є непрацездатними, а характеристики решти для бойових машин віком старше 10 років виходять за рамки технічних вимог.

Можливими шляхами вирішення зазначених проблемних питань є створення вітчизняних технологій, необхідних для розвитку бронетанкового озброєння та техніки, або закупівля необхідних матеріалів, а також широка міжнародна кооперація з питань виробництва зразків та їх складових.

Основними пріоритетними напрямками розвитку ОВТ у «гібридній війні» вважаємо:

підвищення ролі техніки, що забезпечує ведення інформаційної боротьби: засобів розвідки, РЕБ, зв'язку та автоматизованого управління та їх комплексування;

інтелектуалізація засобів ведення збройної боротьби: створення і масове використання роботизованих, автономних та дистанційно керованих зразків та систем ОВТ;

збільшення дальності дії та підвищення точності засобів ураження, масовий перехід на високоточні засоби ураження;

підвищення скритності та захищеності ОВТ, особового складу та об'єктів й інфраструктури від ураження звичайною зброєю та засобами масового ураження;

використання повітряно-космічних систем для вирішення задач розвідки, управління, навігації і безпосереднього ураження цілей;

підвищення вогневої ефективності ударних засобів та бойової потужності боєприпасів;

розробка високоефективних транспортних засобів для оперативного маневрування військами (силами) та підвищення маневреності зразків ОВТ.

Щодо досвіду, набутого під час ведення АТО у контексті проблематики, що стосується ОВТ, та його взаємозв'язку з пріоритетом розвитку ОВТ.

Можливими шляхами вирішення зазначених проблемних питань є:

1) гарантоване фінансування заходів державних програм розвитку ОВТ як щодо створення зразків ОВТ, так і щодо підготовки їх виробництва;

2) створення вітчизняних технологій, необхідних для розвитку ракетного озброєння;

3) закупівля необхідних технологій та матеріалів;

4) широка міжнародна кооперація з питань виробництва ОВТ та їх складових.

Щодо питання технічного переоснащення ЗС України.

Аналіз показує, що технічне переоснащення ЗС України – справа дуже коштовна, до якої, до того ж, треба підходити системно. Водночас одна з основних вимог до процесу технічного переоснащення – це безперервність. Для цього потрібні кошти, що є лише в країнах, які серйозно підходять до цієї справи та мають щороку приблизно одні й ті самі обсяги витрат з урахуванням процесів інфляції та вартості проведення деяких «проривних» робіт з переоснащення національних збройних сил окремими новітніми або модернізованими зразками ОВТ. Під час будь-якої перерви в цьому процесі наростає відставання збройних сил у їх технічному оснащенні й технічному стані ОВТ, і вони за свої бойовим потенціалом поступаються бойовому потенціалу можливого супротивника. У цьому випадку на приведення бойового потенціалу національних збройних сил до відповідного рівня потрібно значно більше грошей, особливо на початковому етапі цього процесу.

Виходячи з цього важливого завдання, науковцями Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України були проведені наукові дослідження з розроблення можливих варіантів технічного переоснащення ЗС України новими та модернізованими зразками ОВТ з розрахунком їхньої орієнтованої вартості. Результати досліджень та практичних розрахунків були надані Раді національної безпеки і оборони України.

Під час аналізу основна увага приділялася з'єднанням ЗС України, що становлять основу бойового потенціалу сектору безпеки та оборони країни (є основними у виконанні завдань виявлення та знищення повітряних цілей, ведення наземних бойових дій тощо). Дослідники інституту ретельно проаналізували можливі варіанти технічного переоснащення ЗС України зразками ОВТ переважно вітчизняного виробництва. Водночас були розглянуті можливості закупівлі та прийняття на озброєння ЗС України деяких закордонних аналогів ОВТ. Однак, на думку фахівців інституту, на початковому етапі, якщо виникне така потреба, доцільно закупувати закордонні зразки ОВТ тільки для підрозділів бойового, технічного і тилового забезпечення та лише в тому разі, якщо оборонна промисловість України не в змозі освоїти їх виробництво або розроблення та серійне виробництво будуть нерентабельними через велику потребу для ЗС України. Закупівля закордонних бойових зразків ОВТ на даному етапі вважається недоцільною через існуючі міжнародні режимні обмеження, відносно високу вартість самих зразків, їх експлуатації та бойового застосування.

З урахуванням масштабів і реального характеру «гібридних загроз» успішне виконання комплексу завдань

щодо забезпечення національної безпеки України може бути досягнуто за рахунок консолідації суспільства, зміцнення обороноздатності країни, розвитку зв'язків з союзниками і партнерами, вмілого використання потенціалу існуючих структур забезпечення міжнародної безпеки і рішучої протидії спробам деструктивного впливу у сфері міжнародних відносин.

Одночасно події в Криму та на південному сході України в 2014–2016 роках показали, що даною проблемою необхідно займатися системно й постійно. Зрозуміло, що система державного управління, економіка, воєнна організація держави, у тому числі Збройні Сили та інститути цивільного суспільства, повинні діяти скоординовано, щоб не допустити «керованого хаосу», так само як і функціонувати в умовах такої загрози.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Дузь-Крятченко О. П., Косевцов В. О., Панкратов Є. Є. Основні засади прогнозування воєнного конфлікту // Труды університету : зб. наук. праць. – К. : НУОУ, 2016. № 2 (135). С. 5–9.
2. Чепков І. Б. Проблеми технічного оснащення Збройних Сил України та шляхи їх розв'язання в сучасних умовах // Наука і оборона. 2014. № 3. С. 43–50.

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

УДК 327:355.02(477)

I. В. БОРОХВОСТОВ,*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)***Визначення теорії програм озброєння як наукового напрямку теорії озброєння**

Обґрунтовується виокремлення з теорії озброєння субтеорії процесу планування оснащення збройних формувань озброєнням та військовою технікою – теорії програм озброєння. Описано основні відмінності та спільні напрями досліджень у межах двох теорій, наведені основні завдання та зміст нової теорії програм озброєння. Розкритий її зв'язок з теорією озброєння, детально визначений зміст методологічної складової.

Обосновывается выделение из теории вооружения субтеории процесса планирования оснащения вооруженных формирований вооружением и военной техникой – теории программ вооружения. Описываются основные отличия и совместные направления исследований в рамках двух теорий, приводятся основные задачи и содержание новой теории программ вооружения. Раскрыта ее связь с теорией вооружения, детально определено содержание методологической составляющей.

На сучасному етапі розвитку військової науки в Україні, у тому числі і військово-технічної, важливими є теоретичні дослідження пошуку шляхів оптимізації наукових досліджень, удосконалення методології їх проведення і розвитку методів отримання нових знань. Науково-технічний прогрес веде не тільки до поліпшення якості озброєнь та їх властивостей, але і до ускладнення їх елементної бази, а отже, – до збільшення вартості. І хоча динаміка цього процесу не має постійного характеру внаслідок впливу різних чинників, але все ж простежується явна тенденція до прискорення. Це накладає свій відбиток, у першу чергу, на дослідження тактико-техніко-економічних показників (ГТЕП) озброєння та військової техніки (ОВТ) за критерієм “ефективність – вартість – час”, що лежать в основі воєнно-економічного аналізу при формуванні документів оборонного планування.

Зазначений напрям наукових досліджень, разом з деякими іншими, на даний час відповідає галузі науки, яку охоплює класична **теорія озброєння** – складова частина воєнної науки, що вивчає процеси розвитку і застосування засобів збройної боротьби та містить сукупність принципів, ідей і методів, на основі яких розробляються поточні і прогностичні рекомендації з розроблення, випробувань, виробництва, розгортання, бойового застосування, експлуатації, модернізації та ремонту ОВТ [1, 2].

Основним змістом теорії озброєння є розроблення і удосконалення методів та критеріїв, що дозволяють виявити причинно-наслідковий характер розвитку всього різноманіття засобів збройної боротьби, кількісно-якісні закономірності цього процесу та відпрацювати наукові рекомендації і пропозиції для практики військово-технічного будівництва [1].

У зв'язку з ускладненням озброєння обмеженість ресурсів¹ є основним фактором, який стримує зростання номенклатури і кількості озброєння. Тому під час оборонного планування необхідно оптимізувати не тільки окремі види озброєння, але й усю їх сукупність (систему озброєння) на якомога дальшу перспективу, абстрагуючись від родової та видової належності ОВТ. У результаті такого підходу різко скорочується дублювання розробок та розпорошення кваліфікованих наукових сил; підвищується оперативність, широта та ефективність реалізації досягнень науково-технічного прогресу; скорочується номенклатура зразків, складових частин та комплектуючих виробів, і, як кінцевий результат, скорочуються терміни розробок і вартість створення систем.

Зазначене відноситься до багатофакторних задач, вирішення яких є мистецтвом компромісу. Основним способом досягнення такого компромісу є впровадження людино-машинних процедур, що спираються на бази знань, банки даних, інформаційні моделі та інші засоби структурування необхідної інформації, тобто на те, що зараз називається експертними системами [2]. Це дозволяє впроваджувати формалізовані процедури в

¹ Поняття ресурсів у статті буде вживатися в широкому сенсі – це виробничі потужності, сировина, фінанси, трудові резерви, екологічні фактори і час.

процес оборонного планування та зменшувати ступінь суб'єктивізму під час прийняття рішень, а отже, зменшується ризик їх хибності та, відповідно, всіх негативних наслідків і втрат ресурсів.

Вирішення завдання створення середньострокової програми озброєння² за допомогою формально-математичного підходу дає лише напрям раціонального розвитку ОВТ, але не визначає всіх конкретних проблем, що виникають на практиці. І, тим не менш, будь-яка спроба строгого рішення задачі надає можливість обґрунтування строгих процедур, що можна вдосконалювати та передавати “у спадок”. Методи ж, вироблені на рутинній, емпіричній або евристичній основі, як правило, є особистим багажем авторів цих методів та, в основному, зникають або, в кращому випадку, не застосовуються відразу ж після переходу їх авторів “на іншу роботу” [2]. Тому створення банків даних для вирішення задач саме формування документів оборонного планування, а також розробка відповідних методів, що регулярно застосовуються і удосконалюються, визначає перспективність розгляду процесу наукового обґрунтування програм озброєння в рамках окремої теорії.

Багаторічний досвід наукових досліджень, що проводяться в Центральному науково-дослідному інституті озброєння та військової техніки Збройних Сил України (ЦНДІ ОВТ ЗС України), сформував галузь досліджень теорії програм озброєння як, певною мірою, субтеорії в межах теорії озброєння. Якщо проаналізувати зміст публікацій в цій галузі науки, узагальнюючими працями яких є монографії серії “Теорія озброєння” [3–7], то видно, що рамки деяких досліджень вже вийшли за межі класичної теорії озброєння, а певна частина досліджень була штучно (директивно) виведена до галузі відповідальності інших установ і організацій Збройних Сил та Міністерства оборони (МО) України (наприклад, історичний та мобілізаційний компоненти, дослідження тенденцій форм і способів застосування збройних сил, і ОВТ зокрема, розглядаються в наукових установах Генерального штабу як споживача продукції оборонного призначення). Питання довгострокового і, особливо, короткострокового планування розвитку ОВТ також де-факто виведені із сфери відповідальності ЦНДІ ОВТ ЗС України та, внаслідок цього, здебільшого формуються без належного наукового обґрунтування. Але формування середньострокових програм озброєння як найбільш складний, багатофакторний та наукомісткий процес у

² З погляду формальної логіки, формулювання “програма озброєння”, де “озброєння” виступає в ролі процесу, а не об'єкта, є більш коректним, ніж “програма розвитку озброєння”, в якому, виходячи з назви, повинен розглядатися лише процес створення ОВТ. Тобто у цьому випадку програма має містити лише заходи з розроблення ОВТ – виконання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (НДДКР). Застосування ж словосполучення “програма озброєння” говорить про процес озброєння військових формувань ЗС (або сил безпеки і оборони, у залежності від мети самої програми) озброєнням та військовою технікою. Також вірним було б формулювання “програма розвитку системи озброєння”. У цьому випадку теж мається на увазі і процес створення ОВТ, і процес оснащення озброєнням та військовою технікою певних військових формувань.

теорії озброєння з високим рівнем впливу факторів невизначеності є цілковитою прерогативою ЦНДІ ОВТ ЗС України. Цьому напрямку також приділено велику увагу в багатьох наукових працях в Україні, останніми та найбільш узагальнюючими з яких є [8–12].

Крім того, досвід реалізації довгострокових та середньострокових програм і планів останніх років, швидкоплинність змін у зовнішньополітичній обстановці, а також у технологіях створення ОВТ на тлі досягнень науково-технічних революцій світової фундаментальної науки в останні роки підтверджує неефективність довгострокових програм розвитку ОВТ та доцільність відмови від них на користь стратегічно-концептуальних документів. Це підтверджується з прийняттям нових Стратегії національної безпеки України [13], Концепції розвитку сектору безпеки і оборони України [14] та Стратегічного оборонного бюлетеня України [15]. Крім того, відповідно до Указу Президента України [16] прийнято рішення щодо розроблення довгострокових Основних напрямів розвитку ОВТ.

Зазначене створило передумови необхідності виокремлення з теорії озброєння процесу формування середньострокової програми та розглядати його в рамках окремої субтеорії – теорії програм озброєння. Однак на сьогоднішній день теорія програм озброєння ще не має чіткого опису власного змісту. У межах даної статті спробуємо окреслити основні положення нової теорії, визначити її місце у воєнній науці та зв'язок з теорією озброєння.

З урахуванням наведеного вище, визначення теорії програм озброєння можна сформулювати таким чином. **Теорія програм озброєння** – науковий напрям теорії озброєння, що вивчає процес планування розвитку ОВТ та об'єднує принципи, ідеї і методи, на основі яких проводиться наукове обґрунтування завдань і заходів середньострокових програм озброєння.

На рис. 1 показано напрям досліджень теорії програм озброєння в межах класичної теорії озброєння: вона розглядає лише середньострокове оборонне планування в галузі ОВТ.

Кожна теорія має свою історичну, методологічну і прикладну складові [2]. Залежно від галузі застосування теорії на перше місце виходить та чи інша складова. Так, для суспільних наук найбільш важливі їхні історичні та методологічні компоненти, для фізичних – методологічні та прикладні компоненти, для технічних – найбільш важлива прикладна складова.

Однією з важливих особливостей, на якій зупинимося нижче, є те, що, на відміну від різних теорій, які відносяться до техніки, теорія озброєння передбачає наявність протиборчої сторони, тобто суперника (суперників), що переслідує свої власні цілі.

Історичний компонент теорії озброєння містить опис історії виникнення окремих видів ОВТ, основних етапів їхнього створення і розвитку, прикладів вдалого і невдалого застосування різних видів зброї в бойових умовах тощо [2]. Відповідно, історичний компонент теорії програм озброєння має містити описи ретроспективи розвитку програмно-цільового планування (ПЦП),

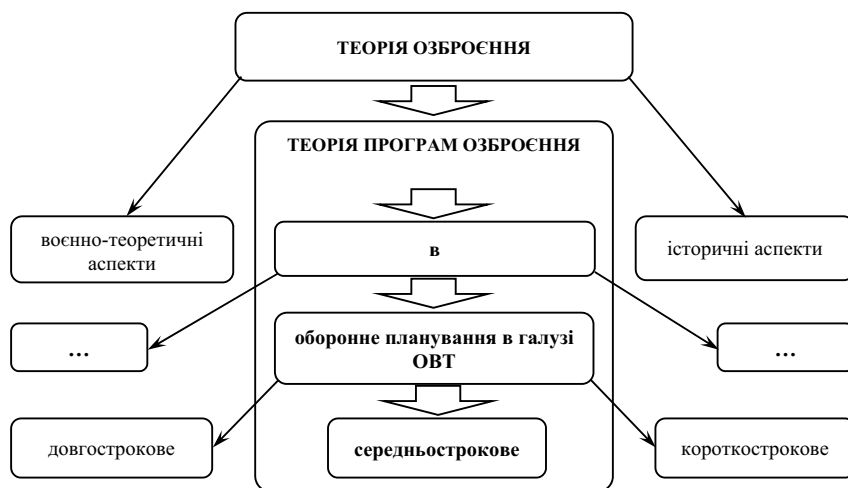


Рис. 1. Напрямок досліджень теорії програм озброєння в межах теорії озброєння

еволюції системи оборонного планування, а також еволюції організації процесу і методології проведення досліджень під час наукового обґрунтування програм озброєння (табл. 1).

Методологічна (ідейна) складова теорії озброєння крім загальних принципів побудови системи озброєння розкриває зв'язок розвитку озброєння із загальним ходом розвитку продуктивних сил суспільства, зі зміною способів формування ЗС і навчання особового складу, з розвитком міжнародних відносин та міжнародного права (див. табл. 1) [2]. Слід зазначити, що методологічна (ідейна) складова теорії озброєння починає займати все більш вагоме місце в цьому розділі військової науки і зникається з аналогічним компонентом теорії воєнного

містечтва, теорії навчання і виховання тощо. Методологічна складова теорії програм озброєння, відповідно, має поєднувати такі основні напрями, що повинні повністю охоплювати процес формування та науково-технічного супроводження (НТС) реалізації середньострокових програм озброєння.

Практична (прагматична) складова теорії озброєння розглядає дослідження проблем оптимізації потреб ЗС у ОВТ залежно від можливостей економіки та оборонної промисловості держави щодо розвитку ОВТ [2]. Цей напрям невід'ємно пов'язаний з плануванням і програмуванням розвитку ОВТ та оснащення ними військових формувань на довгострокову, середньострокову та короткострокову перспективи. Практична складова

Таблиця 1. Зміст складових теорії озброєння і теорії програм озброєння

Складові теорії	Теорія озброєння	Теорія програм озброєння
Історична	Опис історії виникнення окремих видів ОВТ	Опис ретроспективи розвитку ПЦП
	Опис основних етапів створення і розвитку ОВТ	Опис еволюції системи оборонного планування
	Опис прикладів вдалого та невдалого застосування різних видів ОВТ	Опис еволюції організації та методології формування програм озброєння
Методологічна (ідейна)	Загальні принципи побудови системи озброєння	Загальні принципи ПЦП розвитку ОВТ
	Зв'язок розвитку ОВТ із загальним ходом розвитку виробничих сил суспільства	Дослідження пріоритетів розвитку ОВТ та шляхів забезпечення ними військових формувань
	Зв'язок розвитку ОВТ із змінами способів формування ЗС та навчання особового складу	Зв'язок показників якості ОВТ з економічними показниками їх життєвого циклу (дослідження за критерієм “ефективність – вартість – час”)
	Зв'язок розвитку ОВТ з розвитком міжнародних відносин та міжнародного права	Дослідження динаміки виконання НДДКР та закупівлі ОВТ у програмному періоді
Практична (прагматична)	Оптимізація потреб у ОВТ залежно від науково-технологічних, економічних та фінансових можливостей	Обґрунтування структури та змісту інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття управлінських рішень
	Дослідження процесів розвитку ОВТ	



Рис. 2. Місце теорії озброєння і теорії програм озброєння у воєнній науці та їх зв'язок

теорії програм озброєння повинна містити в собі дослідження щодо обґрунтування структури та змісту інформаційно-аналітичних (розрахункових) систем (ІАС) підтримки прийняття управлінських рішень під час планування розвитку ОВТ на середньострокову перспективу.

Таким чином, взаємозв'язок теорії озброєння і теорії програм озброєння, який характеризує їх місце у військовій науці, можна описати так (рис. 2):

1. Теорія озброєння вивчає історію розвитку засобів збройної боротьби і аналізує взаємний вплив їх розвитку та способів бойового застосування. У межах цього напрямку теорія програм озброєння розглядає лише еволюцію та розвиток методології і методичного забезпечення ПЦП розвитку ОВТ.

2. Теорія озброєння оцінює можливості застосування у військовій сфері досягнень фундаментальних і

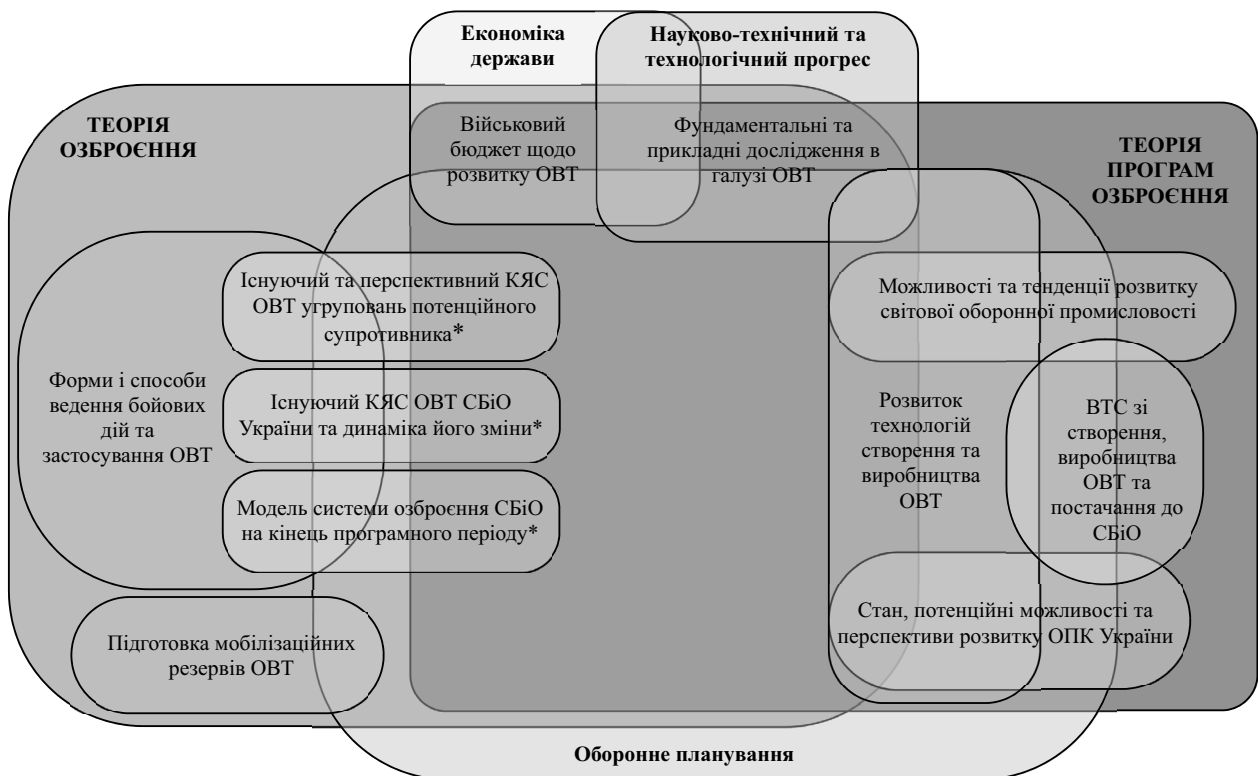


Рис. 3. Релевантні об'єкти, що досліджуються теорією озброєння та теорією програм озброєння в розрізі процесу оборонного планування

прикладних наук. А теорія програм озброєння як практична реалізація наукових досягнень у сфері ОВТ оцінює технологічні та виробничі можливості підприємств ОПК щодо створення та виробництва ОВТ для потреб ЗС (сил безпеки і оборони (СБіО)) України.

3. Теорія озброєння оцінює перспективи розвитку окремих видів озброєння і необхідність створення інфраструктури, що сприяє найбільш ефективному їх застосуванню. У межах цього напряму теорія програм озброєння досліджує ретроспективу та прогноз динаміки еволюційних та революційних змін показників якості ОВТ за призначенням, а також вивчає основні етапи створення ОВТ у межах формування та супроводження реалізації програм озброєння.

4. Теорія озброєння гармонізує потреби держави в озброєнні з її науково-технологічними, економічними та фінансовими можливостями, тобто в міру своїх можливостей управляє процесом розвитку озброєння. Теорія програм озброєння досліджує оптимальний баланс між потребою в ОВТ та економічними можливостями держави.

З погляду інформатики будь-яка теорія є певною системою знань. Будь-яке знання, як відомо, є переліком релевантних об'єктів із вказанням семантичних відносин, що існують між цими об'єктами. До числа релевантних об'єктів, що розглядаються в класичній теорії озброєння, можна віднести такі [2]: бойові та інші завдання, що стоять перед ЗС та МО; техніка, що дозволяє виконувати ці завдання, та її комплектуючі елементи; історія появи та розвитку цієї техніки; перспективи розвитку цієї техніки; науково-дослідні та дослідно-конструкторські організації, що забезпечують обґрунтування і розробку ОВТ; заводи-виробники нової техніки; опис процедур замовлення (розробка і закупівля) нової техніки (на вербальному рівні); сценарії і моделі бойових дій; формальні процедури розподілу ресурсів (фінансових, виробничих тощо).

Якщо зазначені релевантні об'єкти класичної теорії озброєння інтерпретувати в показники, що характеризують певні множини вихідних даних процесу оборонного планування, з метою їх співставлення з практичною спрямованістю теорії програм озброєння, то є можливість виявити основні релевантні об'єкти процесу оборонного планування з погляду їх належності до теорії озброєння і теорії програм озброєння у виді діаграм Венна (рис. 3).

Об'єктами, що в однаковому обсязі вивчаються як теорією озброєння, так і теорією програм озброєння в площині оборонного планування, є (рис. 3):

військовий бюджет України щодо розвитку ОВТ як частина бюджету Міністерства оборони та показник економічних можливостей держави;

перелік та спрямованість фундаментальних та прикладних досліджень в галузі ОВТ, що виконуються в Україні (в інститутах Національної академії наук України, науково-дослідних установах та конструкторських бюро підприємств оборонної промисловості) як показник рівня науково-технічного та технологічного прогресу;

кількісні та якісні показники ОВТ, що в теорії озброєння є результатом досліджень, а в теорії програм озброєння – вихідними даними:

існуючий та перспективний кількісно-якісний склад (КЯС) (типаж за номенклатурою та кількісний склад) ОВТ угруповань потенціального супротивника;

існуючий КЯС ОВТ СБіО України та динаміка його зміни в середньостроковій перспективі за рахунок фізичного і морального старіння;

модель системи озброєння СБіО (КЯС ОВТ) на кінець програмного періоду.

До об'єктів теорії озброєння, що лише опосередковано досліджуються в рамках теорії програм озброєння, відносяться форми і способи ведення бойових дій та застосування ОВТ, а також підготовка мобілізаційних резервів ОВТ (рис. 3). Зазначені напрями досліджень в Україні відносять до воєнно-теоретичних, їх результатом є директивні рішення керівництва Генерального штабу ЗС України щодо сценаріїв можливих воєнних конфліктів, у які може бути втягнута Україна.

Останнє дозволяє обґрунтувати перспективну модель ЗС (СБіО) України, що передбачає потрібну структуру, кількість та призначення типових з'єднань, частин та підрозділів, у тому числі КЯС ОВТ, які вони повинні мати на озброєнні.

Тобто вплив зазначених релевантних об'єктів на процес оборонного планування здійснюється шляхом врахування визначених директивно кількісно-якісних показників ОВТ (моделі системи озброєння) моделі СБіО держави на кінець періоду планування. Теорія програм озброєння використовує зазначені показники як вихідні дані під час обґрунтування завдань і заходів чергової середньострокової програми.

Блок релевантних об'єктів, що характеризує оборонну промисловість, повністю розглядається теорією програм озброєння та лише частково – класичною теорією озброєння. Основними елементами цього блоку є:

можливості та тенденції розвитку світової оборонної промисловості;

стан, потенційні можливості та перспективи розвитку ОПК України.

Теорія озброєння вивчає оборонну промисловість, по-перше, як таку, без поділу на світову і вітчизняну, та, по-друге, в основному, з погляду технологічних можливостей з виробництва озброєння (як існуючих, так і потенційних). Це має, перш за все, історичні корені, оскільки зародження теорії відбувалося за часів Радянського Союзу, коли існував замкнений цикл виробництва всієї номенклатури озброєнь. З цих же причин не розглядалися питання військово-технічного співробітництва (ВТС) із зарубіжними країнами щодо виконання спільних розробок та серійного виробництва окремих зразків ОВТ, а також закупівлі техніки, яка не випускається (і не планується в майбутньому) на вітчизняних підприємствах.

У теорії програм озброєння, яка має прикладний характер у порівнянні з теорією озброєння та досліджує процес оборонного планування розвитку ОВТ, оборонна промисловість повинна розглядатися, у першу чергу, з погляду її потенційної можливості забезпечення військових формувань країни озброєнням з визначеними властивостями в потрібній кількості на

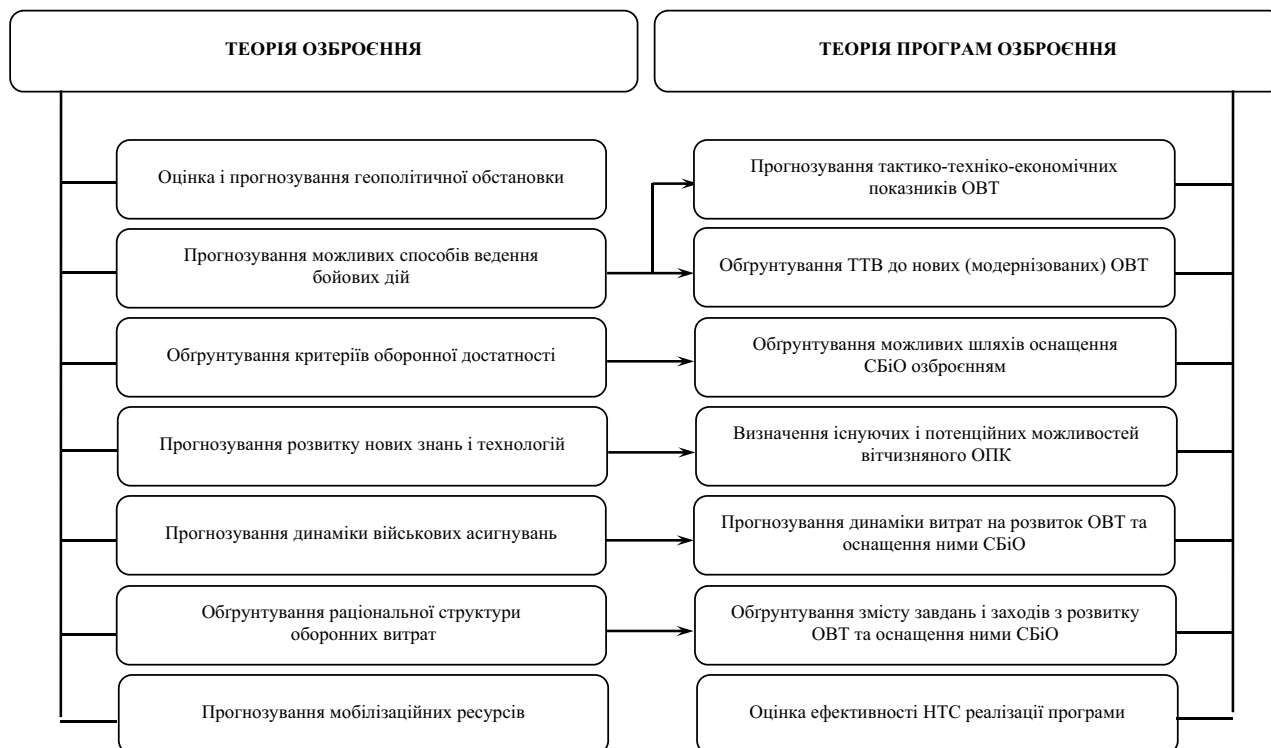


Рис. 4. Основні завдання щодо планування розвитку ОВТ теорії програм озброєння у порівнянні з теорією озброєння

середньострокову перспективу. Враховуючи апріорну неможливість 100% задоволення потреб ЗС (СБіО) України за рахунок вітчизняних підприємств розробників та виробників ОВТ, та значні фінансові обмеження держави щодо розгортання власного виробництва, теорія програм озброєння поєднує та включає методи і моделі, що відповідають за визначення оптимальних шляхів оснащення СБіО ОВТ з урахуванням ВТС з іноземними країнами.

Розвиток технологій створення та виробництва ОВТ має тісний зв'язок з усіма релевантними об'єктами оборонної промисловості. Він є ланцюгом, що забезпечує трансфер та пов'яже результати фундаментальних і прикладних досліджень у галузі ОВТ з блоком об'єктів оборонної промисловості. Обрис релевантних об'єктів дозволяє сформулювати основні завдання теорії програм озброєння. Їх спадковість та відмінність від завдань теорії озброєння показані на рис. 4.

Аналіз основних завдань теорії озброєння щодо планування розвитку ОВТ виявив, що два з них не мають прямого впливу на дослідження, які проводяться в рамках теорії програм озброєння – це оцінка і прогнозування геополітичної обстановки та прогнозування мобілізаційних ресурсів (рис. 4). Як вже було зазначено раніше (див. рис. 3), результати таких воєнно-теоретичних досліджень розглядаються в теорії програм озброєння лише як директивні вихідні дані, що визначають модель системи озброєння СБіО України на кінець програмного періоду.

Отже, перелік основних завдань теорії програм озброєння під час процесу планування розвитку ОВТ та оснащення ними військових формувань може бути таким (рис. 4):

1. *Прогнозування тактико-техніко-економічних показників (ТТЕП) ОВТ є частиною завдання теорії озброєння щодо прогнозування можливих способів ведення військовими формуваннями України бойових дій.*

2. *Обґрунтування ТТВ до нових (модернізованих) ОВТ.* Також обґрунтовується, виходячи з результатів прогнозування можливих способів ведення бойових дій.

3. *Обґрунтування можливих шляхів оснащення СБіО озброєнням.* Досліджується з використанням критеріїв оборонної достатності, що обґрунтовуються в теорії озброєння.

4. *Визначення існуючих і потенційних можливостей вітчизняного ОПК.* Вирішується як частковий випадок прогнозування розвитку нових знань і технологій за результатами всебічного аналізу виробничо-технологічної бази та кадрового потенціалу оборонної промисловості України.

5. *Прогнозування динаміки витрат на розвиток ОВТ та оснащення ними СБіО є частиною прогнозування динаміки загальних витрат на СБіО, але деталізує їх за рахунок проведення окремих досліджень, що мають власні статистичні показники.*

6. *Обґрунтування змісту завдань і заходів з розвитку ОВТ та оснащення ними СБіО – головне, найбільш складне та трудомістке завдання теорії програм озброєння, що полягає в тактико-техніко-економічному обґрунтуванні (ТТЕО) кількісних і якісних показників програми в межах наданих асигнувань. До кількісних показників відносяться як кількість ОВТ, що щорічно заплановані до закупівлі, так і обсяги витрат на ці заходи та заходи з розробки нових або модернізованих зразків. Якісними показниками програми виступають номенклатура (типаж)*

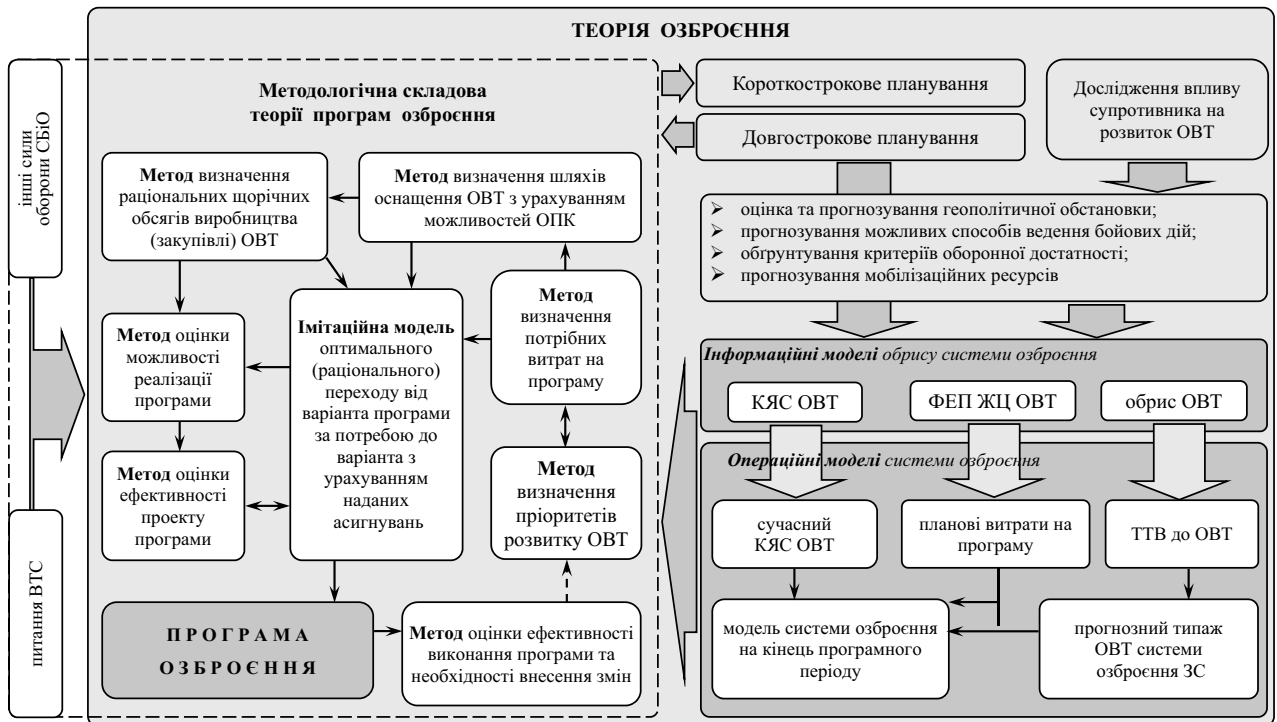


Рис. 5. Зміст методологічної складової теорії програм озброєння та її зв'язок із завданнями теорії озброєння

ОВТ у модифікаціях, бойові та інші властивості яких задовольняють відповідні вимоги.

7. *Оцінка ефективності НТС реалізації програми.* Дослідження, що відображають зворотній зв'язок у динамічному процесі реалізації програми та відповідають за дотримання принципу ПЦП щодо "ковзання програми в часі".

Вирішення перелічених вище задач теорією програм озброєння досягається шляхом використання методології досліджень щодо наукового обґрунтування заходів програм озброєння із застосуванням відповідних методів і моделей. На рис. 5 наведена структура такої методології, а також причинно-наслідковий зв'язок досліджень теорії програм озброєння з напрямками, що розглядаються виключно в теорії озброєння.

Якщо розглядати узагальнено описані вище відмінності двох теорій у сфері досліджень, то теорія програм озброєння додатково розглядає питання ВТС та інші, окрім ЗС, сили оборони СБіО, теорія озброєння – довгострокове і короткострокове планування, а також дослідження впливу супротивника на розвиток ОВТ.

Дослідження впливу супротивника на розвиток ОВТ частково або повністю враховуються в таких основних завданнях теорії озброєння (рис. 5):

- оцінка та прогнозування геополітичної обстановки;
- прогнозування можливих способів ведення бойових дій;
- обґрунтування критеріїв оборонної достатності;
- прогнозування мобілізаційних ресурсів.

Результати досліджень за цими напрямками відображають стан зовнішньополітичної обстановки навколо України та існуючі або потенційні воєнні загрози. Вони є вихідними даними при формуванні

стратегічно-концептуальних документів оборонного характеру та довгострокових програм і планів розвитку економіки держави, оборонної промисловості та СБіО зокрема. Їх використанню в теорії програм озброєння в аспекті розвитку системи озброєння (СО) СБіО передують формалізація до виду **інформаційних моделей** обрису СО за такими групами показників (рис. 5):

1. *Існуючий КЯС ОВТ системи озброєння ЗС та СБіО в цілому.* До них відноситься номенклатура (типаж) та кількість зразків (комплексів, систем) ОВТ, ракет і боеприпасів, що знаходяться на озброєнні військових формувань, основні показники їх властивостей (ТТХ) разом з відповідними показниками ОВТ, що знаходяться на озброєнні можливого супротивника, провідних країн світу та суміжних з Україною держав (показники морального старіння).

Крім того, узагальнюються показники фізичного стану і боеготовності ОВТ та вогневих засобів, що знаходяться в бойовому складі військових формувань, а також на базах, арсеналах і складах.

2. *Фінансово-економічні показники (ФЕП) життєвого циклу (ЖЦ) ОВТ.* Ця модель узагальнює дані, в першу чергу, щодо прогнозу таких вартісних показників:

- закупівлі зразків (комплексів, систем) ОВТ, що спроможна виробляти вітчизняна оборонна промисловість, та відповідних аналогів закордонних виробників;
- виконання основних етапів створення нових або модернізованих зразків ОВТ для потреб СБіО;

етапу експлуатації зразків (комплексів, систем) ОВТ з урахуванням їхнього призначення та цінової політики та умов заводу-виробника щодо супроводу і обслуговування на цьому етапі;

динаміки зміни зазначених вище показників у програмному періоді у виді прогнозованих даних з урахуванням можливого впливу економічних та політичних факторів зовнішнього і внутрішнього характеру.

3. *Перспективний обрис основних типів ОВТ та СО СБіО в цілому на кінець програмного періоду (модель СО)* є узагальненим результатом аналізу зовнішніх загроз у військовій сфері. Він відповідає на питання щодо необхідного КЯС майбутніх ОВТ України та СО її СБіО на кінець програмного періоду.

Інформаційні моделі є основою для побудови **операційних моделей СО**, що дозволяють отримати кількісні вимоги щодо ТТЕП основних заходів перспективної моделі СО, в тому числі (див. рис. 5):

прогнозний типаж ОВТ СО СБіО, що відповідають перспективним ТТВ до них;

необхідний орієнтовний КЯС ОВТ майбутніх військових формувань;

необхідний орієнтовний та можливий прогнозний рівень державного фінансування заходів середньострокової програми з урахуванням результатів попередніх прогнозів щодо ФЕП ЖЦ можливих альтернативних варіантів забезпечення потреб СБіО в ОВТ.

Методологічна складова теорії програм озброєння містить у собі методи і моделі, що виступають у ролі формалізованого інструменту досліджень під час наукового обґрунтування завдань і заходів проекту середньострокової програми озброєння (див. рис. 5). Методи методологічної складової теорії програм озброєння охоплюють вирішення основних наукових задач процесу формування і НТС реалізації програми та надають відповіді на питання:

які номенклатура і типаж ОВТ та в якій кількості необхідно включити до заходів програми (яка існує потреба в оновленні парків ОВТ СО СБіО);

які джерела надходження ОВТ до СО СБіО є найбільш привабливими та оптимальними з погляду дотримання балансу між потрібними ОСВ, ОТВ і ТТВ до конкретних зразків (комплексів, систем) ОВТ та їх економічними показниками впродовж всього ЖЦ;

яким чином розподілити заходи програми за роками, щоб отримати найбільшу ефективність від її реалізації;

як відстежувати ефективність програми під час її реалізації, за яких умов необхідно приймати рішення щодо її коригування.

Тому, основними елементами методологічної складової теорії програм озброєння повинен бути такий комплекс методів і моделей (рис. 5):

1. Метод визначення потрібних витрат на програму.
2. Метод визначення пріоритетів розвитку ОВТ.
3. Метод визначення шляхів оснащення ОВТ з урахуванням можливостей ОПК.
4. Метод визначення раціональних щорічних обсягів виробництва (закупівлі) ОВТ.
5. Метод оцінки можливості реалізації програми.
6. Метод оцінки ефективності проекту програми.
7. Імітаційна модель оптимального (раціонального) переходу від варіанта програми за потребою до варіанта з урахуванням наданих асигнувань.

8. Метод оцінки ефективності виконання програми та необхідності внесення змін. Це – єдиний метод, що працює на етапі НТС ДЦОПР ОВТ та забезпечує зворотний зв'язок у процесі НТС реалізації програми для дотримання принципу ПЦП щодо “ковання програми в часі”. Його застосуванням досягається цілісність і системність динаміки досліджень у часі та підтримується циклічний характер планування.

Наведений у статті опис нової теорії програм озброєння – це лише перша спроба окреслення галузі військової науки, що поєднує в рамках окремої теорії дослідження процесу обґрунтування середньострокових програм озброєння в Україні. У подальшому є можливість більшої деталізації положень, їх уточнення та доповнення.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Война и мир в терминах и определениях : военно-политический словарь / Д. О. Рогозин, А. А. Данилевич, Д. В. Лоскутов [и др.]; под ред. Д. О. Рогозина. М. : Вече, 2011. 640 с.
2. Буренко В. М., Ляпунов В. М., Мудров В. И. Теория вооружения : учеб. пособие. М. : 2002. 158 с.
3. Теория озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Т. 1. Военно-технічні аспекти военной безпеки держави : моногр. / І. Б. Чепков, В. В. Зубарев, В. О. Смірнов [та ін.]. К. : ВД Дмитра Бурого, 2014. 432 с.
4. Теория озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Т. 2. Військово-технічне співробітництво в системі забезпечення воєнної безпеки держави : моногр. / І. Б. Чепков, В. В. Зубарев, В. О. Смірнов [та ін.]. К. : ВД Дмитра Бурого, 2015. 404 с.
5. Теория озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Т. 3. Військові системи дистанційного моніторингу навколишнього простору щодо рухомих об'єктів: методологічні аспекти обґрунтування вимог : моногр. / П. М. Сніцаренко, С. В. Лапицький [та ін.]. – К.: ВД Дмитра Бурого, 2016. 480 с.
6. Теория озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Т. 4. Военно-технічна політика провідних країн світу : моногр. / І. Б. Чепков, В. В. Зубарев, В. О. Смірнов [та ін.]. К. : ВД Дмитра Бурого, 2016. – 388 с.
7. Теория озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Т. 5. Военно-технічна політика України: формування, стан та шляхи удосконалення : моногр. / І. Б. Чепков, В. В. Зубарев, В. О. Смірнов [та ін.]. – К.: Видавничий дім Дмитра Бурого, 2017. – 408 с.
8. Системно-концептуальные основы методологии военно-научных исследований и решения прикладных военно-технических проблем. Кн. 1 : моногр. / Б. А. Демидов, С. Н. Остапенко, М. И. Луханин [и др.]. Тверь : ЗНПАО. Отделение ПВЭиФ, 2014. 676 с.
9. Системно-концептуальные основы методологии военно-научных исследований и решения

- прикладних воєнно-технічних проблем. Кн. 2 : моногр. / Б. А. Демидов, С. Н. Остапенко, М. И. Луханин [и др.]. Тверь : ЗНПАО. Отделение ПВЭиФ, 2014. 688 с.
10. Системно-концептуальные основы методологии воєнно-научных исследований и решения прикладных воєнно-технічних проблем. Кн. 3 : моногр. / Б. А. Демидов, С. Н. Остапенко, М. И. Луханин [и др.]. Тверь : ЗНПАО. Отделение ПВЭиФ, 2014. 560 с.
11. Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и воєнной техники : учеб. пособие. В 3-х кн. Кн. 2 / Б. А. Демидов, М. М. Митрахович, М. И. Луханин, [и др.] ; под ред. Б. А. Демидова. Харьков : ХВУ, 1997. 472 с.
12. Системная методология планирования развития, предпроектных исследований и внешнего проектирования вооружения и воєнной техники : моногр. / Б. А. Демидов, М. И. Луханин, А. Ф. Величко [и др.] ; под ред. Б. А. Демидова. К. : СтилоС, 2011. 464 с.
13. Стратегія національної безпеки України : Указ Президента України від 26.05.2015 № 287/2015. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/287/2015>.
14. Концепція розвитку сектору безпеки і оборони України. Указ Президента України від 14.03.2016 № 92/2016. URL: <http://www.zakon3.rada.gov.ua/laws/show/92/2016>.
15. Стратегічний оборонний бюлетень України. Указ Президента України від 06.06.2016 № 240/2016. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/240/2016/para10#n10>.
16. Рішення Ради безпеки і оборони України від 20 травня 2016 року “Про заходи з розвитку ОПК України”. Введено в дію Указом Президента України від 02.08.2016 № 323/2016. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/n0009525-16/para2#n2>.

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

УДК 623.486

А. Л. МАЙСТРЕНКО, член-кореспондент НАНУ,
доктор технічних наук, професор,

В. І. КУЩ, доктор фізико-математичних наук,

В. Г. КУЛИЧ, кандидат технічних наук

(Інститут надтвердих матеріалів
ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ),

О. В. НЕШПОР, кандидат технічних наук,

(Інститут проблем матеріалознавства
ім. І. М. Францевича НАН України, м. Київ),

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

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

Підвищення захисту бойових броньованих машин від ураження 12,7-мм кулями Б-32

Надані результати числового моделювання процесу пробиття захисних керамічних елементів з різною конструкцією. Розроблені конструкції двох типів, що були виготовлені й пройшли натурні балістичні випробування 12,7-мм кулями Б-32: блок з керамічними циліндричними елементами типу «сфера-сфера» на полімерній зв'язці та мозаїчний блок, який складається з плоских керамічних елементів. Балістичні випробування підтвердили ефективність розроблених захисних керамічних елементів для захисту бойових броньованих машин від 12,7-мм куль Б-32.

Представлены результаты численного моделирования процесса пробития защитных керамических элементов различной конструкции. Разработаны конструкции двух типов, которые были изготовлены и прошли натурные баллистические испытания 12,7-мм пулями Б-32: блок с керамическими цилиндрическими элементами типа «сфера-сфера» на полимерной связке и мозаичный блок, состоящий из плоских керамических элементов. Баллистические испытания подтвердили эффективность разработанных защитных керамических элементов для защиты боевых бронированных машин от 12,7-мм пуль Б-32.

Аналіз проведення антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей показує, що одним з головних напрямів підвищення захищеності вітчизняних бойових броньованих машин (ББМ) є забезпечення їхнього захисту від ураження кулями стрілецької зброї калібру 12,7 мм та 14,5 мм. Бойові машини піхоти (БМП) та бронетранспортери (БТР), що знаходяться сьогодні на озброєнні Збройних Сил України, були створені в 60–70-х роках минулого століття для ведення глибоких наступальних фронтових та армійських операцій на всій території Європи в умовах застосування зброї масового ураження і забезпечують захист від 12,7-мм куль Б-32 тільки у фронтальній проекції. Недостатній рівень балістичного та протимінного захисту БМП та БТР ускладнює виконання ними бойових задач під час безпосереднього зіткнення (вогневого контакту) з противником, зокрема, перевезення особового складу – головної бойової задачі, що лежить в основі концепції їх створення [1]. Підтвердженням цього є 35-річний досвід бойових дій, починаючи з Афганістану і закінчуючи антитерористичною операцією на сході України, при яких особовий склад, як правило, перевозиться «на броні».

Проведені експертні опитування показують, що головними загрозами для ББМ є можливість підризу їх на протитанкових мінах та саморобних вибухових пристроях, ураження гранатами ручних протитанкових гранатометів та кулями стрілецької зброї калібрів більше 7,62 мм (рис. 1) [2, 3]. Як наслідок, з визначених експертами вимог до ББМ на перспективу до 2023 року критичним є формування та виконання вимог зі стійкості до ураження кулями стрілецької зброї калібрів більше 7,62 мм.

На сьогодні увага приділяється дослідженням з підвищення протимінного захисту [4, 5], однак дослідженням балістичного захисту за рахунок використання керамічних захисних елементів (ЗКЕ) вітчизняними дослідниками приділено мало уваги. У роботах [6, 7] розглянуто можливість підвищення балістичної захищеності ББМ за рахунок виконання рознесених перешкод. Однак такий підхід інколи є неможливим при модернізації існуючих вітчизняних зразків ББМ або при наявності конструктивних обмежень.

Дослідження останнього десятиріччя провідних матеріалознавчих центрів світу показують, що конструкції, які складаються з шарів кераміки та полімерних композитів, є перспективними для використання в

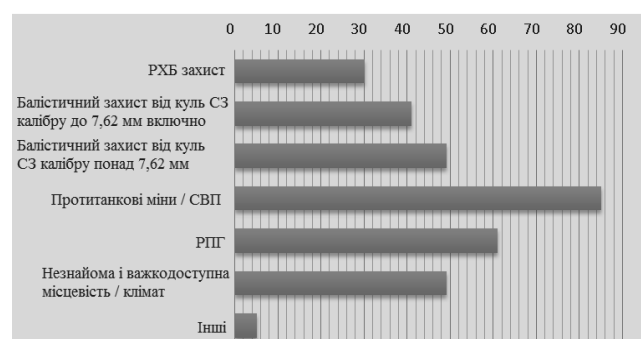


Рис. 1. Загрози для ББМ, що визначені експертним опитуванням (вказані за 100-бальною шкалою)

засобах захисту від дії високоенергетичних динамічних навантажень. Розробка таких кераміко-композиційних матеріалів надає можливість використовувати механічні властивості різних за природою складових, у яких діють механізми трансформації кінетичної енергії кулі, що створюють умови для дисипації енергії ударних навантажень. Відтак матеріал для захисту від куль повинен мати більш високі дисипативні властивості як керамічних, так і композиційних полімерних шарів. Для кераміки, зокрема, на основі реакційноспеченого карбиду кремнію, найбільш енергоємними механізмами є утворення нових поверхонь у керамічному шарі при фрагментуванні його на дисперсні частинки й осколки різних розмірів та забезпечення умов пластичного деформування броневійного осердя кулі, а для полімерних композиційних підпорів – дисипація енергії, що залишається після руйнування кераміки і йде за механізмами деформування та руйнування високоміцних армуючих волокон, а також порушення зв'язків на межі зв'язка – волокно. З метою найкращої реалізації властивостей як керамічних складових, так і полімерних композиційних матеріалів, що входять до складу балістичних комбінованих перешкод, і прогнозування їх опору в умовах динамічних навантажень останнім часом усе більша увага приділяється дослідженню особливостей та механізмів руйнування шаруватих комбінованих матеріалів та їх взаємного впливу на результуючий балістичний захист від дії куль з кінетичною енергією, більшою за 15 кДж. Створення комбінованих кераміко-композиційних матеріалів, що здатні ефективно протистояти дії броневійних куль з великою кінетичною енергією, є надзвичайно актуальною науковою та практичною задачею.

Метою статті є висвітлення основних результатів досліджень з підвищення балістичного захисту ББМ за рахунок встановлення дискретних керамічних елементів.

Проаналізуємо процес пробивання кераміко-композиційної броні, зокрема, кулями Б-32 калібру 12,7 мм. Блок складається з двох шарів постійної товщини. Призначення лицьового керамічного шару з високою твердістю полягає в максимальному пластичному деформуванні й руйнуванні сталевого осердя кулі, а роль підпору – адсорбція залишкової кінетичної енергії осердя і фрагментів зруйнованої кераміки. Така перешкода має повністю поглинати кінетичну енергію кулі і таким чином захищати корпус ББМ від пробиття.

Для кераміки, з огляду на її малу тріщиностійкість, по суті єдиним способом локалізації пошкодження є її дискретне виконання. У цьому дослідженні розглядаються два типи дискретних елементів, а саме: плитки і циліндри (зі сферичними або конічними торцями). Конструкція зі сталевим підпором може розглядатись як один з варіантів додаткової броні, коли керамічні плитки наклеєні безпосередньо на корпус ББМ. Розглянемо деякі варіанти конструкції таких блоків.

Блок з дискретними керамічними плитками. Як уже було відзначено вище, здатність ЗКЕ витримувати багаторазові влучення може бути забезпечена формуванням його з окремих дискретних елементів, зокрема керамічних плиток квадратної, шестигранної чи іншої форми. З огляду на крихкість, керамічний шар сам по собі не є надійним протикульним захистом. Належна реалізація захисного потенціалу кераміки відбувається лише при наявності достатньо жорсткого підпору, і це має бути враховано при виборі конструкції блока ЗКЕ. Для ілюстрації сказаного розглянемо дві конструкції. У

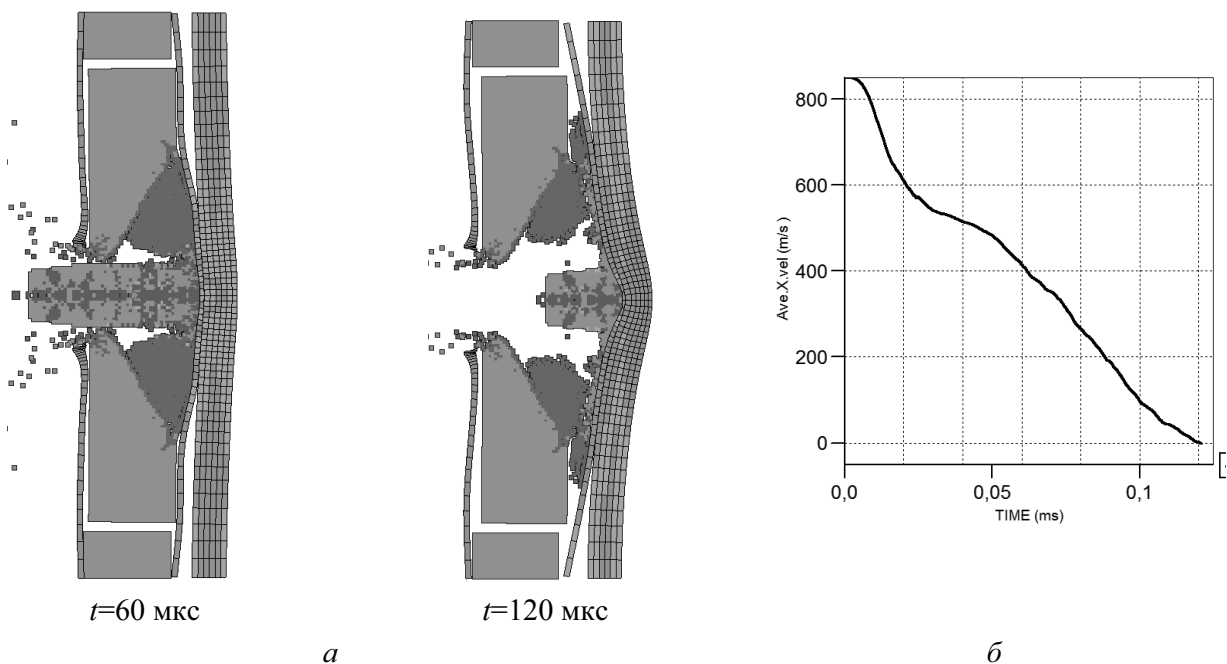


Рис. 1. Результати моделювання процесу взаємодії броневійного осердя 12,7-мм кулі Б-32 з ЗКЕ (товщина керамічних елементів 15 мм), який розташований безпосередньо на сталевому корпусі ББМ (а), та графік зміни швидкості осердя кулі в залежності від часу (б)

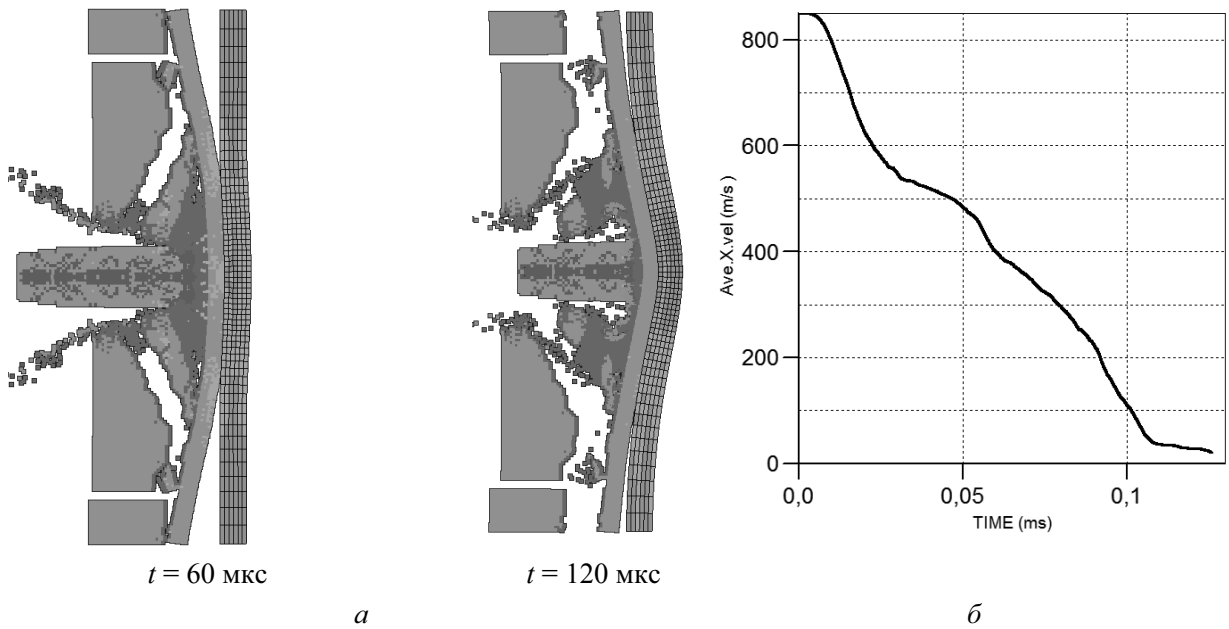


Рис. 2. Результати моделювання процесу взаємодії сталевго осердя 12,7-мм кулі Б-32 із ЗКЕ (керамічна плитка в блоці з титановим підпором), встановленого на корпусі ББМ із зазором (а), та графік залежності швидкості осердя кулі від часу (б)

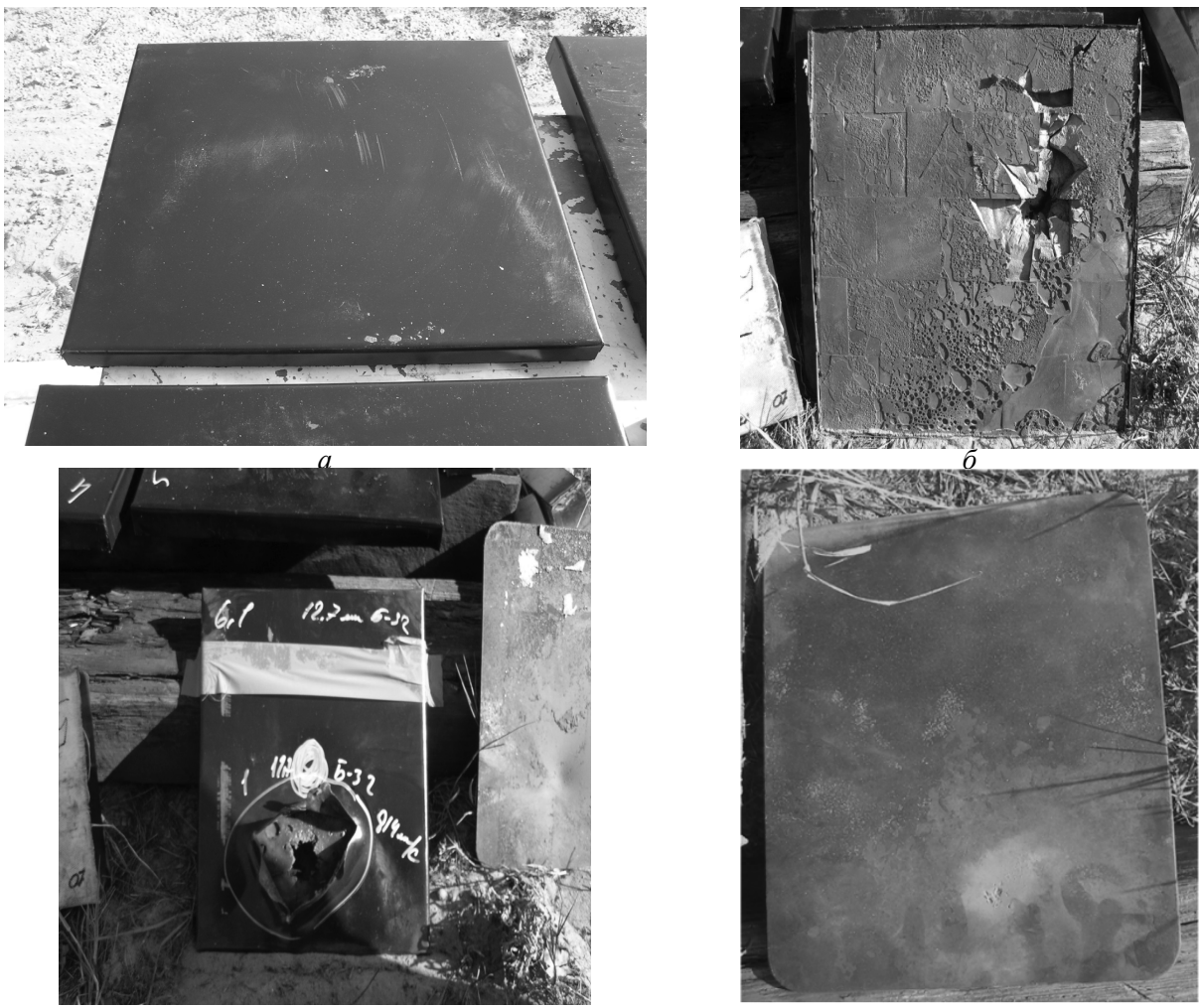
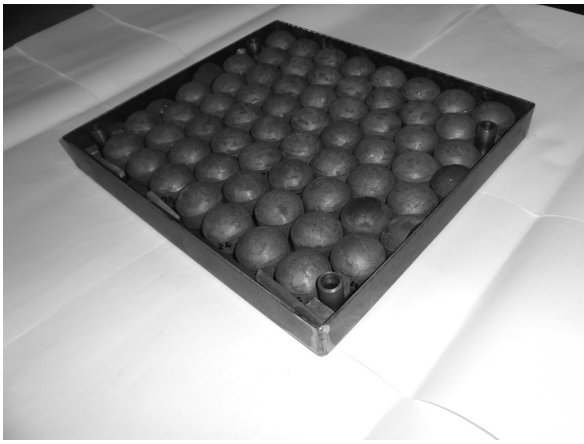
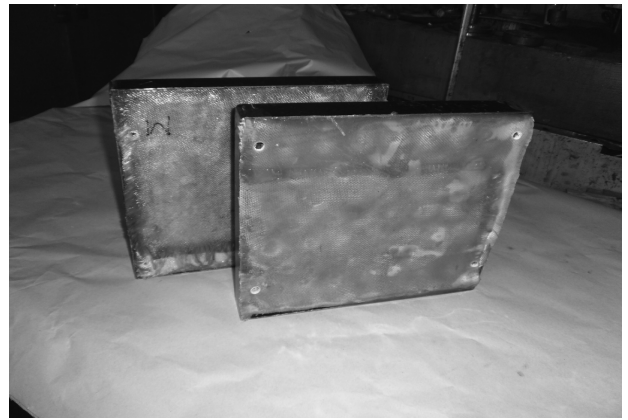


Рис. 3. ЗКЕ з дискретними керамічними плитками:

а – загальний вигляд ЗКЕ розмірами 400×400 мм, спорядженого керамічними плитками на сталевому корпусі ББМ перед випробуваннями, б – тильна сторона ЗКЕ після пробиття 12,7-мм кулею Б-32, в – результати влучання в ЗКЕ з керамічними плитками та відбиток післядії кулі на поверхні макета корпусу ББМ



а



б

Рис. 4. Загальний вигляд ЗКЕ (габаритні розміри 241×272 мм) з дискретними керамічними елементами на стадії складання (а) та готових ЗКЕ, залитих олію-гумою (б)

першому випадку конструкція являє собою шар окремих керамічних плиток у сталевій упаковці завтовшки 15 мм. Результати моделювання зображено на рис. 1. Як показують розрахунки, до моменту часу 30 мкс відбувається формування конічної тріщини та руйнування кераміки в її межах та інтенсивне зношування осердя кулі. За цей час швидкість кулі зменшується від 850 до 550 м/с. У наступні 20–25 мкс частково зруйноване осердя проходить шар подрібненої кераміки з відносно незначною втратою швидкості, після чого вступає в контакт з корпусом ББМ, причому бронесталь товщиною 6 мм витримує удар, хоча і локально деформується (рис. 1). Другий варіант конструкції являє собою шар окремих керамічних плиток але наклеєних на пластину (підпор) з титанового сплаву Ti+6% Al+4% завтовшки 3 мм (рис. 2). Як видно з рис. 2, у цьому випадку не пробито навіть титановий підпор. Зазначимо, що при виконанні цих розрахунків було свідомо залишено певну відстань між основною і додатковою бронею. У міру зменшення цієї відстані час до контакту підпору з основною бронею зменшується, натомість збільшується площа контакту, після чого осердя кулі вступає в контакт зі сталевим корпусом ББМ. Руйнування оживала, втрата більшої частини маси осердя і значне його пошкодження є причиною більш рівномірного розподілу навантаження. Ці умови є сприятливими з погляду підвищення захисних властивостей ЗКЕ.

Така конструкція ЗКЕ є відносно простою у виготовленні, достатньо надійною і має низьку собівартість. Однак після ураження вона вже не підлягає відновленню через те, що конструкція такого ЗКЕ нероз'ємна, а зруйновані керамічні елементи знаходяться всередині завареного сталевго корпуса, відновлення якого в польових умовах досить проблематичне (рис. 3). Тому було прийняте рішення для виконання умови ремонтпридатності ЗКЕ в польових умовах зупинись на його конструкції з дискретними елементами у вигляді циліндрів зі сферичними або конічними торцевими поверхнями.

ЗКЕ з керамічними циліндричними елементами. Інший підхід до створення ЗКЕ базується на тому, що навіть невеликий, в кілька градусів кут між напрямком

руху і віссю обертання бронебійної кулі суттєво знижує її пробивну здатність і, як правило, призводить до руйнування осердя [8]. Вказаний ефект використано у ЗКЕ, форма керамічних елементів якого вибрана в спосіб, який практично унеможливує нормальну (осьову) взаємодію їх з кулею, а отже може підвищити ефективність захисту (рис. 4).

Значними проблемами підвищення ефективності таких ЗКЕ є обґрунтування раціонального вибору матеріалів, форми та розмірів дискретних керамічних елементів, дослідження механізму взаємодії кулі із ЗКЕ, що пов'язано зі складністю проблеми, числовий аналіз якої вимагає розгляду скінченно-елементних моделей складної геометрії та, як наслідок, потужної обчислювальної техніки. До того ж розмаїття варіантів взаємодії ударника з перешкодою значно ускладнює пошук закономірностей поведінки таких виробів та оцінку їх балістичних властивостей.

У роботі виконано числовий аналіз взаємодії ударника з одиничним елементом циліндричної форми з опуклою формою (сферичною та конічною) торцевих частин (рис. 5, 6).

Розглянемо спочатку найбільш несприятливий для даної конструкції випадок центрального удару, в цьому випадку задачу може бути розглянуто у двовимірній плоскій постановці (рис. 5). При нормальній взаємодії ефект кривизни поверхні елемента полягає лише в тому, що пружні хвилі розтягу не призводять до формування магистральної конічної тріщини в перші мікросекунди взаємодії, відсутнє також інтенсивне руйнування кераміки на протилежному боці керамічного елемента. Обмеженість об'єму елемента обумовлює його практично повне руйнування, але до цього часу (≈ 80 мкс) він уже зіграв свою роль: оживальна частина осердя зруйнована повністю, а решта суттєво пошкоджена, швидкість знизена до 400 м/с, тобто втрачено понад 3/4 початкової кінетичної енергії. Як наслідок, основна броня не пробита, а сусідні елементи пошкоджені мінімально.

Таким чином, наведені результати моделювання свідчать про, як мінімум, дві перспективні конструкції додаткової дискретної керамічної броні. Одна з

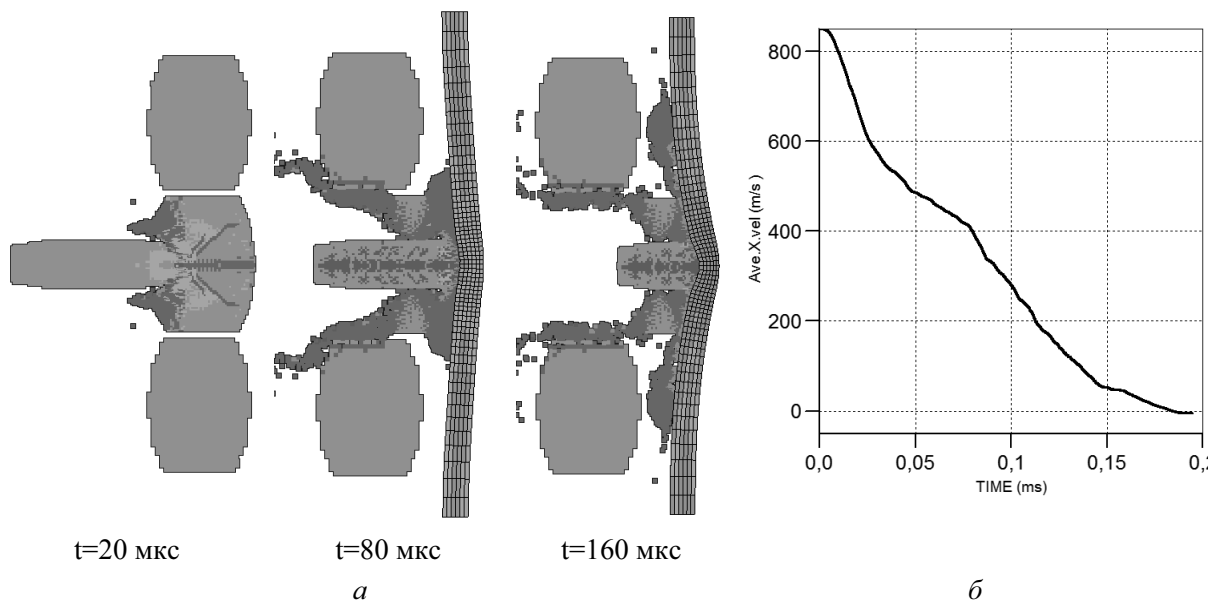


Рис. 5. Результати числового моделювання взаємодії 12,7-мм кулі Б-32 із ЗКЕ, спорядженого дискретними керамічними елементами циліндричної форми зі сферичними торцями (центрального удару) (а) та зміна швидкості осердя кулі (б)

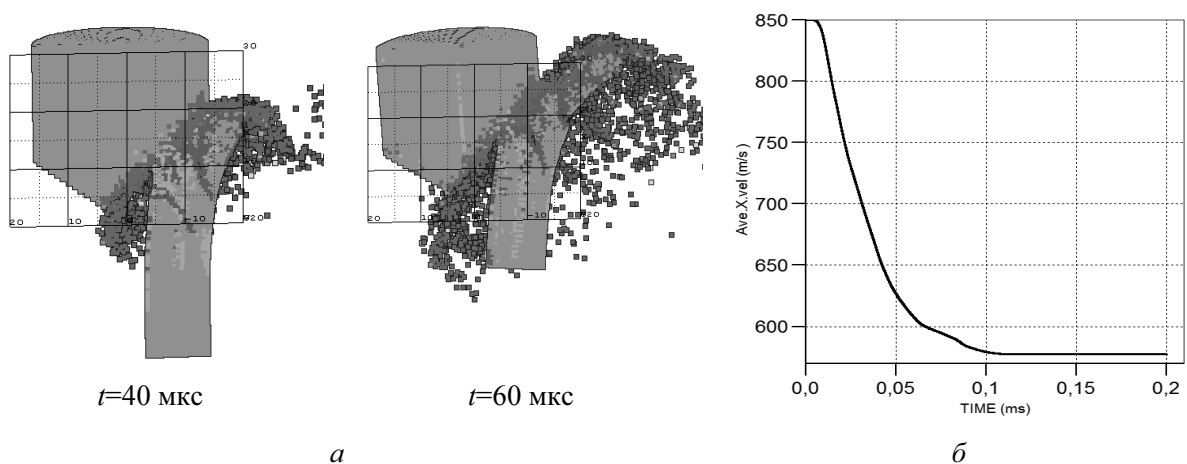


Рис. 6. Результати числового моделювання взаємодії 12,7-мм кулі Б-32 з керамічним двоопуклим елементом циліндричної форми з торцями «конус-сфера» (боковий удар) (а) та зміна вектора швидкості (б)

них являє собою блок з плиток карбіду кремнію (див. рис. 3). Інший варіант – це шар гексагонально упакованих циліндричних елементів з опуклими торцями (див. рис. 4). Як показують розрахунки, при належному виборі конструктивних параметрів в обох випадках захист від нормального та бокового удару 12,7-мм кулі Б-32 при швидкості 840 м/с достатній (рис. 5, 6).

Перевагою першого варіанта є простота і технологічність виготовлення як керамічних плиток, так і цілого ЗКЕ. Втім, додаткової уваги тут вимагає спосіб з'єднання керамічних елементів з металевою підкладкою.

Другий спосіб, при належному виборі полімерної зв'язки та технології упаковки, має забезпечити більшу локалізацію пошкоджень, а отже витримати більше влучень у блок. До того ж така конструкція може бути оперативного відновлена навіть у польових умовах. Для остаточного ж вибору на користь того чи іншого варіанта має бути враховано, крім наведених даних, ряд інших

факторів: від результатів випробувань на полігоні до собівартості одиниці продукції.

Проведенні натурні випробування 12,7-мм кулями Б-32 балістичної стійкості дискретних ЗКЕ (рис. 7), що встановлені на корпусі ББМ, показують достатню збіжність результатів числового моделювання та експерименту.

У результаті виконаної роботи:

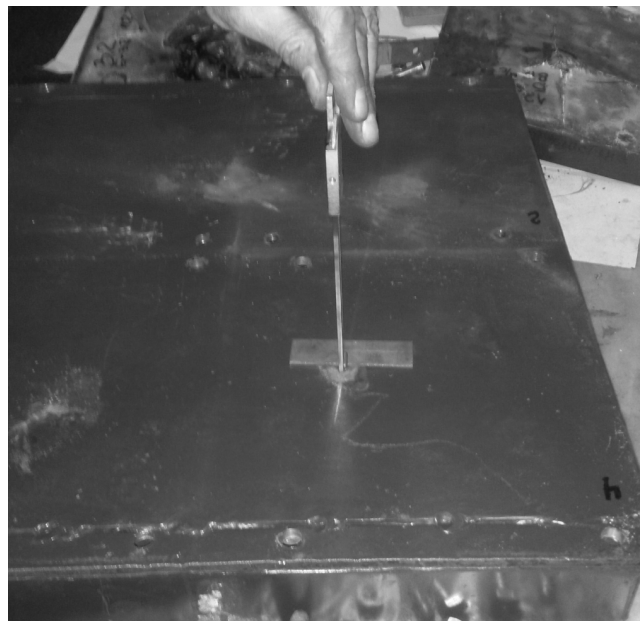
побудовані числові моделі взаємодії 12,7-мм кулі Б-32 та захисних керамічних елементів. Проведена оцінка їхньої стійкості та ефективності;

проведена оцінка точності розроблених числових моделей, що дозволяє їх використання при проведенні подальших досліджень бронейних куль із захисними керамічними елементами для оцінки та розроблення напрямів підвищення їх ефективності;

вдосконалена технологія виготовлення ЗКЕ з реакційно спеченого карбіду кремнію. Виготовлені ЗКЕ



а



б

Рис. 7. Загальний вигляд ЗКЕ (габаритні розміри 241×272 мм) з дискретними керамічними елементами, встановлені на макеті корпусу БМ (сталь Мііlux-500 товщиною 6,5 мм) після балістичних випробувань 12,7-мм кулями Б-32 (а) та поверхня макета корпусу із заперешкодною дією куль у межах 2,9–3,5 мм (б)

з дискретними керамічними елементами у вигляді плиток (100×100 мм) та циліндрів (зі сферичними торцями) з оліу-гумовою зв'язкою;

проведенні натурні випробування 12,7-мм кулями Б-32 балістичної стійкості суцільного та дискретних ЗКЕ, що складаються з керамічних плиток або циліндрів відповідно. У результаті випробувань визначені дві основні конструкції ЗКЕ з дискретних керамічних циліндрів з оліу-гумовою зв'язкою, розташованих на корпусі БМ та з керамічних плиток 100×100 мм з оліуретановою зв'язкою на сталевому корпусі БМ, що ефективно протистоять багаторазовим ураженням 12,7-мм кулям Б-32.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Купріненко А. Н., Голуб В. А. Синтез варіантів проектних гіпотез технічного облику перспективних типів бойових бронірованих машин // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. № 2 (9). Львів : АСВ, 2013. С. 36–42.
2. Global armoured vehicles market report 2016/ URL: <http://www.defenceiq.com/amoured-vehicles/articles/summary-of-global-armoured-vehicle-market-report-2>.
3. Бісик С. П., Чепков І. Б., Васківський М. І., Давидовський Л. С., Корбач В. Г., Висоцький О. М., Захаревич Д. М. Теоретична оцінка протимінної стійкості багатопільового тактичного автомобіля «Козак-2» // Озброєння та військова техніка. 2016. № 1 (9). С. 26–31.
4. Бісик С. П., Голуб В. А., Корбач В. Г. Числове вирішення задачі ударно-хвильового навантаження пластини // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. № 2 (5). Львів: АСВ, 2011. С. 3–6.
5. Бісик С. П. Дослідження конструкції захисного протимінного екрана // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. № 12. Львів : АСВ, 2015. С. 110–117.
6. Купріненко О. М. Обґрунтування принципів формування перспективних типів бойових бронірованих машин // Системи озброєння і військова техніка. 2012. № 4 (32). С. 40–46.
7. Купріненко А. Н., Голуб В. А. Выбор рационального варианта проектной гипотезы технического облика перспективных типов боевых бронированных машин // Системи озброєння і військова техніка. 2013. № 3 (35). С. 24–28.
8. Голуб В. А., Чепков І. Б., Ларін А. Ю., Купріненко О. М., Бісик С. П. Дослідження кутів пресеції та нутації куль стрілецької зброї після пробиття перешкод // Озброєння та військова техніка. 2014. № 1 (1). С. 28–33.

Рецензент А. В. Гурнович, д-р техн. наук, старший наук. співробітник

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

УДК 623.486

Л. С. ДАВИДОВСЬКИЙ,**С. П. БІСИК,** кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

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

В. Г. КОРБАЧ, кандидат технічних наук, доцент (ДП Київське конструкторське бюро "Луч", м. Київ)

Дослідження енергопоглинаючого елемента протимінного сидіння екіпажу бойової броньованої машини

Подано результати числового та фізичного експериментів навантаження енергопоглинаючого елемента протимінного сидіння екіпажу бойових броньованих машин. Проведено порівняння та оцінку ефективності різних профілів з використанням методу скінченних елементів. Отримано закономірності характеру деформації енергопоглинаючого елемента при різних співвідношеннях його висоти та периметра до товщини стінки. Здійснено перевірку числової моделі фізичним експериментом.

Представлены результаты численного и физического экспериментов нагрузки энергопоглощающего элемента противоминного сидения экипажа боевых бронированных машин. Проведены сравнение и оценка эффективности различных профилей с использованием метода конечных элементов. Получены закономерности характера деформации энергопоглощающего элемента при различных соотношениях его высоты и периметра к толщине стенки. Произведена проверка числовой модели физическим экспериментом.

Поряд з постійним протистоянням засобів ураження та броньових перешкод у наш час стрімко набирає актуальності питання захисту екіпажів бойових броньованих машин (ББМ) при підриві на протитанкових мінах та саморобних вибухових пристроях (далі – мінно-вибухові пристрої (МВП)). Гостра потреба в захисті від цих засобів ураження виникає при асиметричних бойових діях, де беруть участь незаконні збройні формування. Бойові дії на Донбасі показують, що МВП являють велику небезпеку для екіпажів, оскільки рівень протимінного захисту ББМ Збройних Сил України недостатній [1, 2].

Пріоритетними для протимінного захисту ББМ є вимоги щодо захисту екіпажу, і лише потім вимоги щодо збереження працездатності машини. Сучасні технології дозволяють створювати бронекорпуси, що можуть витримувати без руйнування підриви на потужних вибухових пристроях. Такий результат забезпечується застосуванням відповідної форми та конструкції днища, силового каркаса корпусу, протимінних екранів та ін. Ці технічні рішення вже впроваджені у виробництво ББМ, які активно використовуються в сучасних конфліктах, що дозволяє аналізувати досвід їх бойового застосування і визначати шляхи подальшого вдосконалення їх конструкції [5, 9]. Таким чином, екіпаж захищений від безпосереднього впливу ударної хвилі.

За умови збереження цілісності корпусу основним уражаючим фактором екіпажу залишається так званий «ефект метання», викликаний великим від'ємним прискоренням машини, що може сягати значень 100...500g на сидінні. Протидіяти такому навантаженню можна, застосовуючи спеціальне обладнання, зокрема енергопоглинаючі сидіння екіпажу [2, 3]. Сидіння є елементом конструкції ББМ, що сприймає вибухове навантаження та передає його на організм людини. Для розуміння процесу навантаження екіпажу розглянемо модель динамічної реакції системи «людина – сидіння» при підриві ББМ на МВП (рис. 1).

Рух системи «людина–сидіння» описується рівнянням (1), що є результатом впливу від'ємного прискорення, яке передається від корпусу ББМ внаслідок підриву на МВП [3, 7]:

$$\begin{Bmatrix} \ddot{\delta}_{01} \\ \ddot{\delta}_{12} \\ \ddot{\delta}_{23} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} f_{01} - f_{12} \\ f_{12} - f_{23} \\ f_{23} \end{Bmatrix} = -\ddot{z}_0 \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

Значення перевантажень, отриманих людиною внаслідок підриву, залежать від конструкції та параметрів сидіння [3, 8]. Тому основною вимогою до протимінного сидіння є забезпечення гранично допустимих значень перевантажень, що передаються від корпусу ББМ (m_0) до опорної поверхні сидіння (m_1) за рахунок поглинання кінетичної енергії.

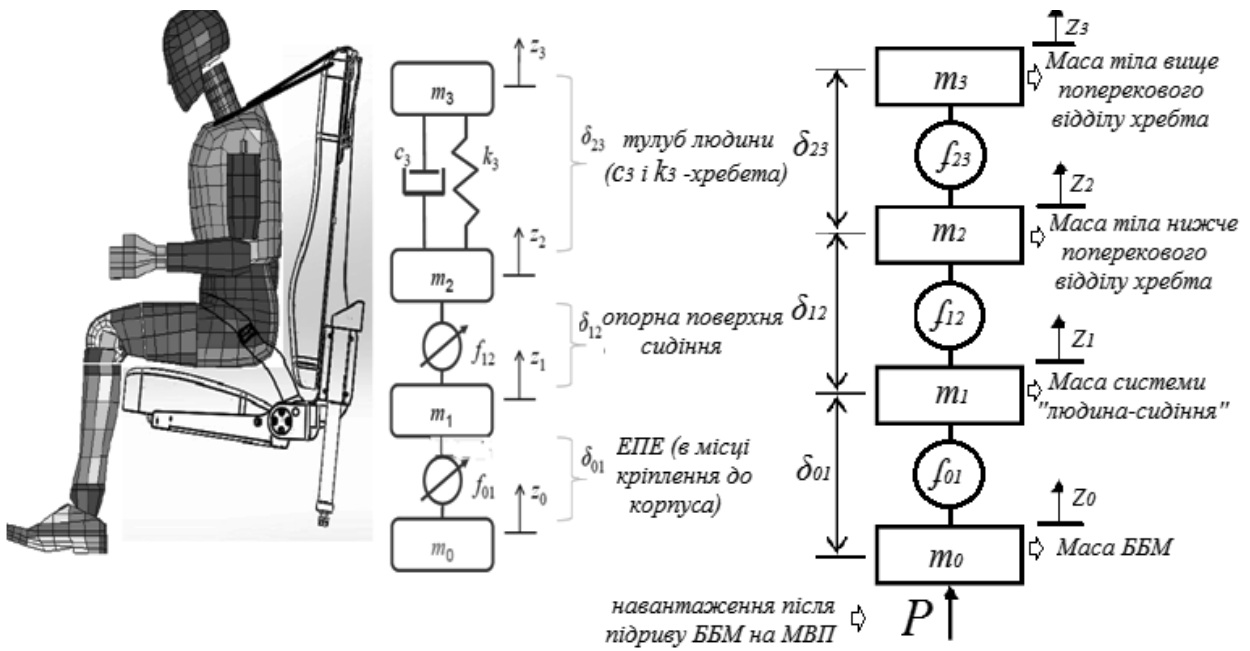


Рис. 1. Модель динамічної реакції системи "людина сидіння" при підриві:
 z – переміщення елементів системи; f – результуюча сила на елементах системи; δ – відносне переміщення від вихідного положення, k_3 і c_3 – коефіцієнти жорсткості та пружності хребта)

Розглянемо окремо механічну систему, еквівалентна хребту людини (рис. 2)

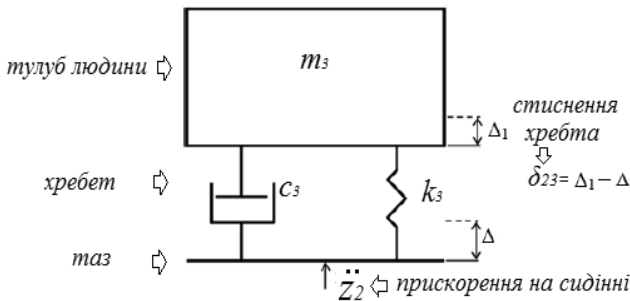


Рис. 2. Механічна система, еквівалентна хребту людини

Прискорення на сидінні може бути обчислено за виразом [6]

$$\ddot{z}_2(t) = \ddot{\delta}_{23} + 2 \zeta \omega_n \dot{\delta}_{23} + \omega_n^2 \delta_{23}; \quad (2)$$

$$DRI = \frac{\omega_n^2 \delta_{23}}{g}. \quad (3)$$

$\ddot{z}_2(t)$ (рис. 1) не повинне перевищувати значень, при яких $DRI < 17,7$ (критерій динамічної стійкості хребта) [2, 6–8]. Тому

$$\ddot{z}_2(t) < \ddot{z}_1(t) \leq 14,5g. \quad (4)$$

Забезпечити виконання такої умови можна при зменшенні $\ddot{z}_0(t)$, яке обчислюється за виразом (2):

$$\ddot{z}_0(t) = \frac{P}{m_0} + \frac{f_{01}}{m_0}. \quad (5)$$

Як варіант, для цього необхідно встановлювати між сидінням та корпусом БМВ елементи, які за рахунок поглинання кінетичної енергії, що набула БМВ після підриву, зменшать значення прискорення на опорній поверхні сидіння.

Згідно з вимогами, наведеними в роботі [2], принцип роботи енергопоглинаючого елемента (ЕПЕ) при вибуховому навантаженні повинен полягати в перетворенні кінетичної енергії в енергію пластичної деформації матеріалу. Тобто необхідно кріпити сидіння до корпусу через ЕПЕ (рис. 3).

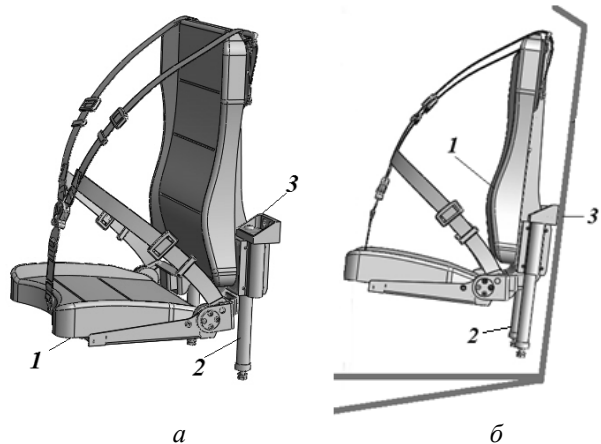


Рис. 3. Енергопоглинаюче протимінне сидіння екіпажу БМВ (а) та схема закріплення його до корпусу (б):
 1 – протимінне сидіння, 2 – енергопоглинаючий елемент, 3 – кронштейн кріплення

Отже, цільовою функцією роботи енергопоглинаючого сидіння є мінімізація максимального прискорення. Тому основну роль тут відіграє встановлення в місцях його кріплення елементів, що поглинатимуть енергію

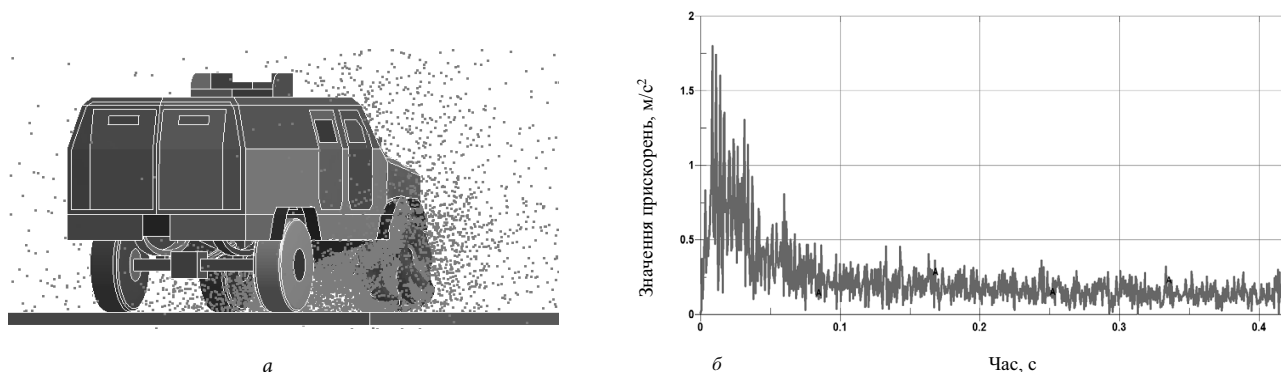


Рис. 4. Числовий експеримент підриву автомобіля "Козак":

a – спрощена скінченно-елементна модель; *б* – розрахункове значення прискорення опорної поверхні сидіння

вибуху [3]. На теперішній час в автомобільній та авіаційній промисловості розроблено багато варіантів ЕПЕ, але вибухове навантаження суттєво відрізняється від інших ударних навантажень, і швидкість його наростання значно вища, ніж при ударних навантаженнях: $\ddot{z}_2(t) \approx 180g$ (рис. 4, б), тоді як в літальних апаратах при аварійному приземленні аналогічне прискорення становить 14–30g в інтервалі 60-180 мс [17]. Тому існуючі ЕПЕ матимуть ефект запізнення і не спрацюють при підриві ББМ.

З аналізу конструкцій ЕПЕ встановлено, що задовольнити ці вимоги можуть ЕПЕ у вигляді крашбоксів (рис. 5, 6). Це з'єднані елементи конструкції, призначені для поглинання енергії удару, спрямованої вздовж осі елемента, шляхом множинної деформації в передбаченій послідовності. Поглинати значну частину енергії удару крашбоксам дозволяє поетапна зміна розмірів його перерізу [11, 13, 15]. Ефект запізнення при спрацюванні можна компенсувати наявністю отворів, заглибин та ребер, що будуть ініціювати початок деформації.

Щоб об'єктивно визначити оптимальні параметри ЕПЕ, доцільно використовувати значення навантажень, отриманих при натурному чи числовому експерименті. На рис. 4 показано розрахункове значення прискорення на сидінні спрощеної скінченно-елементної моделі автомобіля "Козак" [9].

Враховуючи амплітудно-частотні характеристики значень прискорення (рис. 4, б), з високою ймовірністю будуть виникати ефекти інерції. Такі ефекти можуть вплинути на режим деформації та початкове пікове навантаження через поперечні сили інерції, що виникають

при складанні та вивертанні стінок ЕПЕ. Послідовне утворення заглибин та виступів уздовж ЕПЕ відоме як прогресивна втрата стійкості або прогресивна деформація [10–12]. При вибуховому імпульсному навантаженні поширення хвиль напруження в ЕПЕ відбувається по всій його довжині, тоді й прогресивна втрата стійкості може розвиватись за різними режимами деформації (рис. 5).

Здатність поглинати енергію ЕПЕ залежить від режиму деформації, який, у свою чергу, залежить від ефектів інерції. Тож очевидно, що значно більше енергії поглинається в режимі вісесиметричної деформації, ніж в режимі глобального вигину, бо за таких умов деформація ЕПЕ відбувається більш контрольованим чином [13], а також дозволяє більшій кількості матеріалу брати участь у пластичній деформації. Крок зон пластичних деформацій також залежить від геометрії профілю, тож для порівняння здатності ЕПЕ поглинати енергію було обрано 6 різних варіантів (рис. 6). Для визначення основної характеристики кожного варіанта ЕПЕ було застосовано метод скінченних елементів з використанням програмного комплексу LS-DYNA.

При числовому експерименті проведено порівняння енергоємності при різній товщині стінки та довжині ЕПЕ (рис. 7, 8; табл. 1, 2). Для об'єктивності порівняння умови навантаження, матеріал та периметр основи профіля були однаковими в усіх розрахунках.

Як при зміні товщини стінки ЕПЕ, так і при зміні його довжини кращі показники енергоємності показали восьмигранний, шестигранний та круглий профілі. Разом з тим, результати числового експерименту

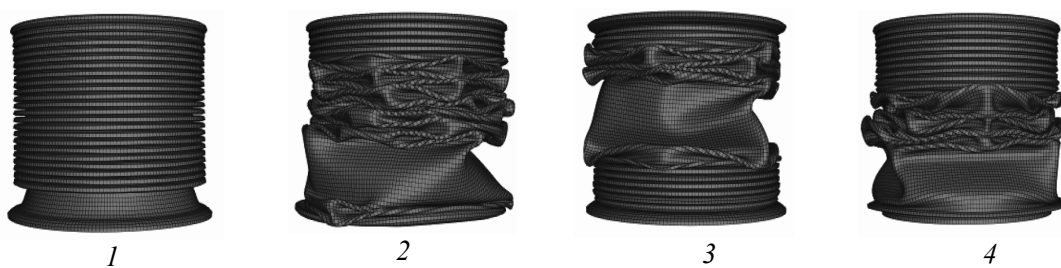


Рис. 5. Режими деформації при прогресивній втраті стійкості ЕПЕ:

1 – вісесиметричний, 2 – невісесиметричний, 3 – вигин, 4 – змішаний

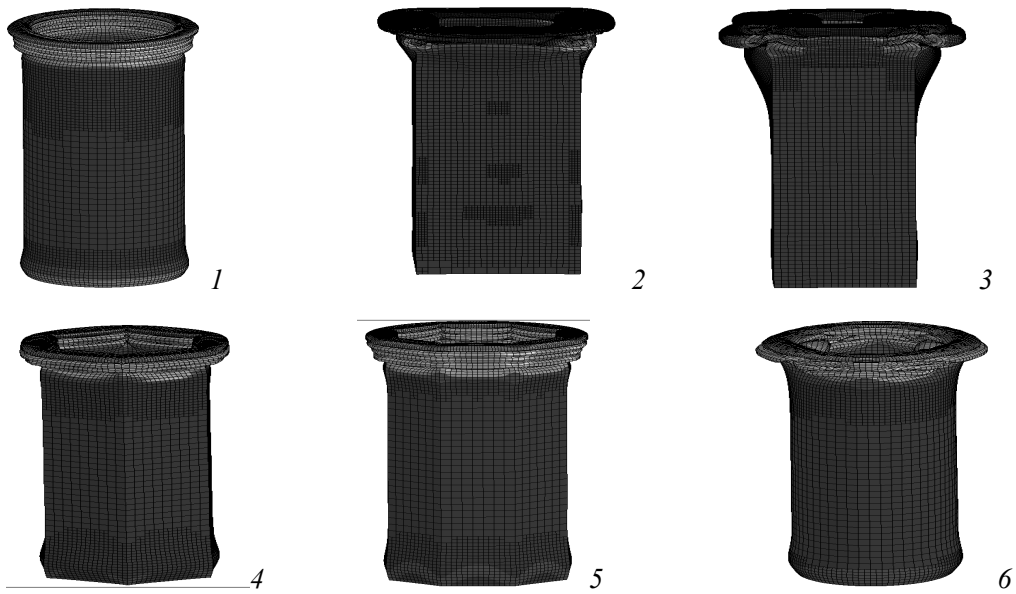


Рис. 6. Моделі варіантів профілів для ЕПЕ:
 1 – круглий; 2 – квадратний; 3 – прямокутний; 4 – шестигранний; 5 – восьмигранний;
 6 – еліпс

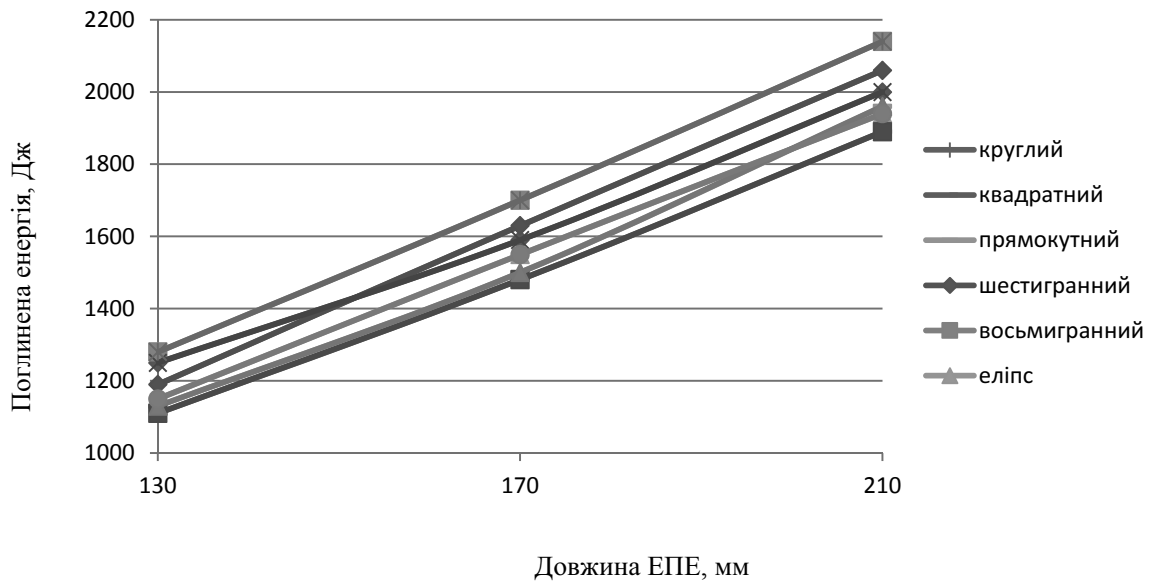
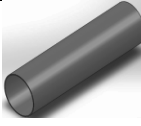
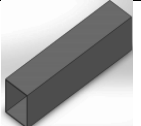
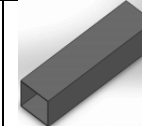
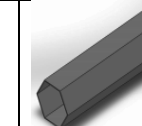
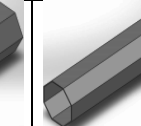
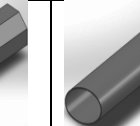


Рис. 7. Порівняння внутрішньої енергії ЕПЕ в залежності від його довжини L

Таблиця 1. Кількість поглиненої енергії в залежності від довжини ЕПЕ, Дж

Довжина ЕПЕ, L						
130 мм	1190	1110	1130	1250	1280	1150
170 мм	1630	1480	1500	1590	1700	1550
210 мм	2060	1890	1960	2000	1960	1940

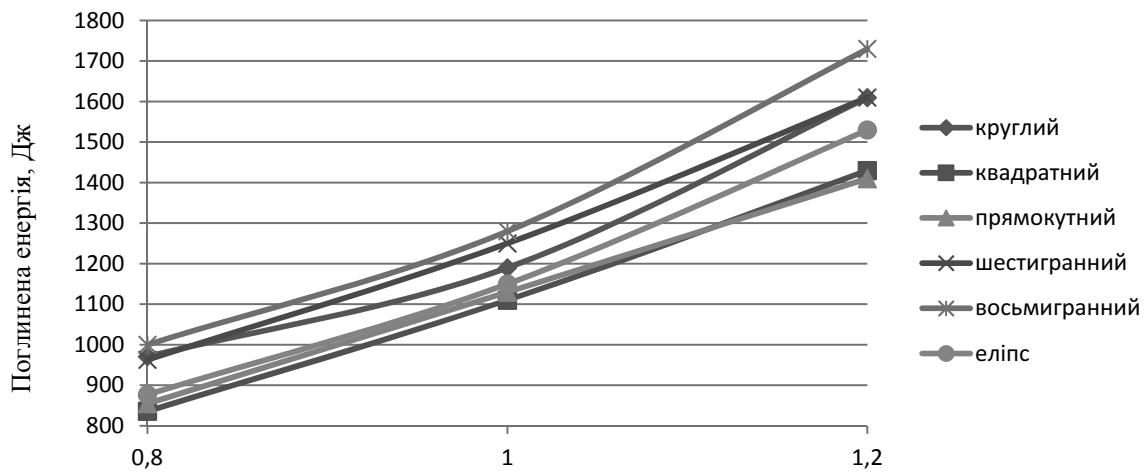


Рис. 8. Порівняння внутрішньої енергії ЕПЕ в залежності від товщини його стінки *b*

Таблиця 2. Кількість поглиненої енергії в залежності від товщини стінки ЕПЕ, Дж

Товщина ЕПЕ, <i>b</i>						
0,8 мм	971	836	855	963	1000	877
1 мм	1190	1110	1130	1250	1280	1150
1,2 мм	1610	1430	1410	1610	1730	1530

показали, що значення поглиненої енергії круглим профілем $L=170$ мм, $b=1$ мм становить 1630 Дж, а для $L=130$ мм, $b=1,2$ мм – 1610 Дж. Так само й для восьмигранного профілю з $L=170$ мм, $b=1$ мм становить 1700 Дж, а для $L=130$ мм, $b=1,2$ мм – 1730 Дж. Отримані залежності мають вагомe значення при виборі ЕПЕ для протимінного сидіння ББМ, так як величина ходу ЕПЕ обмежена конструкцією корпусу. Тому необхідно проводити параметричний синтез ЕПЕ, що дозволить при правильному

виборі товщини стінки ЕПЕ зменшити його габаритні розміри і підвищити енергоемність.

Результати числового експерименту пояснюються тим, що у восьмигранному, шестигранному та круглому профілях поля напруження розподіляються по всьому периметру, що забезпечує їх вісесиметричну прогресивну втрату стійкості, тоді як у профілів з прямокутником та еліпсом в основі зони пластичних деформацій значно більші, так як їх сторони невісесиметричні (рис. 9).

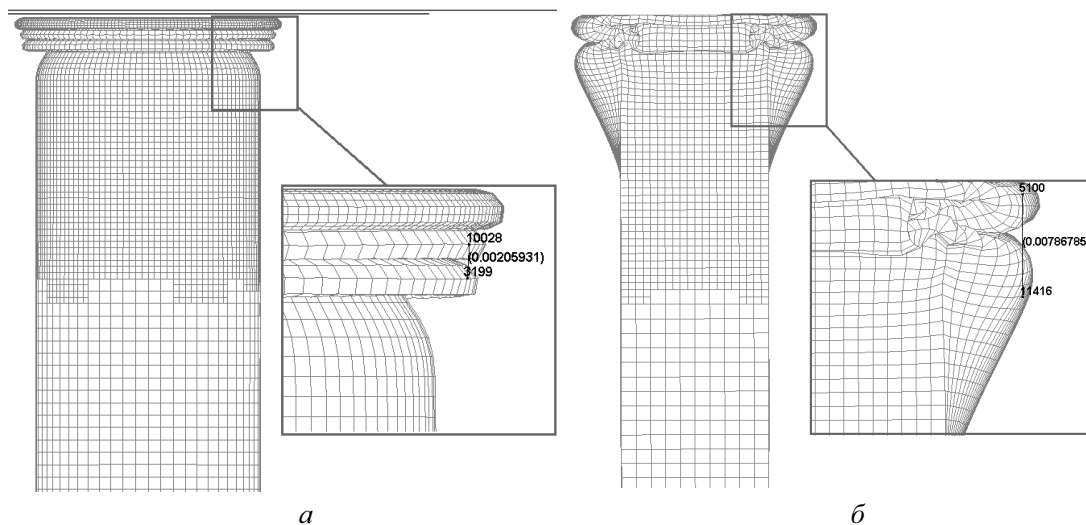


Рис. 9. Крок зон пластичних деформацій (а) круглий профіль; (б) прямокутний

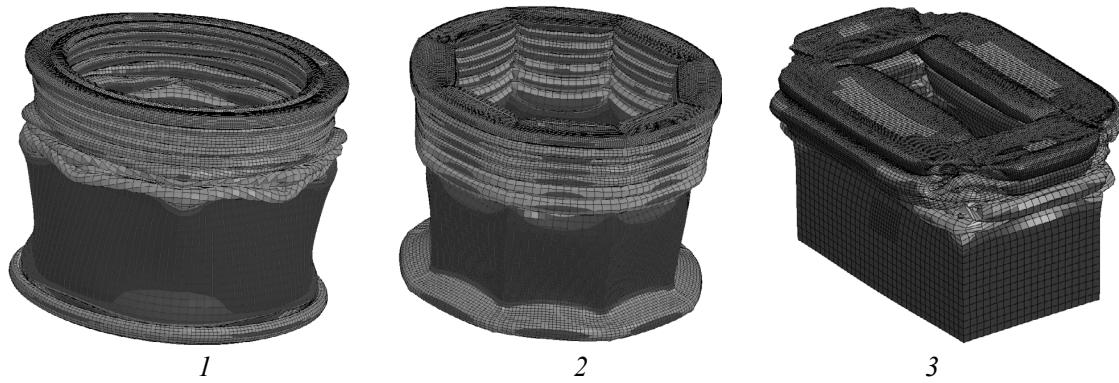


Рис. 10. Поля напруження та зони пластичних деформацій круглого (1), восьмигранного (2) та прямокутного (3) профілів

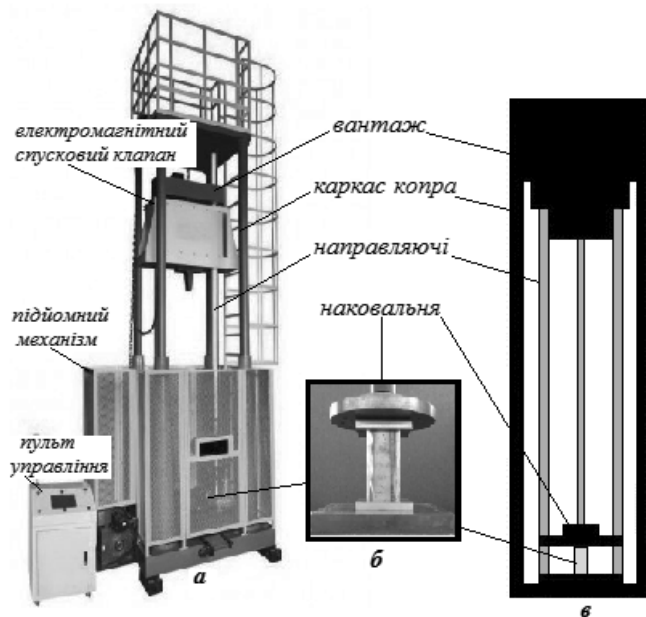


Рис. 11. Експериментальна установка:
а – вертикальний копер з вільно падаючим вантажем;
б – встановлення випробуваного зразка;
в – функціональна схема експериментальної установки



Рис. 12. Порівняння числової моделі (1, 3) навантаження ЕПЕ

Низьку енергоємність показали квадратний та прямокутний профілі, оскільки в них енергія акумулюється в гранях і не розходить по всьому периметру, тоді як в восьмигранному напруження виникають по всьому периметру і додатково енергія втрачається при втраті жорсткості граней (рис. 10).

Для перевірки адекватності числової моделі проведено фізичний експеримент на вертикальному копрі з вільно падаючим вантажем (рис. 11).

Як дослідний зразок обрано круглий профіль, оскільки він має одну з кращих характеристик за результатами числового експерименту. З розрахункової скінченно-елементної моделі підриву автомобіля «Козак» швидкість на елементах кріплення сидіння екіпажу становила до 6 м/с (на різних сидіннях різна швидкість). Імітувати вибухове навантаження вдалося за рахунок зміни маси вантажу та висоти падіння. Тоді, за законом збереження енергії, при падінні вантажу масою 72 кг з висоти 2 м швидкість становитиме 6,264 м/с [18]:



Рис. 13. Порівняння числової моделі навантаження ЕПЕ (1, 3) з результатом фізичного експерименту (2), $v=4,43$ м/с

Результати, зображені на рис. 12, 13, є підтвердженням адекватності числової моделі. Крім того, вище було сказано, що покращити основну характеристику ЕПЕ можна за рахунок зміни співвідношення його довжини L до товщини стінки b (L/b). Так само, можна знайти оптимальну характеристику ЕПЕ, змінюючи співвідношення периметра профілю до товщини його стінки [16]. За результатами числового моделювання встановлено, що для круглого профілю при відношенні діаметра до товщини стінки в діапазоні до 50 ($d/b < 50$) деформація відбувається вісесиметрично, тоді як при $d/b > 80$ циліндр деформується невісесиметрично. Для всіх інших випадків характерний, переважно, змішаний режим деформації. Результати моделювання підтвердились натурним експериментом (рис. 14).

При числовому розрахунку можна використовувати об'ємні моделі (1 на рис. 15), а можна оболонкові (3 на

рис. 15), що дозволить значно зменшити час розрахунку. Порівняння обох цих варіантів з фізичним експериментом зображено на рис. 15, де показано, що характер деформування моделі і її інформативність зберігаються, тому доцільно використовувати моделі shell.

Маючи результати числового експерименту, адаптувати роботу ЕПЕ під конкретні умови деформації залежно від величин навантаження та конструкції БМ можна за рядом якісних показників [10–13]. Основними з них при оцінці ефективності ЕПЕ є кількість поглиненої енергії E_n . Звідси можна визначити середнє навантаження спрацювання ЕПЕ:

$$E_n = \int_0^{\delta_{max}} P \delta d\delta, \quad (7)$$

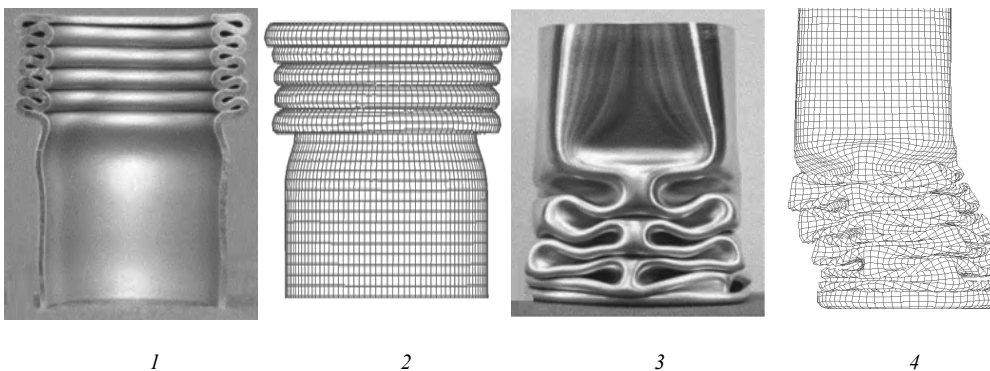


Рис. 14. Порівняння результатів фізичного експерименту (1, 3) з числовою моделлю (2, 4):
1, 2 - $d/b=35/1=35$; 3, 4 - $d/b=40/0,5=80$

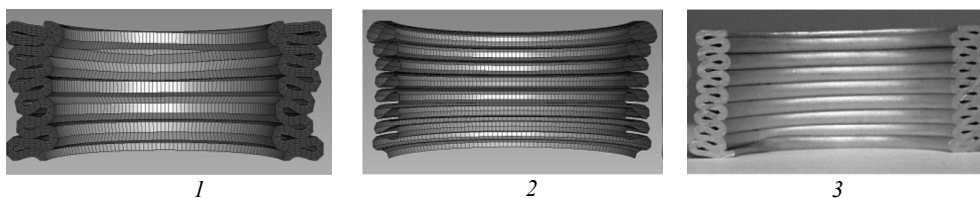


Рис. 15. Порівняння результатів числового моделювання навантаження ЕПЕ (1 – елементи solid, 2 – елементи shell) з результатом фізичного експерименту (3)

$$P_c = \int_0^{\delta} P \delta d\delta. \quad (8)$$

Крім того, P_c ЕПЕ може бути визначене як навантаження, до якого і слід ініціювати початок деформації ЕПЕ, так як ідеальна умова поглинання – це досягнення сили спрацювання і утримання її постійною протягом всього робочого ходу. Тоді кількість поглиненої енергії при підриві пропорційна силі спрацювання елемента P_c і його ходу δ_{max} (тобто заштрихованій площі на рис. 16).

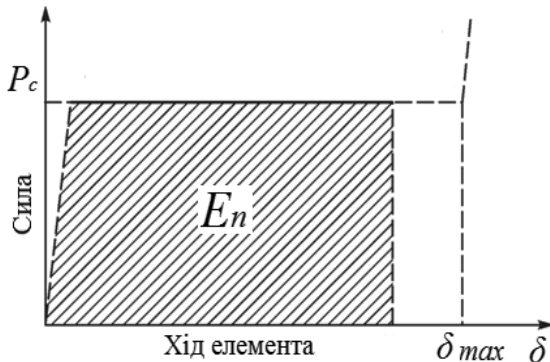


Рис. 16. Основна характеристика ЕПЕ

Також середнє навантаження деформації $P_{сep}$ для даного характеру деформації визначається як відношення повної поглиненої енергії E_n до загальної деформації δ [10]:

$$P_{сep} = \frac{E_n}{\delta}. \quad (9)$$

Середнє навантаження є показником енергопоглинаючої здатності ЕПЕ в порівнянні з осьовим

переміщенням, необхідним для поглинання визначеної кількості енергії. Навантаження при складанні крашбоксів коливається протягом всього процесу деформації, і найвища точка навантаження є початковим піковим навантаженням, P_{nik} .

Для збільшення поглинання енергії можна збільшувати силу спрацювання і хід ЕПЕ. Проте хід, зазвичай, визначається конструктивними обмеженнями ББМ і не може бути занадто великим, а збільшення сили спрацювання призводить до підвищення навантажень на екіпаж. Тобто ЕПЕ повинен мати оптимальну характеристику і оптимальну силу спрацювання, так як велика сила призведе до неспрацювання або невикористання всього ходу ЕПЕ, а при малій силі спрацювання відбудеться пробій ЕПЕ (рис. 16). Для перевірки ефективності роботи ЕПЕ в різних умовах на рис. 17 наведені результати дослідження ЕПЕ при навантаженнях різної величини.

Ефективність сили спрацювання η_{cc} є якісним критерієм однорідності деформації і визначається відношенням пікового навантаження до середнього [13]:

$$\eta_{cc} = \frac{P_{nik}}{P_{сep}}. \quad (10)$$

Для ідеального поглинання енергії, оптимальна сила спрацювання повинна привести якомога ближче до 100% спрацювання робочого ходу ЕПЕ.

Якщо початкове пікове навантаженням P_{nik} ЕПЕ занадто велике, і при прикладанні середнього навантаження $P_{сep}$ ЕПЕ не може спрацювати, тоді подолати це можливо шляхом застосування ініціаторів деформації (наявність отворів, заглибин чи виступів у конструкції ЕПЕ) з метою зменшення початкового піку навантаження, тим самим збільшуючи ефективність сили спрацювання.

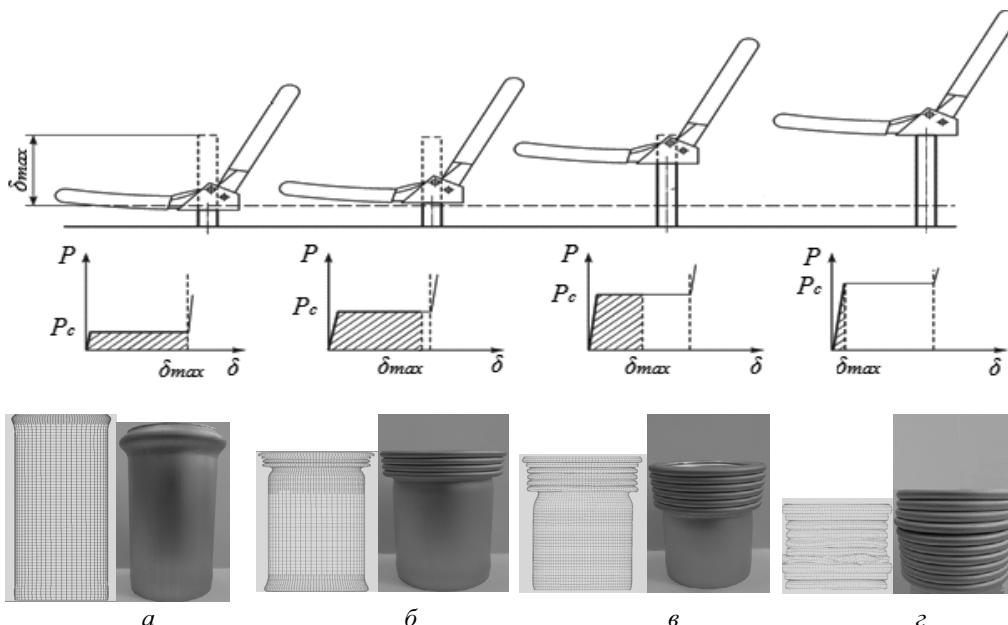


Рис. 17. Характерні випадки роботи ЕПЕ з різними характеристиками:

а – велике P_c , елемент не спрацює; б – велике P_c , не весь хід використано; в – оптимальне P_c , достатньо використаний робочий хід; г – мале P_c , пробій ЕПЕ

Не менш важливою характеристикою ЕПЕ є питома поглинена енергія E_{nn} , що визначається відношенням поглиненої енергії на одиницю маси [10]:

$$E_{nn} = \frac{E_n}{m}, \quad (11)$$

де E_n – поглинена енергія; m – маса недеформованого ЕПЕ.

E_{nn} є найбільш поширеним параметром оцінки ефективності ЕПЕ щодо його енергоємності, особливо коли масові й габаритні розміри мають важливе значення, як і в нашому випадку. Крім того, E_{nn} , як правило, використовується як показник ефективності обраного матеріалу для ЕПЕ в залежності від його густини, а відповідно, й маси [11, 12].

Поглинену енергію на одиницю довжини деформації можна розрахувати, використовуючи кінетичну енергію удару, поділену на максимальне значення відрізка деформації ЕПЕ. Цей параметр важливий у тих випадках, коли є обмеження щодо величини деформації.

У процесі деформації може бути використано не весь робочий хід ЕПЕ для поглинання енергії кінетичного удару. Тому ефективність робочого ходу визначається як [13]

$$\eta_{px} = \frac{\delta_{max}}{L}, \quad (12)$$

де δ_{max} – максимально допустима відстань деформації і L – початкова довжина ЕПЕ. За допомогою цього показника можна визначити максимально допустимий робочий хід ЕПЕ. В ідеальному випадку початкова довжина ЕПЕ L повинна дорівнювати довжині корисного робочого ходу ЕПЕ δ_{max} , але на практиці ефективність ходу завжди менше одиниці: $\eta < 1$.

Висновки. Пасивне сидіння як елемент системи пасивного протимінного захисту екіпажу БМ є складним об'єктом і може виконувати своє функціональне призначення з різною ефективністю. Залежно від маси БМ та потужності підриву (маси вибухової речовини), прискорення на сидінні можуть бути різні. Тому застосування методу скінченних елементів є ефективним способом оптимізації ЕПЕ і може суттєво допомогти при оцінці та порівнянні різних варіантів ЕПЕ. Порівняння результатів числових і фізичних експериментів дозволило: по-перше, зробити висновки про адекватність опису на основі порівняння з поведінкою випробовуваного зразка, по-друге, розширити область параметрів для оптимізації ЕПЕ (периметр, діаметр, товщина, режими навантаження і деформацій), для якої модель дозволяє отримати достовірний результат з достатньою для практичних задач точністю. Виконана робота показує, що підхід, який поєднує експериментальні дослідження і чисельне моделювання процесів високошвидкісної деформації матеріалів, є перспективним. Його застосування дає змогу теоретично визначити рівень протимінної стійкості БМ, порівняти та оцінити ЕПЕ протимінних сидінь різних зразків на етапі проектування і застосувати відповідні конструктивні рішення.

1. Гулай А. М. Аналіз уражень особового складу в ході виконання завдань в зоні АТО / М-во оборони України, Військ.-мед. деп. К., 2016. 3 арк.
2. Давидовський Л. С., Бісик С. П. Аналіз механогенезу травмування екіпажу бойових броньованих машин при підриві на мінно-вибухових пристроях // Військово-технічний збірник. № 13. Львів : НАСВ, 2015. С. 34–40.
3. The protection of vehicles and plant equipment against mines and UXO. URL: http://www.gichd.ch/fileadmin/pdf/publications/Mechanical_study.pdf.
4. Бурлаченко Н. И., Жартовский Г. С., Потемкин Е. К., Тетельбаум Р. Д., Фролов В. М. Виброударные воздействия на экипажи танков и БМП. М. : ЦНИИ информатики, 1981. – 200 с.
5. Бісик С. П., Чепков І. Б., Голуб В. А., Корбач В. Г. Оцінка впливу способу кріплення протимінного екрана на протимінну стійкість бойових броньованих машин // Системи озброєння і військова техніка : наук. журн. / ХУПС ім. Івана Кожедуба. 2013. № 1 (33). С. 8–12.
6. Бісик С. П., Давидовський Л. С., Схабицький В. Р. Критерії травмування організму людини при ударному та вибуховому навантаженні // Системи озброєння і військова техніка: наук. журн. / ХУПС ім. Івана Кожедуба. 2015. № 1 (41). С. 153–159.
7. Blast Injury in the Spine: Dynamic Response Index Is Not an Appropriate Model for Predicting Injury. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4523527>.
8. Computation and Validation of the Dynamic Response Index (DRI). URL: <http://dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a591869.pdf>.
9. Теоретична оцінка протимінної стійкості багатопільового тактичного автомобіля «Козак-2» / С. П. Бісик, І. Б. Чепков, М. І. Васьківський [та ін.] // Озброєння та військова техніка. 2016. № 1 (9). С. 26–31.
10. Dynamic elastic-plastic buckling of circular cylindrical shells under axial impact. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii>.
11. Impact and Energy Absorption of Empty and Foam-filled Conical tubes. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/10897335.pdf>.
12. Experimental and numerical analyses of bending of foam-filled sections. URL: <file:///C:/Users/HP/Downloads/2e78af70-55dc-441f-b78c-3827cc1c90fd.pdf>.
13. Jones N. Several phenomena in structural impact and structural crashworthiness // European Journal of Mechanics. A/Solids General and plenary lectures from the 5th EUROMECH Solid Mechanics Conference 2003. № 22 (5). С. 693–707.
14. White M. D., Jones, N. Experimental quasi-static axial crushing of top-hat and double-hat thin-walled sections // International Journal of Mechanical Sciences. 1999. N 41 (2). С. 179–208.

15. Multi objective crashworthiness optimization of circular aluminum tubes. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026382322>.
16. Thin-walled tubes with pre-folded origami patterns as energy absorption devices. URL: <http://docplayer.net/26536852-Thin-walled-tubes-with-pre-folded-origami-patterns-as-energy-absorption-devices.html>.
17. Обзор сидений, смягчающих воздействие ударной волны URL: [http://topwar.ru/61205-obzor-sideniy-dlya-transportnyh-sredstv-smyagchayuschih-vozdeystvie-vzryvnoy-volny.htm](http://topwar.ru/61205-obzorsideniy-dlya-transportnyh-sredstv-smyagchayuschih-vozdeystvie-vzryvnoy-volny.htm).
18. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. I. Механика. М. : Наука, 1979. 520 с.

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

УДК 623.4.017

Б. М. ЛАНЕЦЬКИЙ, доктор технічних наук,
професор,

І. В. КОВАЛЬ, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,

В. В. ЛУК'ЯНЧУК, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

(Науковий центр Повітряних Сил Харківського
національного університету Повітряних Сил
ім. І. Кожедуба)

Методичні рекомендації щодо визначення кількості зенітних керованих ракет та ракетних двигунів для контрольних льотних та вогневих стендових випробувань при виконанні завдань продовження призначених показників

Розроблено аналітичні моделі з визначення кількості зенітних керованих ракет (ЗКР) та ракетних двигунів (РД) для проведення контрольних льотних та вогневих стендових випробувань при виконанні завдань продовження призначених показників та рекомендації щодо обґрунтування кількості ЗКР і РД для випробувань з урахуванням апріорної інформації щодо показників безвідмовності, що отримана за результатами попередніх робіт з продовження призначених показників у вигляді одностороннього нижнього довірчого інтервалу.

Разработаны аналитические модели для определения количества зенитных управляемых ракет (ЗУР) и ракетных двигателей (РД) для проведения контрольных летных и огневых стендовых испытаний при решении задач продления назначенных показателей и рекомендации для обоснования количества ЗУР и РД для испытаний с учетом априорной информации относительно показателей безотказности, которая получена по результатам предыдущих работ по продлению назначенных показателей в виде одностороннего нижнего доверительного интервала.

Зенітні керовані ракети (ЗКР), що знаходяться на озброєнні Повітряних Сил України, на теперішній час потребують вирішення питання продовження їх призначених показників на термін більше 25 років. Як відомо, до ЗКР пред'являються високі вимоги з безпеки експлуатації та надійності. Тому контрольні льотні випробування (КЛВ) ЗКР є обов'язковим етапом робіт з продовження призначених показників, за результатами яких приймається рішення щодо можливості їхнього продовження. Такі випробування є досить витратними, тому кількість ЗКР для їх проведення повинна бути мінімізована і обґрунтована за умов забезпечення підтвердження прийнятних оцінок показників надійності та безпеки.

Найважливішою складовою частиною ЗКР, що визначає безпеку її експлуатації та функціональні характеристики, є ракетні двигуни (РД). У зв'язку з цим до показників надійності РД пред'являються більш високі вимоги, ніж до показників надійності інших складових частин ЗКР (так, потрібна величина основного показника надійності РД – імовірності безвідмовної роботи становить 0,990–0,999) [1]. У процесі експлуатації РД та його складові частини не перевіряються. Стан порохівих зарядів, піротехнічних засобів, гумовотехнічних деталей, теплозахисних покриттів та інших комплектувальних виробів РД, що протягом тривалої експлуатації можуть суттєво змінити свої властивості, не контролюється. Тому одним з проблемних питань при проведенні робіт з продовження призначених показників ЗКР (далі – робіт з продовження) є оцінка надійності РД, що входять до складу ЗКР, та ЗКР у цілому.

Попереднє оцінювання показників надійності РД може проводитися на основі [2]:

апріорних даних про надійність комплектувальних виробів РД і РД у цілому, що отримані за результатами попередніх робіт з продовження;

інформації, що отримана за результатами вогневих стендових випробувань (ВСВ) РД та комплексних випробувань у складі ЗКР при КЛВ;

інформації, що отримана за результатами контрольно-технічних оглядів РД, у тому числі після розбирання РД і зовнішнього огляду його окремих комплектувальних виробів та за результатами проведення автономних випробувань окремих комплектувальних виробів РД.

Для РД, що мають календарні тривалості експлуатації, які значно перевищують початково встановлені призначені терміни служби (понад 25–30 років), актуальним є проведення ВСВ. Тому такі випробування повинні бути передбачені програмою робіт з продовження призначених показників ЗКР. Актуальність ВСВ РД значно зростає в разі неможливості проведення КЛВ ЗКР. Але ВСВ є руйнівними і досить витратними видами випробувань, тому їх обсяги повинні бути мінімізовані, при цьому повинно забезпечуватися підтвердження прийнятних оцінок показників надійності. Відомо, що ВСВ РД повинні бути забезпечені відповідними стендами та методиками для їх проведення. Це дозволяє забезпечити вимірювання основних параметрів РД та оцінювання показників надійності комплектувальних елементів РД, що в цілому збільшує обсяг апріорної інформації. Цю

апріорну інформацію можна використовувати при обґрунтуванні потрібних обсягів ВСВ, що дає можливість зменшувати витрати за рахунок зниження обсягів ВСВ при їх високій інформативності і скоротити обсяги КЛВ ЗКР у цілому.

При плануванні КЛВ ЗКР та ВСВ РД необхідно враховувати, що найменш витратними є безвідмовні випробування, при яких кількість виробів для їх проведення є мінімальною. Але в разі виникнення відмов виробів при проведенні таких випробувань кількість виробів може значно збільшуватися, що треба враховувати при плануванні випробувань як для ЗКР, так і для РД.

Питанням оцінювання результатів випробувань на надійність присвячено чимало робіт. Так, наприклад, стаття [3] присвячена обґрунтуванню обсягів випробувань ЗКР при вирішенні задач продовження їх призначених показників. У статті наведені основні розрахункові співвідношення і графіки залежностей, що використовуються при обґрунтуванні кількості ЗКР, необхідної для проведення випробувань, та тривалості цих випробувань. Мінімальна потрібна кількість ЗКР для проведення випробувань отримується в залежності від тривалості спостережень (випробувань) та величини залишкового середнього ресурсу.

У роботах [4, 5] розглядається відома класична модель випробувань, що заснована на біноміальній схемі. Наводяться співвідношення, які пов'язують показники надійності, що оцінюються, з кількістю виробів, потрібних для проведення випробувань. Окремий розділ присвячений питанням оцінювання показників надійності з урахуванням апріорної інформації, яка задана у вигляді достовірного довірчого інтервалу, тобто довірка імовірність $\gamma_a = 1$. Однак з досвіду випробувань РД та ЗКР відомо, що таку довірку імовірність отримати практично неможливо. Тому актуальним на даний час є проведення дослідження щодо оцінювання та контролю надійності виробів з урахуванням апріорної інформації у вигляді довірчого інтервалу з довірчою імовірністю (ДІ) $\gamma_a < 1$ при різних кількостях відмов при ВСВ та КЛВ.

Метою статті є обґрунтування кількості ЗКР та РД для проведення контрольних льотних та вогневих стендових випробувань при вирішенні задач продовження призначених показників з урахуванням апріорної інформації та кількості відмов при проведенні випробувань.

Обґрунтування кількості ЗКР та РД для проведення КЛВ та ВСВ при проведенні робіт з продовження призначених показників повинно проводитися з урахуванням апріорної інформації щодо показників надійності цих виробів. Стосовно обґрунтування кількості ЗКР для проведення КЛВ апріорною інформацією щодо показників надійності є інформація, отримана за результатами їх КЛВ при виконанні попередніх робіт з продовження. Але слід зазначити, що через малі обсяги випробувань ЗКР за результатами КЛВ отримується оцінка імовірності безвідмовної роботи (ІБР) ЗКР за час виконання польотного завдання ЗКР на рівні 0,8 з довірчою імовірністю $\gamma_a < 1$. При цьому при обґрунтуванні обсягів ВСВ РД як апріорна використовується інформація щодо імовірності безвідмовної роботи (ІБР) РД, яка отримана

за результатами їхніх випробувань у складі ЗКР, тобто за результатами КЛВ ЗКР. У разі, якщо ці випробування є безвідмовними, оцінку ІБР ЗКР можливо прийняти за оцінку ІБР РД. Оскільки вимоги щодо величини ІБР РД є високими, то задачу її контролю доцільно вирішувати перевіркою виконання вимог у формі нижньої довірчої межі, що, у свою чергу, пов'язано з оцінюванням односторонньої нижньої довірчої межі (ОНДМ) цього показника. Найбільш прийнятною з погляду підтвердження вимог до надійності, є вимоги до номінального рівня $P_{номп.}$ та контрольного рівня $P_{номп.}$, який підтверджується з довірчою імовірністю γ . При цьому повинні виконуватися нерівності $P_\gamma \geq P_{номп.}$, $P_{номп.} < P_{номп.}$.

Апріорна інформація щодо імовірності безвідмовної роботи ЗКР під час виконання завдання або ІБР РД (далі – показника безвідмовності виробів) полягає в тому, що згідно з результатами попередніх випробувань показник безвідмовності знаходиться в інтервалі $[P_{на}, 1]$ з довірчою імовірністю $\gamma_a < 1$. Відомо, що мінімальний обсяг випробувань досягається при безвідмовних випробуваннях виробів. При плануванні безвідмовних випробувань завдання обґрунтування обсягів випробувань полягає в знаходженні кількості виробів n , при випробуванні яких буде підтверджене прийнятне значення ОНДМ показника безвідмовності з потрібною високою довірчою імовірністю γ .

Відомо [4], що апостеріорну оцінку ОНДМ показника безвідмовності виробів можна отримати з урахуванням достовірного апріорного інтервалу ($\gamma_a = 1$) і результатів проведення випробувань за таким співвідношенням:

$$P_{2\gamma} = P_n + P_{1\gamma}(1 - P_n), \quad (1)$$

де $P_{1\gamma}$ – значення ОНДМ показника безвідмовності виробів, що отримується за результатами проведення випробувань без урахування апріорної інформації. Співвідношення (1) можна отримати фідуціальним методом [4, 6] у припущенні, що показник безвідмовності P , що оцінюється, є випадковою величиною, апріорний розподіл якої є рівномірним на інтервалі $[P_{на}, 1]$. Оцінка $P_{2\gamma}$, яка розрахована за співвідношенням (1), є завищеною, що може призводити до неправильних рішень.

У практиці проведення робіт з продовження призначених показників апріорний довірчий інтервал ІБР відомий з довірчою імовірністю $\gamma_a < 1$. У цьому випадку апостеріорна оцінка ОНДМ показника безвідмовності може бути розрахована за співвідношенням за умови $P_{1\gamma} \geq 1 - \gamma_a$.

$$P_{2\gamma} = 1 - \frac{1}{\gamma_a}(1 - P_{1\gamma})(1 - P_{на}) \quad (2)$$

Співвідношення (2) отримане фідуціальним методом [7] у припущенні, що апріорний розподіл випадкової величини P є рівномірним з імовірністю $1 - \gamma_a$ на інтервалі $[0, P_{на}]$ та з імовірністю γ_a на інтервалі $[P_{на}, 1]$.

У загальному випадку $P_{1\gamma}$ можна розраховувати за приблизним співвідношенням [8]

$$P_{1\gamma} \approx \frac{n-d}{n}(1-\gamma)^{\frac{1}{n-d}}, \quad (3)$$

де d – кількість виробів, що відмовили. Тоді співвідношення (2) можна записати у вигляді

$$P_{2\gamma} \approx 1 - \frac{1}{\gamma_a} \left[1 - \left(\frac{n-d}{n} (1-\gamma)^{n-d} \right) \right] (1 - P_{на}). \quad (4)$$

За умови, що випробування будуть безвідмовними, величина $P_{1\gamma}$ розраховується за співвідношенням

$$P_{1\gamma} = (1 - \gamma)^{1/n}. \quad (5)$$

Кількість виробів для випробувань пропонується обґрунтовувати, виходячи з припущення, що

$$P_{2\gamma} \geq P_{нотр.} \quad (6)$$

де $P_{нотр.}$ – потрібна ОНДМ показника безвідмовності.

Із співвідношень (2), (5) і (6) випливає, що мінімальний обсяг безвідмовних випробувань виробів за умов наявності апріорної інформації може бути розрахований за співвідношенням

$$n \geq \frac{\ln(1 - \gamma_{нотр.})}{\ln\left(1 - \gamma_a \frac{1 - P_{нотр.}}{1 - P_{на}}\right)}, \quad (7)$$

де $\gamma_{нотр.}$ – потрібна довірна імовірність для контролю показника безвідмовності. Розрахунок за співвідношенням (7) виконується при виконанні нерівності $P_{на} \leq P_{нотр.}$.

За умови відсутності апріорної інформації обсяг випробувань виробів, який потрібно спланувати, знаходиться за співвідношенням [4]

$$n = \frac{\ln(1 - \gamma_{нотр.})}{\ln P_{нотр.}}. \quad (8)$$

Співвідношення (7) можна використовувати:

для обґрунтування кількості ЗКР при КЛВ, при цьому як показник безвідмовності, що контролюється, рекомендується використовувати імовірність, яка дорівнює добутку $P_{н.н} P_{ез}$, де $P_{н.н}$ – імовірність того, що в період бойового чергування ЗКР, поставлена на передстартову підготовку, за результатами контролю передстартової підготовки буде визнана готовою до використання в бойовій роботі (або імовірність безвідмовної передстартової підготовки); $P_{ез}$ – умовна імовірність безвідмовної роботи ракети за час виконання польотного завдання за умови позитивного результату контролю передстартової підготовки;

для обґрунтування кількості ВСВ РД, при цьому як показника безвідмовності, що контролюється, використовується ІБР РД за тривалість його роботи.

Номінальні значення ІБР РД, з міркувань безпеки рекомендується обирати на рівні 0,95...0,99, а для ЗКР значення імовірності, яка є добутком $P_{н.н} P_{ез}$, рекомендується обирати на рівні 0,6...0,8.

Нижче наведені результати розрахунків мінімальної потрібної кількості ЗКР та РД для проведення випробувань за співвідношенням (7) у вигляді графіків залежностей мінімальної потрібної кількості випробувань n від величини апріорної ОНДМ: на рис. 1 – для РД, на рис. 2 – для ЗКР відповідно. Залежності будуються при виконанні нерівностей: $P_{на} \leq P_{нотр.}$ та $P_{2\gamma} \geq P_{нотр.}$

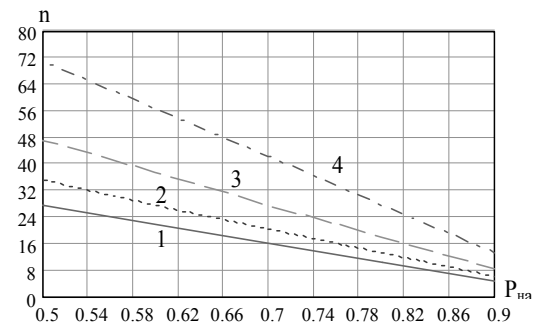


Рис. 1. Графіки залежностей мінімальних потрібних кількостей РД для ВСВ від величини апріорної ОНДМ при фіксованих величинах $\gamma_a = 0,8$; $\gamma_{нотр.} = 0,9$ та різних значеннях $P_{нотр.}$: 1 – 0,95; 2 – 0,96; 3 – 0,97; 4 – 0,98

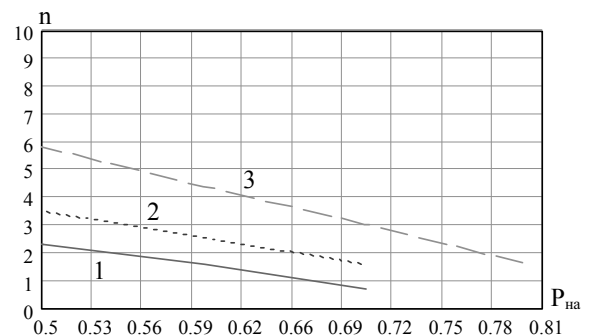


Рис. 2. Графіки залежностей мінімальних потрібних кількостей ЗКР для КЛВ від величини апріорної ОНДМ при фіксованих величинах $\gamma_a = 0,7$; $\gamma_{нотр.} = 0,85$ та різних значеннях $P_{нотр.}$: 1 – 0,6; 2 – 0,7; 3 – 0,8

На рис. 3 для порівняння наведені графіки залежностей мінімальних потрібних кількостей ЗКР та РД для проведення КЛВ та ВСВ від величини $P_{нотр.}$ за умов відсутності апріорної інформації, розраховані за співвідношенням (7).

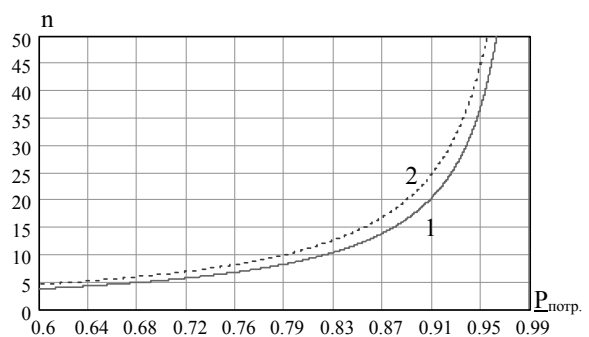


Рис. 3. Графіки залежностей мінімальних потрібних кількостей ЗКР та РД від величини $P_{нотр.}$: 1 – для ЗКР при $\gamma_{нотр.} = 0,85$; 2 – для РД при $\gamma_{нотр.} = 0,9$ за умов відсутності апріорної інформації

У табл. 1 для порівняння як приклад наведені мінімальні кількості ЗКР і РД, що потрібні для проведення КЛВ ЗКР та ВСВ РД за умов наявності і відсутності апріорної інформації щодо показників надійності для потрібних значень $\gamma_{нотр.}$ і $P_{нотр.}$. Дані для порівняння обрані з графіків залежностей, наведених на рис. 1–3.

Таблиця 1. Мінімальні кількості ЗКР і РД, що потрібні для проведення контрольних льотних та вогневих стендових випробувань

Потрібні величини ДІ та контрольного рівня Р для ЗКР	Характеристика апріорної інформації щодо надійності ЗКР	Потрібна кількість ЗКР для КЛВ	Потрібні величини ДІ та контрольного рівня Р для РД	Характеристика апріорної інформації щодо надійності РД	Потрібна кількість РД для ВСВ
$\gamma_{номп.} = 0,85;$ $P_{номп.} = 0,8$	$P_{на} = 0,6; \gamma_a = 0,7$	5	$\gamma_{номп.} = 0,9;$ $P_{номп.} = 0,95$	$P_{на} = 0,6; \gamma_a = 0,8$	22
	$P_{на} = 0,7; \gamma_a = 0,7$	3		$P_{на} = 0,7; \gamma_a = 0,8$	16
	$P_{на} = 0,8; \gamma_a = 0,7$	2		$P_{на} = 0,9; \gamma_a = 0,8$	4
	відсутня	8		відсутня	45

У разі виникнення відмов у процесі проведення випробувань кількість виробів для їх проведення повинна уточнюватися з використанням співвідношень (4) і (6). На рис. 4 показані графіки залежностей для апостеріорної ОНДМ $P_{2\gamma}$ від кількості виробів n при фіксованих значеннях $d, P_{на}, \gamma_a, \gamma_{номп.}$. При цьому потрібна кількість n обирається шляхом вирішення задачі графічним методом у відповідності до критерію (6). На графіках для прикладу обрана величина контрольного рівня $P_{номп.} = 0,95$ у відповідності до якої обирається потрібна кількість виробів n з урахуванням кількості відмов $d = \{0, 1, 2, 3\}$.

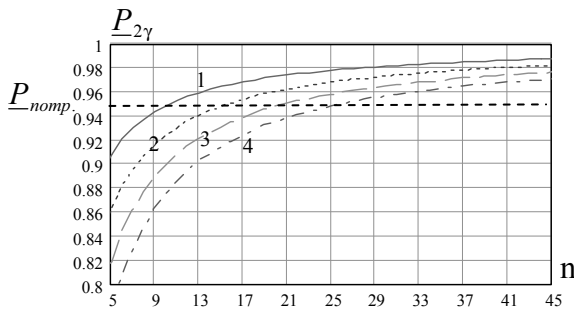


Рис. 4. Графіки залежностей апостеріорної оцінки ОНДМ показника безвідмовності від кількості РД для ВСВ при фіксованих $\gamma_{номп.} = 0,9; \gamma_a = 0,8; P_{на} = 0,8$: для $d=0$ (крива 1); для $d=1$ (крива 2); для $d=2$ (крива 3); для $d=3$ (крива 4)

З наведених графіків залежностей можна зробити висновки, що за умов виконання вимог щодо рівня ОНДМ $P_{номп.} = 0,95$ мінімальна потрібна кількість РД складає 10 виробів ($n=10$), а у разі випробувань з відмовами вона складає: 16 РД при $d=1$; 20 РД при $d=2$; 25 РД при $d=3$. Аналогічно побудовані графіки залежностей апостеріорної оцінки ОНДМ показника безвідмовності від кількості ЗКР при КЛВ. Як початкові дані прийняті такі: $\gamma_{номп.} = 0,85; \gamma_a = 0,7; P_{на} = 0,7$. З графіків випливає, що за умов виконання вимог щодо рівня ОНДМ $P_{номп.} = 0,8$ мінімальна потрібна кількість складає 4 ЗКР ($n=4$), а у разі випробувань з відмовами: 6 ЗКР при $d=1$; 8 ЗКР при $d=2$; 10 ЗКР при $d=3$.

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

при плануванні обсягів контрольних льотних випробувань ЗКР та вогневих стендових випробувань РД

необхідно проводити обґрунтування їх мінімальних обсягів з використанням співвідношень (2), (5), (7);

обґрунтовувати мінімальні потрібні кількості ЗКР та РД для проведення КЛВ та ВСВ можливо за наявності апріорної інформації у вигляді ОНДМ рівня $\gamma_a < 1$;

у більш загальному випадку при відмовах об'єктів випробувань ($d > 0$) при їх проведенні потрібно будувати залежність $P_{2\gamma}$ від n при різних кількостях відмов об'єктів d у відповідності до співвідношень (4) і обирати кількість виробів для випробувань в залежності від $P_{номп.}$ за критерієм (6).

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Ланецький Б. М., Жуков В. С., Алексєєв О. С. Основи теорії надійності, експлуатації та ремонту засобів зенітних ракетних систем : навч. посіб. Ч. 1. Х. : ХУПС, 2009. 509 с.
- Ланецький Б. Н., Коваль І. В., Лук'яничук В. В., Шоколовський А. А., Попов В. П. Особливості аналізу надійності ракетних двигателів твердого палива зенітних управляємих ракет для рішення задач продовження їх назначених показателів // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України / ХУПС. 2010. Вип. 2 (4). С. 82–87.
- Ланецький Б. Н., Коваль І. В., Шоколовський А. А., Попов В. П., Борисенко К. В. Рекомендації по обоснованню об'ємів испытаний зенітних управляємих ракет при рішення задач продовження їх назначених показателів // Системи обробки інформації. 2014. Вип. 4 (120). С. 25–31.
- Статистические задачи отработки систем и таблицы для числовых расчётов показателей надёжности : учеб. пособ. для вузов / под ред. Р. С. Судакова. М. : Высш. шк., 1975. 604 с.
- Скрипник В. М., Гречин А. Л. Альтернативные испытания малых выборок на надёжность / под ред. А. М. Широкова. Мн. : Наука и техника, 1986. 240 с.
- Надёжность технических систем : справ. / Ю. К. Белов, В. А. Богатырев, В. В. Болотин [и др.]. М. : Радио и связь. 1985. 608 с.
- Ланецький Б. М., Коваль І. В., Лук'яничук В. В. Обґрунтування обсягів випробувань зенітних керуваних ракет та ракетних двигунів твердого палива при їх тривалій експлуатації для вирішення завдань

- продовження призначених показників // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України / ХУПС. 2016. № 4 (25). С. 44–47.
8. Надёжность и эффективность в технике : справ. В 10 т. М. : Машиностроение, 1989. Т. 6: Экспериментальная отработка и испытания / под общ. ред. Р. С. Судакова, О. И. Тескина. – 374 с.
- Рецензент Б. О. Демідов**, д-р техн. наук, проф. (Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба)

УДК 004.942

І. В. ПУЛЕКО,*кандидат технічних наук, доцент
(Житомирський військовий інститут
ім. С. П. Корольова)*

Інформаційна технологія оперативного контролю стану малого літального апарата на основі часового подання вимірювальної інформації

Розроблена інформаційна технологія оцінки технічного стану малого літального апарата, що базується на основі подання вимірів параметрів контролю часовими інтервалами.

Разработана информационная технология оценки технического состояния малого летательного аппарата, которая базируется на основе представления измерений параметров контроля временными интервалами.

Світова тенденція до мікромініатюризації і застосування нанотехнологій у складних технічних системах привела до появи нових класів апаратів, таких як: безпілотні літальні апарати класів «міні» та «мікро» у авіаційних системах; мікро- нано- та пікосупутники в космічних системах; міні- мікро- нанороботи в робототехнічних системах [1–5]. З погляду теорії управління ці технічні системи об'єднує те, що об'єктом керування тут виступає малий динамічний апарат, який функціонує в певному середовищі і, як правило, знаходиться на великій відстані від системи керування. Характерними рисами таких апаратів є:

досить жорсткі ресурсні обмеження на масу, габарити, енергоресурси, що впливають на надійність (мале резервування) і живучість апаратів;

віддаленість від системи керування, що потребує високої автономності та інтелектуалізації бортового комплексу керування (БКК) і передбачає оцінку технічного стану та параметрів руху на борту апарата.

Оцінка технічного стану, а у багатьох випадках і параметрів руху таких апаратів, покладається на бортові інформаційно-телеметричні системи (БІТС). Забезпечення автономності та інтелектуалізація БКК висувають вимоги до БІТС малих апаратів щодо виконання бортового автоматичного контролю стану для здійснення оперативного керування.

Таким чином, для малих апаратів виникає нагальна потреба в розробці бортових систем та інформаційних технологій автоматичного контролю стану апарата, які б не вимагали великих обчислювальних ресурсів і енергетичних витрат.

Огляд останніх досліджень і публікацій показує, що інтелектуальні БІТС будуються за модульним принципом на сучасній елементній базі та дозволяють вимірювати велику кількість різних за фізичною природою телеметричних параметрів [1–5].

Проведені успішні експерименти із застосування нових фізичних принципів вимірювання в БІТС, зокрема концепції використання часових інтервалів як універсальної вимірювальної величини при виконанні процедур вимірювання значень інших фізичних величин, свідчать, що можливо суттєво покращити метрологічні, енергетичні і експлуатаційні характеристики БІТС [6–10]. Тому доцільним є подальший розвиток концепції використання часових інтервалів як універсальної вимірювальної величини для створення технологій оперативного контролю стану апаратів.

Основним завданням даної роботи є розробка технології оперативного контролю стану малого літального апарата на основі часового подання вимірювальної інформації.

З погляду теорії управління, оцінка стану літального апарата в польоті відіграє роль зворотного зв'язку, за допомогою якого оцінюється відповідність стану ЛА як об'єкта керування плановому на певний момент часу. Так, для застосування за цільовим призначенням ЛА необхідно послідовно управляти його апаратурою для переведення в задані стани. Для управління справним об'єктом необхідно за допомогою засобів і методів

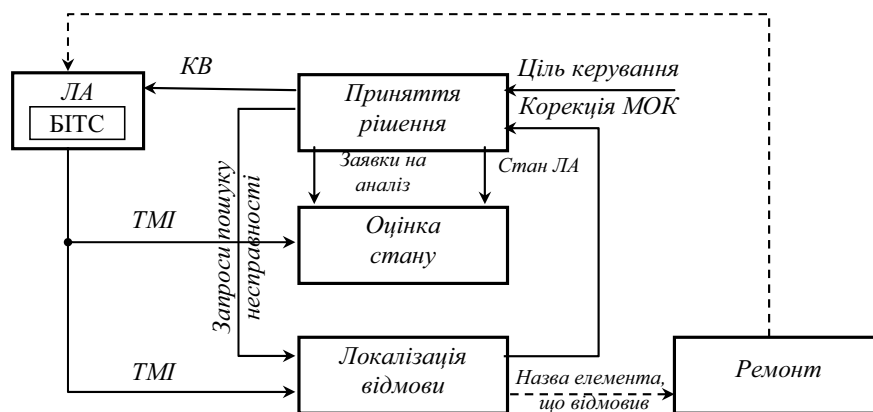


Рис. 1. Типова послідовність дій при управлінні

ідентифікації отримати модель його поведінки. За цією моделлю, знаючи стан на даний момент часу і цільовий стан, можна визначати послідовність керувальних впливів (КВ), реалізація якої забезпечує досягнення цільового стану. Таку модель управління об'єктом називають моделлю оперативного керування (МОК) [2], а завдання визначення послідовності дій, що управляють, – завданням керування апаратурою (рис. 1).

У процесі керування поточний стан ЛА, що визначається системою оцінки стану, періодично порівнюється з прогнозованим станом за МОК. Незбіжність цих станів означає перехід до нештатного управління ЛА і необхідності локалізації відмови. Після корекції моделі керування або відновлення об'єкта (ремонт) знов може здійснюватися штатне керування об'єктом.

Аналіз поточного стану малих літальних апаратів може проводитись шляхом здійснення оперативного контролю за допомогою автоматизованої системи контролю на борту. Оскільки малі ЛА мають обмеження за масовими, габаритними й енергетичними показниками, це обмежує їх обчислювальні ресурси, і тому повне вирішення оптимізаційних та статистичних задач на борту поки що неможливе. Тому контроль функціонування характеризує поведінку об'єкта в даному стані в нинішній момент часу і полягає в перевірці виконання об'єктом своїх функцій без їх повної кількісної оцінки, що для даного випадку являє собою контроль працездатності.

Контроль працездатності [1] – це допусковий або кількісний контроль параметрів з метою визначення працездатності системи: чи придатна вона для виконання своїх функцій. У даному виді контролю використовуються результати вимірювань параметрів, що характеризують роботу системи.

У сучасній техніці найбільшого застосування отримали чотири схеми контролю [1], що визначають алгоритм контролю і залежать від прийнятої моделі об'єкта контролю.

Перша схема контролю передбачає, що стан системи визначається сукупністю параметрів. Якщо параметри знаходяться в межах допусків, то система вважається працездатною. При виході хоч би одного параметра за межі допуску система стає непрацездатною. За цією

схемою вимірюються значення параметрів, порівнюються з допусками щодо номінальних значень і застосовується логічна схема І.

Друга схема передбачає, що моделлю системи як об'єкта контролю є сукупність параметрів, функціонально зв'язаних між собою через показник якості роботи. Знаходження показника якості в полі певного допуску щодо номінального значення забезпечує виконання системою поставлених завдань. За цією схемою проводиться вимірювання параметрів, обчислюється функціонально пов'язаний з параметрами показник якості, порівнюється із значенням, відповідним номінальним значенням параметрів.

Третя схема контролю передбачає, що показник якості визначається як функціонал від спостережуваних вихідних сигналів реальної і ідеальної систем. Залежність показника якості від параметрів невідома. За спостереженнями вихідних сигналів реальної і ідеальної систем формується оцінка показника якості. Далі отримана оцінка порівнюється з контрольними допусками і ухвалюється рішення про працездатність системи.

Перша і друга схеми контролю разом з оцінкою працездатності системи забезпечують рішення задачі діагностики.

Четверта схема здійснює контроль функціонування системи. За наслідками вимірювань сигнальних або діапазонних параметрів складається індикаторний осередок, що характеризує стан параметрів. Отриманий осередок порівнюється з контрольним осередком, зміст якого дає уявлення про дійсну картину положення датчиків при даному режимі роботи системи.

На відміну від класичної структури БІТС, у вимірювальних каналах яких вимірюваний сигнал, як правило, визначається амплітудною зміною вихідного сигналу, що, відповідно, потребує застосування аналого-цифрового перетворення миттєвого значення напруги і априорі передбачає виникнення пов'язаних з цим проблем, зокрема необхідності використання високостабільних джерел опорної напруги та струму, якісних підсилювачів та ретельного екранування вхідних кіл, у запропонованому підході пропонується здійснювати вимірювання значення вимірюваних фізичних величин шляхом визначення змін у тривалості на заданому рівні амплітуди

спеціальних імпульсних тестових сигналів (ІТС). Ці сигнали подаються на вхід живлення вимірювальної схеми та знімаються з її виходу. Таким чином, відпадає необхідність у забезпеченні постійного і високоякісного живлення вимірювальної схеми. Вхідні ІТС будуть одночасно виконувати енергетичну функцію живлення датчика і забезпечуватимуть формування вихідних імпульсних сигналів, у яких внаслідок дії вимірюваних фізичних величин спостерігатиметься зміна часової тривалості, яка буде вимірюватися наперед визначеному рівні [7–10].

Введемо до складу бортових систем додатково дві моделі:

модель допусків на часові параметри затримок сигналів, що є аналогом допусків на телеметричні параметри;

модель оперативного керування, що є прогнозованою функцією часу, команд керування та поточного стану ЛА.

Принциповою відмінністю від інших моделей подібного типу є те, що в цих моделях їхні складові подані у вигляді значень часових інтервалів, які характеризують телеметричні параметри, їх допуски та реакцію системи на команди керування. Такі моделі розраховуються перед польотами за апіорними даними про вимірювані фізичні величини і алгоритми функціонування ЛА при подачі команд керування та можуть бути записані в бортові запам'ятовуючі пристрої.

Тут і далі у цій статті будемо вважати, що БКК автоматично виконує функції підтримання стабільності польоту (реалізує основні функції автопілота). Тобто команди керування будуть направлені на перемикання фіксованих режимів роботи бортових систем та введення координат точок у просторі, до яких необхідно перемістити ЛА. Тоді формально інформаційну технологію

контролю стану, що реалізується в БКК з часовим поданням вимірювальної інформації, можна представити у вигляді, показаному на рис. 2.

$$s(t) = x(t) + \varepsilon(t); \tag{1}$$

сигнал $s(t)$ розподілений за нормальним законом з математичним сподіванням m_s і дисперсією D_s .

За критерій оптимальності приймемо умову мінімуму вірогідності прийняття помилкового рішення.

Побудуємо правило вибору рішень про знаходження параметра в полі допуску або поза ним. У такій постановці можливі дві гіпотези: перша – параметр в полі допуску і друга – параметр поза полем допуску. Правило рішення подамо відношенням правдоподібності

$$\Lambda(s) = \frac{p(s)}{1 - p(s)}, \tag{2}$$

де $p(s)$ – апостеріорна вірогідність першої гіпотези.

Тоді апостеріорна вірогідність знаходження параметра в полі допуску визначається як

$$p(s) = \int_{\Delta_1}^{\Delta_2} \varphi(x/s) ds, \tag{3}$$

де $\varphi(x/s)$ – щільність імовірності, Δ_1, Δ_2 – відповідно нижнє і верхнє поля допуску.

При нормальному законі розподілу

$$\varphi(x/s) = \frac{1}{\sqrt{\pi D_s}} \exp\left[-\frac{(x - m_s)^2}{2D_s}\right]. \tag{4}$$

Підставляючи рівність (4) у вираз (3) і виконуючи інтеграцію, отримуємо

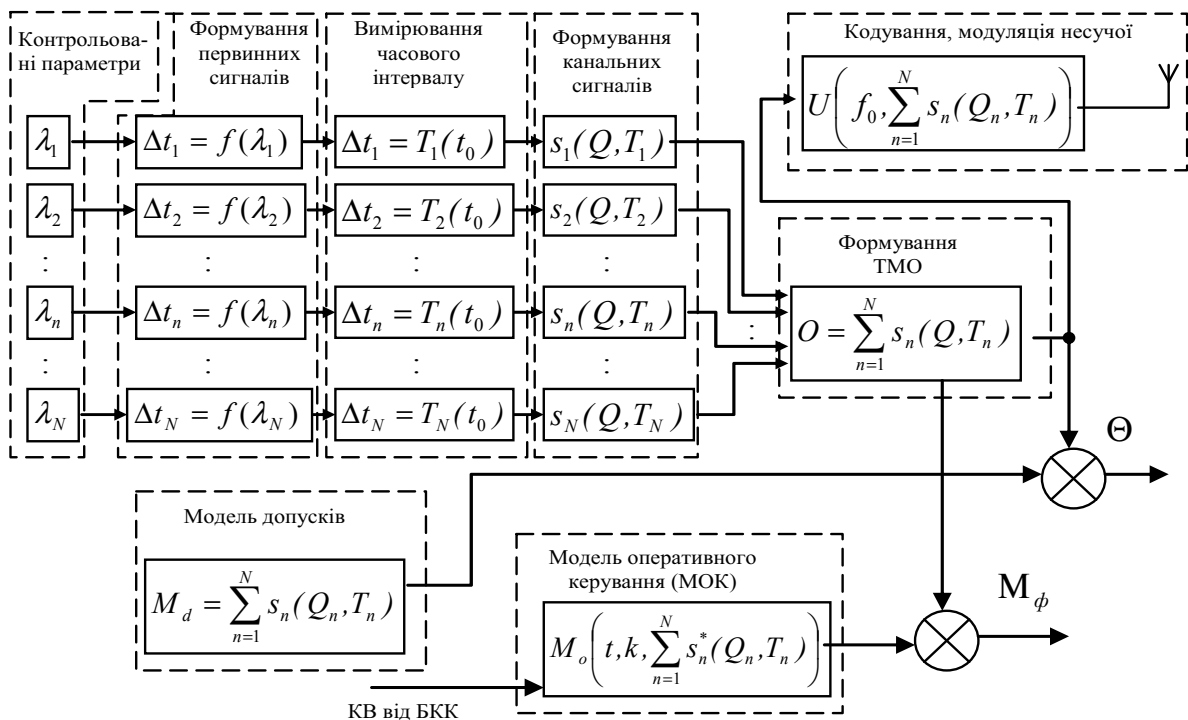


Рис. 2. Інформаційні процеси, що відбуваються в БІТС з часовим поданням вимірювальної інформації

$$p(s) = \Phi(\bar{\Delta}_2 - \bar{m}_s) - \Phi(\bar{\Delta}_1 - \bar{m}_s). \quad (5)$$

де $\bar{\Delta}_1 = \frac{\Delta_1}{\sigma_s}$, $\bar{\Delta}_2 = \frac{\Delta_2}{\sigma_s}$ – відносні допуски; $\bar{m}_s = \frac{m_s}{\sigma_s}$.

Відношення правдоподібності запишеться тепер у вигляді

$$\Lambda(s) = \frac{\Phi(\bar{\Delta}_2 - \bar{m}_s) - \Phi(\bar{\Delta}_1 - \bar{m}_s)}{1 - \Phi(\bar{\Delta}_2 - \bar{m}_s) + \Phi(\bar{\Delta}_1 - \bar{m}_s)}. \quad (6)$$

Тоді правило прийняття рішення сформулюємо таким чином: якщо $\Lambda(s) \geq 1$, то приймається рішення про знаходження параметра в полі допуску, якщо $\Lambda(s) < 1$, то параметр знаходиться поза полем допуску.

У формулі (6) \bar{m}_s є апостеріорним математичним сподіванням. Для цілей контролю зручніше використовувати величину апіорного математичного сподівання і, відповідно, допуски відлічувати також від цієї величини. У цьому випадку в полі допуску може з'явитися асиметрія щодо апіорного математичного сподівання. Тому, за аналогією з [1], доцільно ввести коефіцієнт асиметрії поля допуску ν . Він змінюється від нуля до одиниці.

При симетричному щодо апіорного математичного сподівання полі допуску коефіцієнт асиметрії дорівнює одиниці. У результаті формула (6) запишеться в нових позначеннях:

$$\Lambda(s) = \frac{\Phi(\nu\bar{\Delta} - \bar{M}_s) + \Phi(\bar{\Delta} + \bar{M}_s)}{1 - \Phi(\nu\bar{\Delta} - \bar{M}_s) - \Phi(\bar{\Delta} + \bar{M}_s)}. \quad (7)$$

де $\bar{M}_s = m_s - m'_s$, $\nu\bar{\Delta} = \Delta_2 - m'_s$, $\bar{\Delta} = \Delta_1 - m'_s$; m'_s – апіорне математичне сподівання.

Для зменшення обчислювальної складності замість порівняння відношення правдоподібності (7) з одиницею можна порівнювати з 0,5 величину

$$\Lambda(\bar{M}_s) = \Phi(\nu\bar{\Delta} - \bar{M}_s) + \Phi(\bar{\Delta} + \bar{M}_s). \quad (8)$$

Еквівалентність цієї процедури можна перевірити діленням рівності (7) на її чисельник. Правило рішення в цьому випадку визначатиметься так: якщо $\Lambda(\bar{M}_s) \geq 0,5$, то параметр в полі допуску; якщо $\Lambda(\bar{M}_s) < 0,5$, то параметр поза полем допуску.

Це правило можна спростити, переходячи до безпосереднього порівняння оцінки параметра з деяким новим контрольним допуском. Величина контрольного допуску знаходиться з умов $\Lambda(\bar{M}_s) = 0,5$. Аналітично контрольні допуски визначаються за розв'язанням рівняння

$$\Phi(\nu\bar{\Delta} - \bar{\Delta}_{kon}) + \Phi(\bar{\Delta} - \bar{\Delta}_{kon}) = 0,5. \quad (9)$$

де $\bar{\Delta}_{kon}$ – контрольний допуск.

Для рішення практичних задач визначення контрольних допусків необхідно розв'язати рівняння (9) і побудувати залежності контрольних допусків від абсолютного допуску і коефіцієнтів асиметрії. На рис. 3 зображені криві для визначення відносних контрольних допусків як функцій відносних допусків і різних значень коефіцієнта асиметрії [1].

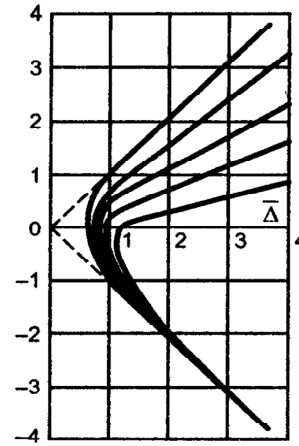


Рис. 3. Графіки відносних контрольних допусків

З рис. 3 можна зробити висновок, що при $\nu = 1$ контрольний допуск прямує до асимптоти – бісектриси координатного кута. При значній асиметрії поля допуску відносний контрольний допуск стає менше відносного допуску і поле допуску звужується.

Процедура ухвалення рішення «параметр в полі допуску або поза ним» є процесом порівняння оцінки параметра з контрольними допусками. Ухвалюється рішення «параметр в полі допуску», якщо його оцінка лежить усередині контрольних допусків, і «параметр поза полем допуску», якщо оцінка знаходиться поза контрольними допусками. Дана процедура ухвалення рішення забезпечує мінімум вірогідності помилкових рішень.

Працездатність системи по декількох параметрах визначається шляхом ухвалення рішення по кожному параметру за описаною схемою.

Для зручності автоматизації контролю сигналу, що не вийшов за межі допуску, присвоюється ознака «1», а що вийшов за нього – «0». Тоді правило оцінки працездатності Θ виглядає таким чином: якщо в результаті логічного множення виходить одиниця, то система працездатна, якщо нуль – непрацездатна.

Контроль функціонування систем здійснюється з використанням МОК, що розрахована заздалегідь на підставі програми роботи системи $M_i \left(t, k, \sum_{n=1}^N S_n^*(Q_n, T_n) \right)$.

У даному випадку пропонується подати МОК матрицею станів блоків системи при виконанні тієї або іншої операції згідно з програмою роботи. Число стовпців матриці дорівнює кількості блоків системи, а число рядків – числу запланованих операцій.

Кожен елемент матриці подається нулем або одиницею. Одиниця відповідає ввімкненому стану, а нуль – вимкненому. Тоді номер рядка є кодом операції. Сформована матриця зберігається в пам'ятовуючому пристрої автоматизованого комплексу обробки інформації. Виконання запланованих операцій проводиться за командами, що виробляються БКК. Команда подається кодом виконуваної операції.

Відповідно до програми роботи від системи БКК подаються команди (КВ) для виконання системою

запланованих операцій. Ця ж команда подається в пристрій пам'яті комплексу, де за її кодом обирається відповідний рядок матриці. Обраний рядок є моделлю системи при виконанні команди. За командою система виконує передбачену операцію. Система контролю проводить вимірювання контрольованих параметрів.

За наслідками контролю в ЕОМ комплексу формується образ стану системи O . Потім проводиться порівняння ТМО з обраним рядком матриці МОК. При збігу моделі й отриманого образу робиться висновок про нормальне функціонування системи. При незбігу хоч би одного елемента образу робиться висновок про ненормальне функціонування системи.

Висновки. Таким чином, розроблено інформаційну технологію оцінки технічного стану малого ЛА, що базується на основі подання вимірів параметрів контролю часовими інтервалами. За допомогою цієї технології одночасно можна здійснювати контроль стану та контроль функціонування систем ЛА без застосування складних обчислень.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Современная телеметрия в теории и на практике : учебн. курс / А. В. Назаров, Г. И. Козырев, И. В. Шитов [и др.]. СПб. : Наука и техника, 2007. 672 с.
2. Управління космічними апаратами : підручн. / М. Ф. Пічугін, П. П. Топольницький, І. В. Пулеко [та ін.]. Житомир : ЖВІ НАУ, 2009. 280 с.
3. Блинов В. Н., Иванов Н. Н., Сеченов Ю. Н., Шалай В. В. Малые космические аппараты. Миниспутники. Унифицированные космические платформы для малых космических аппаратов. Омск : ОмГТУ, 2010. 348 с.
4. Барановский А. М., Белозеров В. А., Опрышко Д. И. Комбинированная модель процесса оценивания достоверности контроля технического состояния космических аппаратов в условиях неопределенности. М. : Изв. ВУЗОВ. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 4. С. 56–62.
5. Матюшин М. М. Оперативная оценка параметров состояния космического аппарата. 2011. URL: <http://www.i-mash.ru/materials/automation/15003-operativnaja-ocenka-parametrov-sostojaniya.html>.
6. Пулеко І. В., Рихальський О. Р., Павленко М. М., Андреев О. В. Алгоритм згладжування телеметричних параметрів космічних апаратів з використанням вейвлет-перетворення // Збірник наук. праць ЖВІРЕ. Житомир : ЖВІРЕ, 2006. С. 91–99.
7. Пулеко І. В. Визначення припустимої похибки обробки телеметричних вимірів. / Пулеко І. В., Рихальський О. Р., Топольницький П. П., Андреев О. В. // Збірник наукових праць ЖВІРЕ – Шабатура Ю. В., Пулеко І. В., Чумакевич В. О. / Теоретичні аспекти побудови телеметричних систем космічних апаратів з часовим представленням вимірювальної інформації // Військово-технічний зб. / Академія сухопутних військ. № 1 (4). Львів : АСВ, 2011. С. 43–49.
8. Шабатура Ю. В. Пулеко І. В., Чумакевич В. О. Теоретичні аспекти побудови телеметричних систем космічних апаратів з часовим представленням вимірювальної інформації // Військово-технічний зб. / Академія сухопутних військ. № 1(4). Львів : АСВ, 2011. С. 43–49.
9. Пулеко І. В., Шабатура Ю. В., Чумакевич В. О. Синтез радіотелеметричних комплексів космічних апаратів з часовим представленням інформації при мінімізації витрат // Військово-технічний зб. / Академія сухопутних військ. № 1(6). Львів : АСВ, 2012. С. 94–99.

Рецензент І. А. Пількевич, д-р техн. наук,
проф., заслужений діяч освіти України
(Житомирський військовий інститут
ім. С. П. Корольова)

С. М. ПЕТРУК,

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

Безпілотні авіаційні комплекси в збройних конфліктах останніх десятиріч

Проведено аналіз застосування безпілотних авіаційних комплексів під час збройних конфліктів останніх десятиріч та з урахуванням досвіду проведення антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей.

Ключові слова: безпілотні авіаційні комплекси, ретранслятори, радіоелектронне придушення.

Проанализировано применение беспилотных авиационных комплексов в вооруженных конфликтах последних десятилетий и с учетом опыта проведения антитеррористической операции на территории Донецкой и Луганской областей.

Ключевые слова: беспилотные авиационные комплексы, ретрансляторы, радиоэлектронное подавление.

Воєнні конфлікти кінця ХХ – початку ХХІ століття характеризуються застосуванням великої кількості нового озброєння, що дозволило ворогуючим сторонам максимально дистанціюватися від безпосереднього зіткнення один з одним [1]. Одним з новітніх зразків озброєння на полі бою стали безпілотні авіаційні комплекси (БпАК), що під час воєнних конфліктів довели свою здатність значно ефективніше, ніж пілотовані літаки, вести повітряну розвідку та виконувати інші завдання бойового забезпечення, а також завдавати удари по противнику.

На сьогоднішні існує велика кількість різноманітної літератури про способи застосування БпАК під час збройних конфліктів останніх десятиріч, але цей досвід недостатньо систематизований.

Тому **метою** статті є систематизація способів застосування безпілотних авіаційних комплексів під час збройних конфліктів останніх десятиріч та з урахуванням досвіду проведення антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей.

Можливість успішного виконання різноманітних завдань за допомогою БпАК продемонстровано під час воєнних конфліктів на Близькому Сході (1982–2008), Балканах (1999), в Афганістані (2001–2008) та на Кавказі (1994–2008) [2].

Після воєнного конфлікту в Іраку 1991 року зростає роль, кількість та різноманітність БпАК порівняно з пілотованою розвідувальною авіацією. БпАК у бойовій обстановці стали більш результативно та оперативно, ніж пілотовані літаки-розвідники, вирішувати завдання без ризику для особового складу.

З 2006 року в ізраїльській армії вперше застосували БпАК в інтересах усіх структурних підрозділів та частин від бригади до взводу всередині одного виду – сухопутних сил.

Розглянемо основні варіанти застосування БпАК під час локальних конфліктів останніх десятиріч. На першому етапі основними задачами, що вирішувались за допомогою БпАК, було виявлення цілей, оцінювання результатів повітряних ударів; проведення спільних операцій з пілотованими літаками і наземними частинами.

Крім того, БпАК використовували для відстеження пересування людей і техніки у прикордонних районах. Розвідувальні БпАК виконуються в основному за літаковими схемами. Серед розвідників найбільш популярним на світовому ринку є ізраїльський БпАК Hunter. До недоліків БпАК Hunter відноситься їх порівняно низька надійність, що проявилася на стадії військових випробувань [3].

Досвід бойових дій у Перській затоці виявив необхідність у спеціальних БпЛА типу HALE (High-Altitude Long-Endurance), що здатний тривалий час здійснювати польоти на великій висоті та передавати необхідну інформацію в реальному масштабі часу. Війна в Перській затоці сприяла формуванню в США концепції глобальної розвідувально-інформаційної системи С³I (командування, зв'язок, управління та розвідка). Пріоритетними в зазначеній системі є:

забезпечення екіпажів бойових літаків оперативною інформацією про тактичну обстановку;

зменшення ймовірності завдання авіаційних ударів по власних силах завдяки кращому інформуванню про лінію зіткнення військ;

використання розвідувальних даних для застосування високоточного озброєння;

різке зменшення часу затримки інформації, передача її в реальному масштабі часу;

забезпечення координації дії ударних та розвідувальних засобів [4].

Розглянемо основні параметри каналів управління та передачі даних як ключової складової для всіх типів БпАК, що впливає на вибір способу застосування БпАК.

Канали зв'язку між БпЛА та наземними підрозділами можна порівняти до авіаційного каналу з явищами багатопробеневого поширення радіохвиль, розсіювання та дифракції [9]. БпЛА спеціального призначення, як правило, працюють за умови відсутності прямої видимості між наземним пунктом управління та БпЛА, тому миттєве значення обвідної $A_{\text{фл}}(t)$ флюктуючого сигналу розподілене за законом Релея [9]:

$$p(A_{\text{фл}}) = \frac{A_{\text{фл}}}{\sigma_{\text{фл}}^2} e^{-\frac{A_{\text{фл}}^2}{2\sigma_{\text{фл}}^2}},$$

де $\sigma_{\text{фл}}^2$ – дисперсія швидкого замирання. Фаза замираючого сигналу $\Theta_{\text{фл}}$ розподілена за рівномірним законом в інтервалі $[0, 2\pi]$ [9].

Наступним параметром, що впливає на якість каналу зв'язку БпАК, є втрати при поширенні сигналів та затінювання, що виникає унаслідок нерівності земної поверхні. Середні втрати радіосигналу на трасі визначаються за формулою

$$L(d) = L(d_0) + 10\gamma \log_{10}(d/d_0) + X_{\sigma},$$

де $L(d_0)$ – середні втрати на трасі прямої видимості при еталонній відстані d_0 у вільному просторі між передавачем та приймачем, γ – експонента втрат на трасі, що залежить від навколишнього середовища, X_{σ} – логарифмічне нормальне замирання внаслідок затемнення.

Одним з важливих показників якості каналу є залежність ймовірності бітової помилки від відношення сигнал/шум. Різниця між реальними (прийнятими) відношеннями сигнал/шум дає енергетичний резерв лінії зв'язку

$$M = P_T + G_R + G_T - L_s - L_0 - P_s,$$

де L_0 – коефіцієнт втрати системи, не пов'язаний з поширенням (втрати у фідері та в інших складових системи управління), P_s – чутливість приймача, G_R, G_T – коефіцієнти підсилення передаючої та приймальної антен, P_T – потужність випромінювання, L_s – втрати, пов'язані з поширенням радіохвиль.

Потребує також уваги і те, що БпАК також використовуються для забезпечення інформаційної підтримки бойових дій, що стало кардинальним рішенням у забезпеченні інформаційних послуг угруповань військ за

допомогою ширококутового безпроводового доступу, названих телекомунікаційними системами на базі високопіднятих аероплатформ (ТСВА), або англійською мовою High Altitude Platform Station (HAPS) [10]. Основний принцип ТСВА полягає в реалізації ширококутового зв'язку за допомогою ретрансляючої станції, розташованої на спеціальній аероплатформі у стратосфері.

Слід зазначити, що крім офіційного терміна HAPS, введеного рекомендаціями Міжнародного союзу електровз'язку (МСЕ, на англійському International Telecommunication Union, ITU), існують й інші назви подібних систем, наприклад, високопідняті платформи HAPs (High Altitude Platforms), платформи високопідняті тривалої дії HALE (High Altitude Long Endurance), стратосферна мережа безпроводового доступу (Stratospheric Wireless Access Network), стратосферна радіоплатформа SPR (Stratospheric Platform Radio) й ін. Загальна класифікація БпАК зображена на рис. 1.

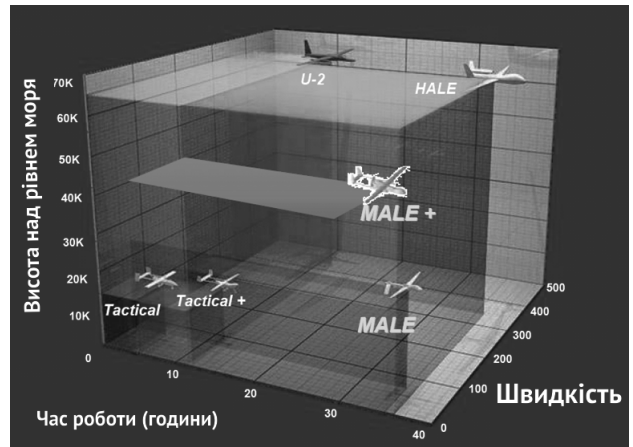


Рис. 1. Загальна класифікація БпАК

Розглянемо основні типи БпЛА, що використовуються для забезпечення потреб зв'язку угруповань військ. Найбільш дешевим та простим рішенням є застосування дирижаблів різної технічної конструкції (рис. 2).



Рис. 2. Прив'язний аеростат Au-17

Прив'язний аеростат являє собою платформу-носію корисного вантажу. Кабель-трос утримує аеростат під час підйому, спуску і стоянці на робочій висоті, забезпечуючи електропостачання бортових систем і корисного вантажу.

Найчастіше аеростати застосовуються з метою: боротьби з контрабандою; виявлення ракет на малій висоті;

охорони границь, боротьби з піратством; дальньої радіолокаційної розвідки; ретрансляції різних видів зв'язку.

Важливою віхою в створенні аероплатформ стало використання економічних безпілотних літаків. Так, як середньопідняту аероплатформу компанія General Atomics пропонує БпАК «Predator RQ-1» (рис. 3).



Рис. 3. БпЛА Predator RQ-1

БпАК має в своєму складі телевізійну і інфрачервону камеру, РЛС, обладнання зв'язку й керування. Управління БпЛА відбувається із Землі оператором через спеціальну станцію з 6,25-метровою антеною в Кудіпазоні.

У рамках проекту ERAST (Environmental Research Aircraft and Sensor Technology), що здійснюється під егідою NASA, компанія AeroVironment Inc. розробляє безпілотні аероплани, джерелом електроенергії для яких служать розміщені на верхній поверхні крил сонячні батареї компанії SunPower Corp. із загальною потужністю 35 кВт і з коефіцієнтом корисної дії 18,4% (розмір однієї чарунки батареї складає 32×70 мм).

Наступним етапом в розвитку літаків на сонячних батареях став Centurion із розмахом крил 62 м, що послужив конструктивною основою для створення в 1999 році унікального автономного літака «Helios» (рис. 4).

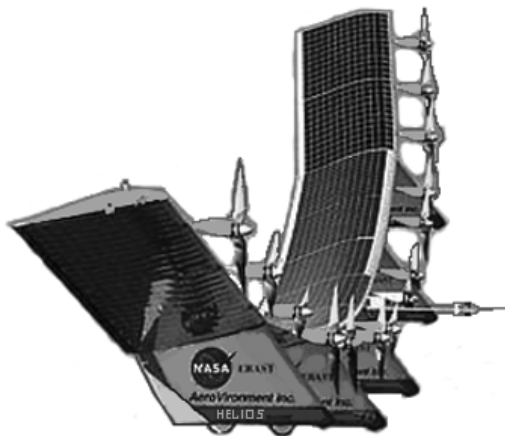


Рис. 4. БпАК «Helios»

Позитивний досвід, отриманий компанією AeroVironment Inc., спонукав підрозділ Politecnico di Torino при ASI (Italian Space Agency) розпочати роботу над проектом аналогічного безпілотного літака на сонячних батареях під назвою HELIPLAT (скорочення від слів HELIos PLATform) для створення європейської аероплатформи під ТСВА (рис. 5).

Ця аероплатформа призначається для навігаційних та телекомунікаційних цілей, причому, у першу чергу, для забезпечення мобільного зв'язку 3-ї і 4-ї генерацій.

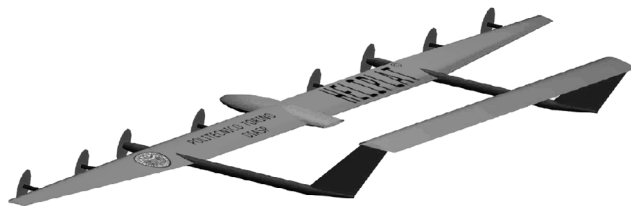


Рис. 5. БпЛА HELIPLAT

Використання сучасних новітніх технологій дозволило підняти на якісно новий рівень створення й експлуатацію літальних апаратів як важчих, так і легших за повітря, а на їх базі почати розгортання аероплатформ для реалізації нового виду телекомунікацій – ТСВА.

Потрібно відзначити, що однією з найпривабливіших властивостей аероплатформ, на відміну від супутників, є можливість безпосереднього доступу до телекомунікаційного устаткування. Це робить системи на базі аероплатформ гнучкими, дозволяє проводити обслуговування бортового обладнання та його модернізацію [10]. Як телекомунікаційні аероплатформи можуть бути залучені як аеростатні БпЛА, так і БпЛА літакового типу.

До переваг використання аеростатних БпЛА відносяться їх спроможності довгого перебування у повітрі без допоміжної дозаправки паливом чи газом, підйому значних вантажів, простота керування. Основною проблемою при використанні аеростатних БпЛА залишається не вирішене до кінця питання забезпечення їх економічними потужними двигунами, що повинні підтримувати аеростат у заданому положенні на значних висотах і, особливо, у стратосфері.

Переваги літакових БпЛА як носіїв телекомунікаційного обладнання полягають у тому, що вони не залежать, як аеростати, від повітряних потоків, можуть деякий час знаходитися в режимі планування, мають відпрацьовані технології свого будівництва й підтримки польотів.

До недоліків звичайних літакових БпЛА з паливними двигунами можна віднести постійну потребу в паливі, що значно обмежує їх перебування в повітрі. Причому з ростом висоти польоту потреби в паливі збільшуються. Даного недоліку не мають автономні аероплани на сонячних батареях. У них поки що одна вада – невелика вантажопідйомність.

З проведеного аналізу БпАК для телекомунікаційних систем поки що можна вважати найуспішнішими проектами створення дирижабля «StratSat» та автономних безпілотних літаків «Pathfinder Plus», «Centurion» і «Helios».

Розглянемо поетапні зміни і трансформацію завдань бойового забезпечення та поступове перетворення розвідувальних БпАК у розвідувально-ударні.

Поступово на безпілотну авіацію почали перекладатися інші завдання, властиві раніше лише пілотованій

авіації. Серед них завдання бойового забезпечення: виявлення та дезорієнтування зенітно-ракетних комплексів противника; радіоелектронна протидія; радіоперехоплення; пошук та виявлення мін; ретрансляція сигналів. Успішне виконання цих завдань стимулювало збільшення кількості завдань для БпАК. Тому розпочалися роботи із створення БпАК тилової підтримки, БпАК евакуації поранених з поля бою та БпАК-заправників.

Досвід взаємодії розвідувальних БпАК і ударних засобів показав важливість проблеми максимального скорочення часу на доведення інформації до ударних засобів. Головною проблемою була втрата часу ударними літаками на пошук цілей, що вже були до цього виявлені за допомогою БпАК. Вихід було запропоновано в 1982 році, коли ізраїльські БпАК застосовували лазерні цілевказники.

З того часу БпАК після виявлення та ідентифікації цілі, у разі визначення цієї цілі для ураження, підсвічував її лазером, по якому ракети з лазерною системою наведення наводилися на ціль з ударних літаків. Екіпаж літака вже не втрачав час на пошук, ідентифікацію та супроводження цілі, а зосереджувався тільки на застосуванні озброєння.

Під час бойових дій в Косово у 1998–1999 роках, коли БпАК доводилося діяти по мобільних об'єктах, розвідувальна інформація від БпАК надходила до ударних літаків із запізненням і координати об'єктів вже не відповідали їх дійсному місцезнаходженню, що призводило до марного вильоту бойової авіації або витрат боєприпасів. Один із способів вирішення цієї проблеми – забезпечити прямий зв'язок між БпАК у повітрі та конкретним літаком, призначеним для завдання ракетно-бомбового удару, – було реалізовано на Балканах завдяки включенню БпАК в єдину систему обміну даними на базі повітряних командних пунктів (КП), що стали основою розвідувально-ударних систем.

Переломною подією в безпілотній авіації стало використання БпЛА як носія засобів ураження. Перше бойове застосування розвідувально-ударного БпЛА «Predator», озброєного двома протитанковими ракетами «Hellfire», відбулося в Афганістані в жовтні 2001 року [5].

Поява розвідувально-ударного БпАК привела до змін в тактиці бойового застосування безпілотної авіації, яка почала суміщати тактику пілотованої розвідувальної та бомбардувальної авіації. На зміну “спеціальному бойовому польоту” прийшла нова форма бойових дій БпАК – “авіаційний удар”. Відзначено появу нового для БпАК способу застосування – “вільного полювання”, нових тактичних прийомів – пошук цілі в заданому секторі (зоні) та баражування в заданому районі.

В останній час стали говорити, що бойовий БпАК можна вважати винищувачем шостого покоління, так як сучасні винищувачі п'ятого покоління, скоріш за все, стануть останніми пілотованими літаками у своєму класі. Створення спеціалізованих БпАК зараз має пріоритетний характер. За думкою фахівців, саме такі БпАК будуть найбільш ефективні, так як при їх створенні можуть бути використані найбільш передові технології. Бойові БпАК дозволять не тільки виключити ризик

для льотного складу (особливо при виконанні особливо важливих та небезпечних завдань), але й здійснювати польоти з перевантаженнями більше 15g. Використання технології “Стелс” дозволить знизити радіолокаційну та теплову помітність. Бойові БпЛА можуть тривалий час знаходитися в повітрі, вести пошук цілей та знищувати їх. Окрім рішення бойових задач такі апарати зможуть використовуватися одночасно для розвідки та радіоелектронної боротьби [6].

Застосування БпАК у воєнних конфліктах відбувалося під впливом трьох основних груп факторів: особливостей умов ведення збройної боротьби, науково-технічного прогресу та воєнно-економічних чинників.

На застосування БпАК найсуттєвіше впливали зміни характеру збройної боротьби, що сталися в зазначений період, та складні фізико-географічні умови районів ведення бойових дій. Складний рельєф, кліматичні та метеорологічні умови районів конфліктів, переміщення бойових дій на вулиці міст істотно зменшували, а іноді робили неможливим застосування наземної розвідки та пілотованої розвідувальної авіації. Однак на БпАК ці умови впливали значно менше, що обумовило пріоритетність їх застосування. Крім того, особливості фізико-географічних умов висунули додаткові вимоги безпосередньо до БпАК, що привело до відповідних змін їх характеристик та можливостей.

Зростання кількості нових типів БпАК супроводжувалося збільшенням та трансформацією завдань, що на них покладалися, а збільшення кількості завдань логічно взаємопов'язано зі змінами льотно-технічних характеристик та можливостей БпАК, які відбувалися паралельно. У результаті БпАК почали поділятися на класи: стратегічні, оперативно-тактичні та тактичні.

У період з 1982 по 1991 рік для безпілотної авіації були притаманні два основні завдання: розвідка та імітація повітряних цілей. З 1982 року від операції “Мир Галілеї” під час арабо-ізраїльського конфлікту БпАК почали виконувати лазерне супроводження цілі, що істотно скоротило час на реагування ударних засобів. У 1991 році під час конфлікту в Іраку БпАК обладнали спеціально розробленою для пошуку мін апаратурою, яка дозволяла виявляти та ідентифікувати міни. Завдяки створенню розвідувального обладнання на різних фізичних принципах БпАК окрім фотографічної та телевізійної розвідки почали вести тепловізійну, радіо-, радіотехнічну та інші види повітряної розвідки [7].

У період з 1991 по 2001 роки перенасичення обсягів розвідувальної інформації різного характеру примусило застосовувати БпАК як ретранслятори сигналів. Для скорочення часу на доведення інформації про об'єкти до ударних сил БпАК включили в єдину розвідувально-ударну систему, в якій вони виконували розвідувальні функції.

Третій етап в історії застосування безпілотної авіації (з 2001 року) характеризується початком активного використання БпАК як носія засобів ураження. Через активізацію в зазначений період терористичної діяльності і виникнення у зв'язку з цим необхідності боротьби з новими загрозами БпАК почали вирішувати малі

за тактичним значенням, але складні за технічним виконанням проблеми: радіоперехоплення телефонних дзвінків та їх придушення, створення мобільних систем стільникового зв'язку.

Під час воєнних конфліктів відбулися зміни тактики застосування БпАК, яка наблизилася до тактики пілотованої авіації. У розвитку форм бойового застосування БпАК стався перехід від спеціального бойового польоту, який практикувався для розвідки під час проведення операцій класичного типу на першому та другому етапах, до застосування нового для БпАК, але типового для пілотованої авіації форми – авіаційного удару, характерного для операцій третього етапу. Розвиток форм застосування БпАК зумовив появу на третьому етапі нової форми – комплексного польоту. У перспективі слід очікувати появу ще однієї форми бойових дій БпАК – повітряного бою.

Виявлено зміни у способах застосування БпАК: використання замість пусків поодиноких БпЛА (на першому етапі) послідовного запуску паралельними маршрутами двох БпЛА (на другому етапі), а надалі, з оснащенням БпЛА засобами ураження (на третьому етапі), – “вільне полювання”. Безпілотні літальні апарати взяли на озброєння такі типові прийоми дій пілотованої авіації, як пошук цілі у заданому секторі (зоні) та баражування в заданому районі.

Протягом кожного з визначених етапів розвитку встановлені характерні риси та особливості застосування БпАК. Загальними характерними рисами усього періоду стали: активне ведення розвідки за допомогою БпАК задовго до початку виникнення конфлікту; прерогатива розвідувальних даних, які добували БпАК, перед традиційною кількісною перевагою в силах і засобах над противником.

Залежно від конкретної обстановки, сил противника, природно-географічних умов районів конфліктів та завдань головними особливостями застосування БпАК були такі: на першому етапі – одночасне використання в операціях БпЛА різного призначення (розвідувальних, хибних цілей); комплексне застосування БпАК разом з іншими силами і засобами розвідки (повітряної, космічної, наземної, морської і спеціальної); на другому етапі – застосування БпАК у складі розвідувально-ударних систем; диференційний підхід до застосування конкретних типів БпАК під час виконання визначених завдань; на третьому етапі – обмеження ударних можливостей БпАК характеристиками озброєння; поступовий перехід від загального озброєння БпАК до спеціалізованого під конкретні цілі [10].

Висновки. У ході роботи проведено аналіз способів застосування БпАК у ході локальних конфліктів останніх десятиріч, а також визначено тенденції застосування та розвитку БпАК, а саме: збільшення обсягу завдань, покладених на БпАК; багатоцільове використання БпАК; комплексне застосування БпАК разом з іншими силами і засобами різних видів військової розвідки; цілодобове ведення повітряної розвідки за допомогою БпАК у будь-яких погодних умовах; інтеграція БпАК і засобів ураження; застосування БпАК як носіїв засобів

ураження; включення БпАК до єдиної системи управління повітряним рухом; використання БпАК в інтересах усіх ланок управління.

Це обумовлюється рядом переваг БпАК над пілотованими авіаційними комплексами (АК), основними з яких є: відсутність екіпажу на борту (відсутність втрат льотного складу); здатність перебування у високих ступенях бойової готовності практично необмежений термін; можливість здійснення тривалого польоту в широкому діапазоні висот і перевантажень; менші розміри, помітність і уражуваність від засобів ППО; менші витрати на експлуатацію; значно менші вартість та термін підготовки оператора БПЛА; менша чутливість до якості зовнішнього цілевказання; можливість виконання бойового завдання як автономно, так і в контурі автоматизованого управління і контролю з боку оператора в реальному масштабі часу.

При цьому для забезпечення виконання бойових завдань БпАК з ударними БпЛА повинен мати такі якості: високу досяжність об'єктів дій; високу живучість від засобів ППО противника; широку номенклатуру керованих засобів ураження, багаторазовість бойового застосування; низьку вартість створення потрібного угруповання змішаного пілотованого і безпілотного складу; здатність виконання автономного (високоточного) польоту з можливістю оперативної зміни програми польоту; можливість виявлення та прицілювання по об'єктах дій за участю наземних операторів, передачі інформації по каналах двостороннього зв'язку, реалізації функцій обміну інформацією в рамках АСУ; можливість тривалого зберігання. Головна тенденція полягає в поступовому перекиданні на безпілотну авіацію функцій пілотованої авіації.

Напрямами подальших досліджень слід вважати розробку математичної моделі управління безпілотним авіаційним комплексом в умовах впливу навмисних імітаційних завад.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Proceedings of 12th International Conference & Exhibition UAS, Paris, France. 2010. URL: <http://www.uas2011.org/>.
2. Беспилотные летательные аппараты : методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В. М. Ильюшко, М. М. Митрахович, А. В. Самков [и др.]. К. : ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2009. 302 с.
3. Павлушенко М., Евстафьев Г., Макаренко И. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития. М. : Права человека, 2005. 611 с.
4. Кобрин Н. В., Клочко Т. А. Применение беспилотных авиационных комплексов для решения экологических задач // Экология и промышленность : науч.-произв. журн. / УкрНТЦЭнергосталь. 2014. № 1 (38). С. 88–90.
5. Егоров К., Смирнов С. Беспилотные авиационные комплексы в вооруженных конфликтах // Военный парад. 2005. июль – август. С. 34–35.

6. Unmanned vehicles. Handbook 2010. Burnham : Shephard press, 2010. 145 p.
7. Mortimer G. Ukrainian State Company Unveils Tube-Launched Aerial Drone. URL: <http://www.suasnews.com/2011/02/3938/ukrainian-state-company-unveils-tube-launched-aerial-drone/>.
8. Хавроничев Д. Ударные БПЛА США – настоящее и будущее // Военное обозрение. 2011. URL: [Army-rus-new](http://army-rus-new.com).
9. Кравчук С. О., Лыченко М. Ю. Аероплатформи для телекомунікаційних систем // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. 2003. № 1 (27). С. 5–15.
10. Жарик О. М. Погляди на створення і застосування багатофункціональних надзвукових безпілотних авіаційних комплексів для зниження втрат Повітряних Сил Збройних Сил України при вирішенні завдань завоювання переваги в повітрі в операціях (бойових діях) // Системи озброєння і військова техніка : наук. журн. / ХУПС. 2012. № 4 (32). С. 30–34.

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

УДК 65.012.34: 355.41 + 681.5

І. В. ПАВЛОВСЬКИЙ,*заступник Міністра оборони України,***В. В. ТВЕРДОХЛІБОВ,** кандидат технічних наук,*старший науковий співробітник,***О. М. БАШКИРОВ,***кандидат технічних наук, доцент**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ),*

Пропозиції щодо удосконалення системи логістичного забезпечення Збройних Сил України

Розглянуті фактори, що суттєво впливають на ефективність функціонування логістичної системи, та запропоновані шляхи і засоби підвищення окремих показників якості складових підсистем системи логістичного забезпечення Збройних Сил України.

Ключові слова: логістика, облік і контроль, інтегральний показник ефективності логістичного забезпечення, засоби автоматизації обліку і контролю за наявністю засобів на складах та матеріальними потоками і рухомими об'єктами, штрихові коди, радіочастотні мітки, засоби навігації.

Рассмотрены факторы, существенно влияющие на эффективность функционирования логистической системы, предложены пути и средства повышения отдельных показателей качества составляющих подсистем системы логистического обеспечения Вооруженных Сил Украины.

Ключевые слова: логистика, учет и контроль, интегральный показатель эффективности логистического обеспечения, средства автоматизации учета и контроля наличия средств на складах и материальных потоков и подвижных объектов, штриховые коды, радиочастотные метки, средства навигации.

Управління матеріальними потоками завжди було істотною рисою господарської діяльності. Однак лише порівняно недавно з розвитком логістики воно набуло однієї з найбільш важливих функцій економічного життя. Досвід збройних конфліктів та локальних воєн останніх десятиріч, функціонування і розвиток системи управління логістичними процесами армій розвинених країн світу, а також проблеми всебічного забезпечення підрозділів Збройних Сил України, що беруть участь у антитерористичній операції, свідчать про важливість ефективної логістики для швидкого розгортання і забезпечення тривалих бойових дій військових підрозділів та про негайну необхідність реформування системи логістики, яка передбачає розробку та втілення Логістичної доктрини Збройних Сил України та автоматизацію логістичних функцій.

Логістика – це управління матеріальними, інформаційними, фінансовими, енергетичними та людськими потоками на основі їх оптимізації (мінімізації витрат). Спочатку логістика розвивалася як військова дисципліна та означала роботу тилу із забезпечення військ усім необхідним для досягнення бойового успіху. Тому цей термін, використовуваний вже з IX століття, до початку нинішнього століття був відомий лише вузькому колу спеціалістів. Сьогодні різні вітчизняні та зарубіжні фахівці термін “логістика” трактують по-різному, що дозволяє зробити висновок, що логістика належить до класу так званих семантично розмитих (змістовно неясних) понять. Проте сьогодні цей термін отримує все більше поширення внаслідок того, що принципи логістичної діяльності почали застосовувати в різних галузях виробництва та економіки із значним позитивним ефектом. Внаслідок цього з'явилися такі терміни, як “банківська логістика”, “інформаційна логістика” та інші.

Особливості побудови і функціонування інформаційних систем, що забезпечують функціонування логістичних систем, є предметом вивчення інформаційної логістики. Засоби інформаційної логістики мають забезпечувати планування матеріальних потоків, керування ними та їх контроль. Отже, найбільш складними завданнями інформаційної логістики є:

планування логістичних потреб;

аналіз рішень, пов'язаних з просуванням матеріальних потоків;

управлінський контроль за логістичними процесами; інтеграція учасників логістичного ланцюга.

Через кожен ланку логістичного ланцюга проходить велика кількість різноманітних матеріалів, виробів і зразків ОВТ. При цьому вони неодноразово змінюють місце зберігання і обробки та переміщуються (транспортуються), що заважає їх чіткому і достовірному обліку. Для того щоб мати можливість ефективно управляти цією динамічною логістичною системою, необхідно в будь-який момент мати детальну інформацію про асортимент матеріальних потоків, що входять до неї та виходять з неї, а також про матеріальні потоки, які циркулюють всередині системи. Таким чином, покращення управління логістичними процесами завдяки використанню новітніх ІТ-засобів, а також технологій обліку і

контролю за рухом матеріальних потоків є завданням актуальним і своєчасним.

Директива Генерального штабу ЗС України визначає всю номенклатуру ОВТ та матеріально-технічного забезпечення та формалізовані документи стосовно них у вигляді таблиць термінових донесень з питань оперативного та матеріально-технічного забезпечення військ (сил). На жаль, рівень автоматизації процесів управління при формуванні таблиць термінових донесень з питань оперативного та матеріально-технічного забезпечення військ під час планування сил та ресурсів для виконання ЗС України завдань за призначенням на цей час дуже низький. У відомих публікаціях, наприклад у [1], розглядається структура системи автоматизації обліку наявності озброєння і військової техніки (ОВТ) і засобів матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) митропорочних підрозділів, що виконують завдання за межами України і потребують ремонту або заміни, але дані в цю систему заносяться неавтоматизованим способом. У статті [2] здійснений аналіз шляхів автоматизації логістичних функцій у країнах НАТО, проте не розглядаються технології та засоби втілення подібних систем у ЗС України.

Метою цієї статті є розроблення пропозицій стосовно удосконалення логістичної системи (ЛС) ЗС України шляхом організації автоматизованого обліку і контролю руху матеріальних потоків, засобів ОВТ і МТЗ.

Організація та удосконалення логістичної системи безумовно пов'язані з оцінкою фактичної та потенційної ефективності. На ефективність функціонування ЛС впливає низка факторів, що в загальному вигляді можна класифікувати таким чином [3]:

фактори постачання (якості вхідного матеріального потоку, рівень стандартизації вхідного матеріального потоку, визначення потреб вхідного матеріального потоку, задоволеність поставщиками, довгострокові партнерські відносини з поставщиками, управління витратами на постачання);

виробничі фактори (використання принципів організації виробництва, структура цілей виробничої системи, календарне планування, безперервність планового керування, єдиний графік роботи всіх ланцюгів ЛС, надійність планових розрахунків, закони організації виробничих процесів, управління витратами на виробництво);

фактори розподілу (стратегія маркетингу, структура каналу розподілу, параметри каналу розподілу, тип логістичних посередників, управління витратами на розподіл);

фактори управління запасами (модель управління запасами, прогнозування замовлень, оперативність інформації, система оцінки вартості запасів);

транспортні фактори (маршрут доставки і вид транспорту, довгострокові партнерські відносини з транспортно-експедиційною компанією, транспортне страхування, стандартизація тари, система тарифоутворення і тарифних відстаней, транспортний аудит, система диспетчеризації, управління витратами на транспортування);

фактори складування (використання сховищ, наявне підйомно-транспортне обладнання, вид складування, внутрішнє транспортування в сховищі, система

комплектації заказів, розміщення складської мережі, кількість сховищ, управління витратами на складування); управлінські фактори (організаційна структура управління, контролювання процесів, форма управління ЛС, планування та прогнозування в ЛС, дерево цілей, аналіз ризиків ЛС, аутсорсинг у ЛС);

інформаційні фактори (використання сучасних ІТ-технологій у ЛС, зокрема EDI-технології, ERP- та WMS-системи, Інтернет-технології, RFID-системи, CASE-, CALS-, OLTP- та OLAP-технології, комп'ютеризація логістичних процесів, спосіб організації системи інформаційного обміну в ЛС, управління витратами на інформаційну підтримку ЛС);

інтеграційні фактори (інтеграція основних логістичних процесів, стратегічна кооперація учасників ЛС, віртуальні підприємства в ЛС).

Як легко побачити, впровадження інформаційно-аналітичної системи логістичного забезпечення спроможне впливати на цілу низку факторів, від яких суттєво залежить ефективність логістичної системи в цілому, у першу чергу через впровадження вже випробуваних ІТ-технологій і засобів.

Відомо, що ефективність ЛС оцінюється, насамперед, величиною витрат на її створення та функціонування. Основним принципом, на якому ґрунтується оптимізація логістичних витрат, є концепція загальних витрат. Загальні логістичні витрати є сумою затрат, пов'язаних з комплексом функціонального логістичного менеджменту та логістичним адмініструванням у логістичній системі.

До складу загальних логістичних витрат входять такі основні групи [4]:

витрати на виконання логістичних операцій/функцій (операційні, експлуатаційні логістичні витрати);

збитки від логістичних ризиків;

витрати на логістичне адміністрування.

Слід зазначити, що склад і структура логістичних витрат визначаються обсягом і характером логістичних операцій. Загальна сума логістичних витрат складається з тих витрат, що здійснюються різними ланками логістичного ланцюга, пов'язаними, насамперед, з виконанням логістичних завдань (функцій). Логістичні витрати зазвичай групуються за укрупненими групами логістичних операцій – логістичними функціями: постачанням, виробництвом і збутом. Через те, що транспортування, зберігання запасів і складування є інтегрованими логістичними функціями, і витрати, що супроводжують їх виконання, можуть виникати багаторазово протягом усього логістичного ланцюга, ці витрати виділяються окремо [3]. Угрупування логістичних витрат за функціональною ознакою надає можливості оцінки їх абсолютної величини, вирішення задачі обґрунтування розміру цих витрат, аналізу та вдосконалення їх структури, проведення більш дієвого контролю за їхнім станом.

Облік логістичних витрат повинен бути інтегрований з їх нормуванням, плануванням та аналізом до єдиної інформаційної системи, що дозволить оперативно виявляти та усувати відхилення в процесі логістичної діяльності.

Загальноприйнята класифікація логістичних витрат за функціональними завданнями логістики має такий вигляд [4]:

- 1) витрати, пов'язані з виробництвом, обробкою та переробкою матеріально-технічних засобів;
- 2) витрати на транспортування або транспортні витрати;
- 3) складські витрати;
- 4) витрати на управління запасами;
- 5) витрати на управління системою логістичного забезпечення в цілому;
- 6) витрати на функціонування системи розподілу сировини, матеріально-технічних засобів, зразків ОВТ, боєприпасів або іншої готової продукції;
- 7) витрати, пов'язані з постачанням запасів;
- 8) витрати, пов'язані з експлуатацією логістичних інформаційних систем.

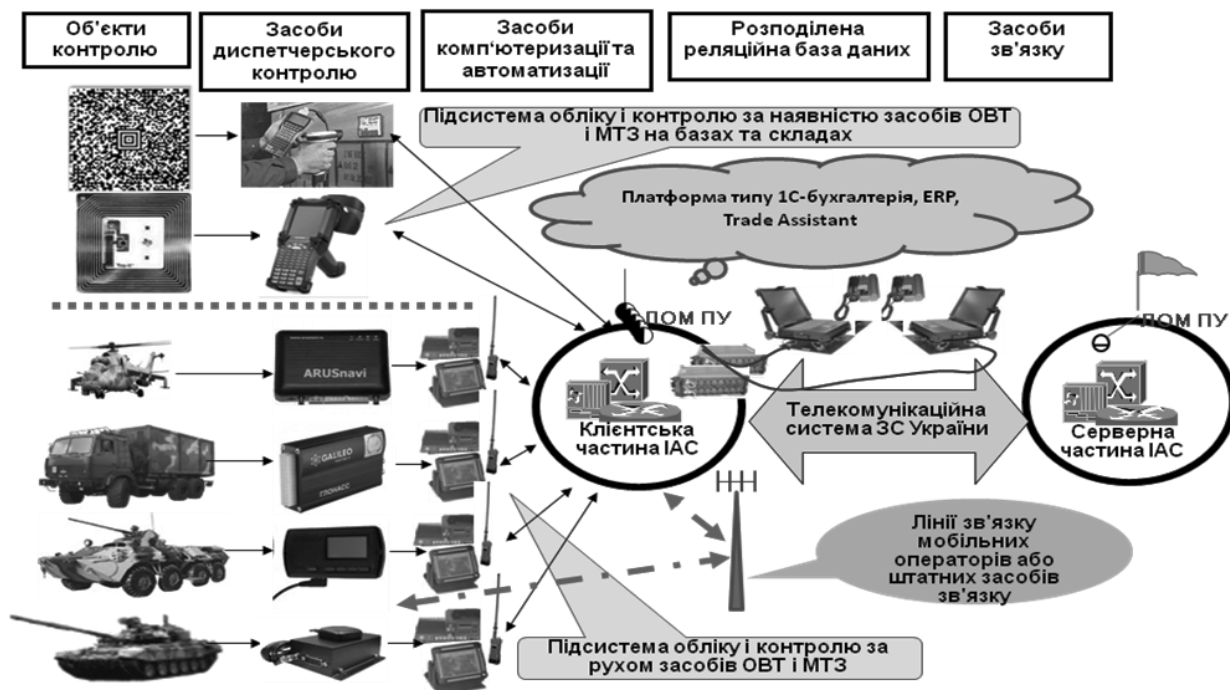
Зрозуміло, що запропонована класифікація не є вичерпною, оскільки визначення тих або інших витрат або груп витрат залежить від виду логістичної системи, завдань управління та оптимізації в конкретних логістичних ланцюгах і каналах. За кожну з цих складових витрат відповідає окрема складова системи логістичного забезпечення. Тоді ефективність ЛС у цілому оцінюється за допомогою часткових показників, що дозволяють оцінити якість функціонування окремих складових логістичного забезпечення: системи постачання, виробничої системи, системи розподілу матеріально-технічних засобів, складської системи, системи управління запасами, системи управління ЛС, системи транспортування, інформаційно-телекомунікаційної системи. Саме тому ефективність логістичної системи в цілому є інтегральним показником, що характеризує рівень якості функціонування логістичної системи при заданому рівні загальних логістичних

витрат, тому ефективність ЛС, що ґрунтується на загальному підході до оцінки якості складних систем на основі показника «ефективність – вартість» оцінюють нормованим інтегральним показником, що є сумою показників якості окремих підсистем ЛС [5].

За останнє десятиріччя помітне значне зростання логістичних витрат на такі логістичні функції, як транспортування, обробка замовлень, інформаційно-телекомунікаційні послуги та комп'ютерна підтримка, а також на логістичне адміністрування. За даними різних наукових досліджень найбільша доля в структурі логістичних витрат належать витратам, що пов'язані з управлінням запасами (від 20% до 40%) і транспортними витратами (від 15% до 35%), витрати на адміністративно-управлінські функції (від 9% до 14%) [6]. Також останніми роками безперервно ростуть витрати, пов'язані з такими видами, як управління логістичними системами та логістичний аутсорсинг, причому частіше за все це ІТ-аутсорсинг, який включає створення та супроводження інформаційно-телекомунікаційних систем і програмних продуктів. Таким чином, вплив кожної із складових системи логістичного забезпечення ЗС України на її ефективність варто оцінювати з врахуванням важливості окремої підсистеми за допомогою її коефіцієнта ваги (цінності).

Таким чином, з врахуванням того, що кожен відповідний частковий показник ефективності (ПЕ) окремої підсистеми логістичної системи має відповідний коефіцієнт важливості (ваги), удосконалена формула оцінки ефективності ЛС, що наведена в [6], у цілому має такий вигляд:

$$Q_{LC} = \sum (K_{CC}E_{CC} + K_{BC}E_{BC} + K_{CP}E_{CP} + K_{CK}E_{CK} + K_{Y3}E_{Y3} + K_{Y3}E_{Y3} + K_T E_T + K_Y E_Y + K_{IC}E_{IC}) / 3B_{LC}.$$



Загальна організація обліку і контролю за матеріальними потоками, об'єктами і засобами ОВТ

де E_{CC} – ПЕ функціонування системи постачання; E_{BC} – ПЕ функціонування виробничої системи; E_{CP} – ПЕ функціонування системи розподілу; E_{v3} – ПЕ функціонування складської системи; E_{y3} – ПЕ функціонування системи управління запасами; E_T – ПЕ функціонування системи транспортування; E_v – ПЕ функціонування системи управління ЛС; E_{IC} – ПЕ функціонування інформаційно-телекомунікаційної системи; K – коефіцієнт ваги (важливості) кожного часткового показника відповідно; ZB_{LC} – загальні логістичні витрати.

Таким чином, загальна цільова функція оцінки ефективності логістичної системи має дві складові:

$$\begin{aligned} & \sum (K_{CC}E_{CC} + K_{BC}E_{BC} + K_{CP}E_{CP} + K_{CK}E_{v3} + \\ & + K_{y3}E_{y3} + K_T E_T + K_v E_v + K_{IC}E_{IC}) \rightarrow \max; \\ & ZB_{LC} \rightarrow \min. \end{aligned}$$

Перша пропозиція щодо побудови систему обліку і контролю за матеріальними потоками, об'єктами і засобами ОБТ полягає в організації на першому етапі створення двох складових підсистем: підсистеми обліку і контролю за наявністю засобів ОБТ і МТЗ на базах, арсеналах, складах ЗС України та рухом матеріальних потоків, а також підсистеми обліку і контролю за рухомими об'єктами та засобами ОБТ, як це показано на рисунку. Як програмне забезпечення, за допомогою якого здійснюється, по суті, бухгалтерський облік, пропонуємо використовувати платформу типу 1С-бухгалтерія, яка має відрізнитися зручним інтерфейсом, можливістю імпортування баз даних, реалізованими web-технологіями та забезпечувати роботу віддалених клієнтів та закриття трафіку завдяки використанню електронних ключів.

Для прискорення створення цієї системи та зниження витрат на її розробку варто використовувати широко розповсюджені технології лінійного та QR-штрихового кодування або більш складної RFID-ідентифікації, а також існуючі засоби зчитування та ідентифікації предметів постачання, тари, упаковки, вантажних одиниць, засобів ОБТ і МТЗ [7, 8]. Остання технологія дозволяє вести облік будь-якого майна при ввозі-вивозі зі складів навіть в русі без прямого доступу до майна при швидкості пересування до 300 км/год, вона вже впроваджена для ідентифікації та управління переміщенням вантажів на залізничному транспорті в сусідніх з Україною країнах, у тому числі і військовими перевезеннями, і дозволяє автоматично визначати номенклатуру та кількість вантажів при їх транспортуванні.

Для технічної реалізації підсистеми обліку і контролю за рухомими об'єктами ОБТ і МТЗ пропонуємо використовувати розповсюджені засоби диспетчерського контролю і моніторингу рухомих об'єктів (GPS-трекери). Такі системи дозволяють здійснювати контроль за використанням транспортних засобів в режимі реального часу, визначати за допомогою вбудованих GPS-приймачів їх місцезнаходження, швидкість, а за допомогою відповідних датчиків – витрати пального та інші експлуатаційні параметри, а також передавати цю

інформації в диспетчерський пункт за допомогою мобільних мереж зв'язку.

Таким чином, пропонуємо для реалізації технічних складових елементів системи обліку і контролю за матеріальними потоками, об'єктами і засобами ОБТ використовувати такі засоби:

засоби ідентифікації (штрих-коди та RFID-мітки) та зчитувачі даних (сканери, ридери);

засоби та системи передачі даних. На сьогодні це можуть бути засоби мережі Інтернет, АСУ передачі даних “Дніпро”, мобільних операторів, штатні цифрові засоби зв'язку, що прийняті на озброєння ЗС України, з використанням технічних засобів захисту інформації;

обчислювальні засоби: АРМ операторів і посадових осіб та електронні бази даних;

різноманітні датчики моніторингу і контролю ОБТ і МТЗ, що автоматично передають сукупність даних, у тому числі експлуатаційних параметрів ОБТ, в інформаційні бази даних окремих частин (підрозділів).

На наш погляд, основне інформаційне наповнення системи повинно здійснюватися в тактичній (операційно-тактичній) ланці управління – окремих бригадах (полках) і на арсеналах, базах (складах). Введення даних здійснюється як автоматично за допомогою датчиків та зчитувачів електронних пристроїв, так й вручну оператором з АРМ певних посадових осіб, наприклад, заступника командира з технічної частини (озброєння) або начальника складу. У базі даних АРМ інформація класифікується, заноситься до відповідних граф обліково-інформаційних, звітних документів, доповідей та донесень, зберігається та у встановлені терміни передається в базу даних центрального сервера, де до неї можуть отримати доступ посадові особи департаментів Міністерства оборони України та управлінь Генерального штабу Збройних Сил України за повноваженнями та підпорядкованістю.

Висновки:

1. Створення запропонованої інформаційно-аналітичної системи логістичного забезпечення ЗС України дозволить автоматизувати процеси обліку ОБТ та майна, його відчуження, списання та утилізації, скоротити час, ліквідувати помилки та несанкціоновані дії при проведенні інвентаризації та інших логістичних операцій.

2. Широка різноманітність та рівень розвитку електронних засобів контролю і моніторингу в світі дозволяє побудувати подібну систему в ЗС України в найкоротші терміни типовими готовими пристроями промислового виробництва.

3. При цьому існує така проблема: у зразках ОБТ радянського виробництва відсутні штатні засоби автоматизації управління та зв'язку, що дозволяли б у телекодовому режимі передавати інформацію про місцезнаходження та стан зразка. Тому пропонуємо вирішувати це питання шляхом оснащення транспортних засобів та рухомих зразків ОБТ GPS-трекерами закордонного або вітчизняного виробництва, що передають відповідну інформацію до диспетчерських пунктів за допомогою мереж мобільного GPRS-зв'язку. В Україні такі пристрої

спроможне розробити Державне підприємство “Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут”, яке має досвід розроблення браслетів для в’язнів за замовленням Міністерства внутрішніх справ, у кооперації з Державним підприємством “Оризон-Навігація”, м. Сміла, яке розробляє сучасні конкурентоспроможні засоби навігаційного забезпечення.

4. Створення такої системи можливе за умов закупівлі наявного на ринку необхідного обладнання (пристрої штрихової та частотної ідентифікації, GPS-трекери), спеціального програмного забезпечення на базі платформи типу 1С-бухгалтерія, а також вирішення питання оснащення сучасними цифровими засобами зв’язку всіх об’єктів контролю.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Башкиров О. М., Зімін В. Є., Коваленко С. О. Автоматизований комплекс планування технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки // Труды академії. № 69. К. : НАОУ, 2006. С. 127–134.
2. Миронюк А. Б., Овчінніков О. Є., Сініцин І. П. Логістика НАТО // Оборонний вісник. 2017. № 2. С. 16–21.
3. Яшин А. А., Ряшко М. Л. Логистика. Основы планирования и оценки эффективности логистических систем : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 52 с.
4. Алиев И. С., Чумаченко И. В. Оптимизация логистических процессов и систем : курс лекций. К. : Миллениум, 2009. 66 с.
5. Пузанова И. А. Интегрированное планирование цепей поставок. – М. : Юрайт, 2014. 320 с.
6. Сергеев В. И. Ключевые показатели эффективности логистики // Финансовый директор. 2011. № 5–6. С. 36–40. URL [www: kareta.com.ua](http://www.kareta.com.ua).
7. Шумаев В. А. Основы логистики. М. : Юридический институт МИИТ, 2016. 314 с.
8. Шумаев В. А. Логистика в теории и практике управления современной экономикой. М. : МУ им. С. Ю. Витте, 2014. 212 с.

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

УДК 623.983

А. В. ДЕРЕПА,

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
(Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки, м. Київ)

Аналіз впливу фізичних властивостей шпангоутного набору днища корабля на розподіл амплітуди і фази тиску звукового поля по активній поверхні корабельної антени в системі «надводний корабель – гідроакустична станція»

Виходячи із задачі систематизованого дослідження характеристик гідроакустичного озброєння в реальних умовах, проведені кількісні оцінки впливу фізичних властивостей шпангоутного набору днища корабля на звукове поле корабельних гідроакустичних станцій з підкільними антенами.

Исходя из задачи систематизированного исследования характеристик гидроакустического вооружения в реальных условиях, проведены количественные исследования влияния физических свойств шпангоутного набора днища корабля на звуковое поле корабельных гидроакустических станций с подкільними антеннами.

Досвід експлуатації корабельних систем «надводний корабель – гідроакустична станція» («НК-ГАС») з підкільними антенами свідчить про те, що їх характеристики в умовах експлуатації зазнають суттєвих змін, величина яких залежить від конкретних особливостей як конструкції надводного корабля (НК), так і взаємного розміщення акустичної антени гідроакустичної станції (ГАС) та корпусу корабля. Фізичною причиною цих змін є виникнення при експлуатації ГАС в умовах корабля-носія полів розсіювання звуку як від морської поверхні, так і від елементів конструкції корабля. Природно, що кожний корабель створює поля розсіювання звуку, притаманні тільки йому. І також зрозумілий той факт, що при створенні корабельної ГАС, яка призначена звичайно для багатьох проектів кораблів, врахування умов впливу цих полів розсіювання звуку не може бути здійснено. Тому і з'явилась проблема оцінки впливу умов експлуатації корабельної ГАС на її параметри в умовах корабля-носія ГАС.

Пошук шляхів вирішення такої задачі при умові, що корпус носія має складну форму та насичений такими конструктивними елементами, як палуби, переборки, повздовжній та поперечний набори тощо, є складним. У зв'язку з цим доцільно визначити характерні особливості (у подальшому – елементи) корпусу корабля, що знаходяться поблизу антени, стосовно яких провести оцінку звукових полів гідроакустичних антен. До таких характерних елементів віднесемо, у першу чергу, скінченність розмірів носія, його форму, деякі конструктивні елементи (днище, ребра жорсткості тощо), а також фізичні властивості матеріалів елементів його корпусу. При цьому фізичну модель задачі, що розглядається, будемо будувати з урахуванням прийнятих на практиці варіантів розміщення антени на кораблі (під кілем або в носовому бульбовому обтічнику), діапазону робочих частот, типу (розмірів) носія тощо. Це, у свою чергу, обумовлює і математичні особливості рішення задачі.

Вивчення питання, що розглядається, у першу чергу пов'язано з вибором фізичної моделі елементів конструкції корпусу носія. Вважається, що розгляд пружної пластини скінченних розмірів, яка лежить на границі розподілу середовищ «вода – повітря», у принципі відображає як сам факт присутності елементів корпусу носія, так і дозволяє врахувати їхні характерні фізичні властивості та геометричні розміри. У такій постановці можливе одночасне врахування не тільки взаємного розташування антени та пластини, але і деяких конструктивних елементів носія, наприклад корпусного набору у вигляді ребер жорсткості, що розміщені на пластині зі сторони повітря.

Сукупність матеріалів досліджень, наведених автором, дозволяє стверджувати, що реберний набір і параметри, які його характеризують, суттєво впливають на направленість і енергетичні характеристики корабельної підкільної гідроакустичної антени.

Метою цієї роботи є дослідження кількісних оцінок впливу фізичних властивостей шпангоутного (реберного) набору днища корабля на параметри звукового поля підкільних антен корабельних ГАС у системі «НК-ГАС».

Розглянемо вплив фізичних властивостей шпангоутного (реберного) набору днища корабля на розподіл амплітуди і фази тиску звукового поля по активній поверхні підкільної корабельної антени в системі «НК-ГАС». Розрахункова модель системи «гідроакустична антена – корабель», що досліджується, зображена на рис. 1, а позначення відповідають позначенням, прийнятим у роботі [1].

Дослідження значень модуля і фази тиску звукового поля по активній поверхні підкільної корабельної антени проведені при різних типах розподілу коливальної швидкості вздовж твірної антени як при відсутності нахилу діаграми спрямованості у вертикальній площині, так і у випадку її нахилу. Співвідношення і позначення відповідають наведеним у роботі [1].

Значення модуля і фази тиску звукового поля, що цікавлять нас, виходячи із зручності проведення розрахунків, подамо в нормованому вигляді:

$$|P_{(c\bar{r})}| [\rho_e c_e |v(\bar{r}_0)|]^{-1} = P,$$

$$\varphi^\circ(\bar{r}) = \varphi_p(\bar{r}) - \varphi_v(\bar{r}),$$

де $\bar{r} \in S_0$; \bar{r}_0 – відповідає координаті центра верхньої зони розділення поверхні антени по координаті z ; $\varphi_v(\bar{r}_0)$ – значення фази коливальної швидкості в точці \bar{r}_0 ; $\varphi_p(\bar{r})$ – значення фази тиску в даній точці на поверхні антени.

Поведінку модуля і фази тиску звукового поля дослідимо далі.

Як розрахункові співвідношення прийняті аналітичні вирази, отримані в роботі [1]. Розрахунки виконувалися для таких параметрів антен і елементів конструкції корпусу корабля. Акустична антена кругова циліндрична непрозора для звуку діаметром $D = 0,5 \lambda$ і висотою $H = \lambda$ розбита вздовж твірної на n однакових ділянок. Пластина має розміри $L_x \times L_y = (4 \times 3) \lambda$; товщину $kh_1 = 0,27; 0,54$ та виконана із сталі ($E = 1,96 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$; $\sigma = 0,25$; $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) або з алюмінію ($E = 6,9 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$;

$\sigma = 0,36$; $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$). Ребра жорсткості виконані або із сталі, або з алюмінію. Ширина ребер прийнята рівній $kl_{x,y} = 0,138 \lambda$ відстань між центрами ребер $kd_{x,y} = 0,689 \lambda$. Розрахунки виконані для значення $k\lambda = 3,446$.

Розглянемо послідовно ряд випадків, що являють практичний інтерес. Зокрема, цікава оцінка значень модуля і фази тиску звукового поля P і φ° вздовж твірної антени при різному взаємному розташуванні антени і пластини і порівняння отриманих результатів з випадками, коли пластина на границі розподілу середовищ відсутня, і коли антена розміщена в безмежному середовищі. Ілюструють такі залежності криві, що показані на рис. 2–5.

Група рис. 2–5 відповідає значенню перерізу поверхні антени вертикальною площиною $\varphi = \varphi_1 = 22,5^\circ$. Рис. 2 і 4 одержані при $\vartheta_0 = 90^\circ$; значенню $\vartheta_0 = 60^\circ$ відповідають рис. 3 і 5. Заглибленню антени $z_T = 0,125 \lambda$ відповідають рис. 2 і 3; $z_T = 1 \lambda$ – рис. 4 і 5.

Криві на рис. 4 і 5 отримані за умови центрального розташування антени прийнятих вище розмірів відносно сталевій пластині, розміри якої також обумовлені вище, криві 2 – при зміщенні антени на величину $(L_x/2) - R$, криві 3 – $L_x/2$, криві 4 – $(L_x/2) + R$, криві 5 – при відсутності пластини на гладкій границі розподілу середовищ «вода – повітря», криві 6 – при розміщенні антени у вільному середовищі.

Аналіз кривих 4 і 5 показує, що розподіл нормованих значень тиску $P(a)$ і фази φ° (б) вздовж твірної антени істотно залежить як від взаємного розташування антени і пластини, так і від заглиблення антени відносно поверхні $S \in S_r \cup S_{rr}$ (рис. 1).

При цьому характер вказаних залежностей відрізняється в різних перерізах поверхні антени по координаті. Ступінь впливу пластини на досліджувані характеристики, який впливає з порівняння кривих 1–4 з кривими 5, 6, також залежить від значення φ . Відзначений вплив спостерігається як при малих, так і при порівняно великих значеннях z_T , а також при різних типах розподілу

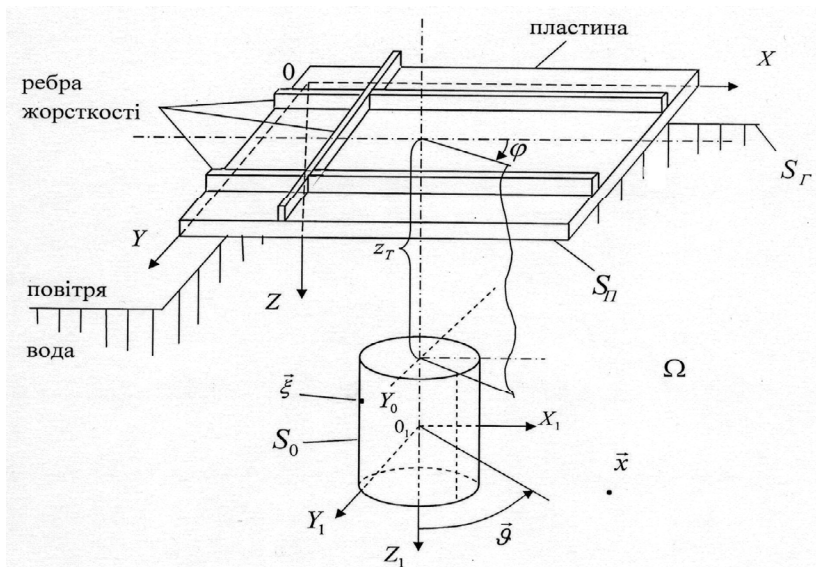


Рис. 1. Модель гідроакустичної антени скінченних розмірів у присутності пружної пластини обмежених розмірів, що лежить на границі розподілу середовищ «вода – повітря»

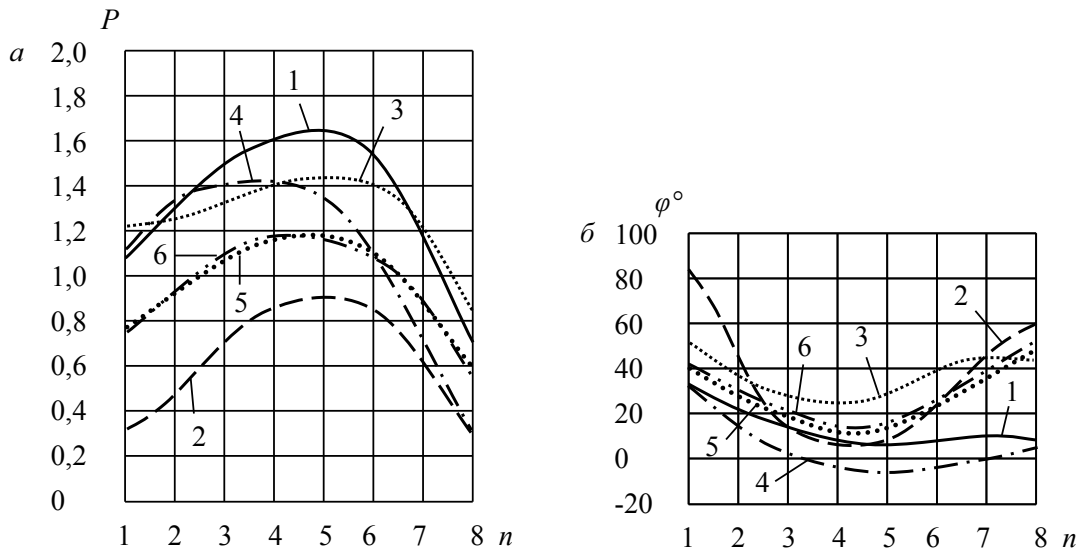


Рис. 2. Модуль і фаза тиску звукового поля при $\varphi = 22,5^\circ$, $\vartheta_0 = 90^\circ$, $z_T = 0,125\lambda$

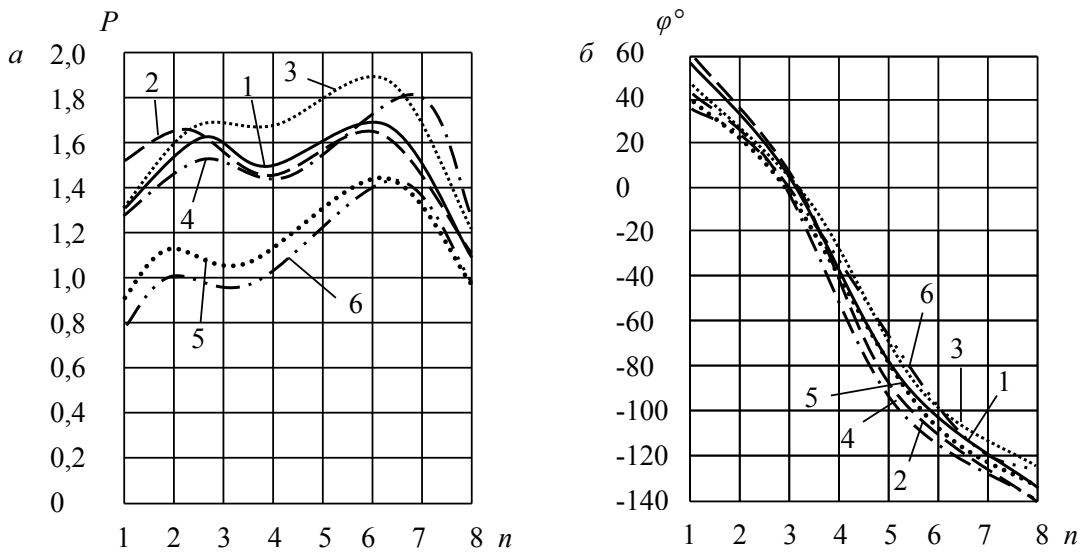


Рис. 3. Модуль і фаза тиску звукового поля при $\varphi = 22,5^\circ$, $\vartheta_0 = 60^\circ$, $z_T = 0,125\lambda$

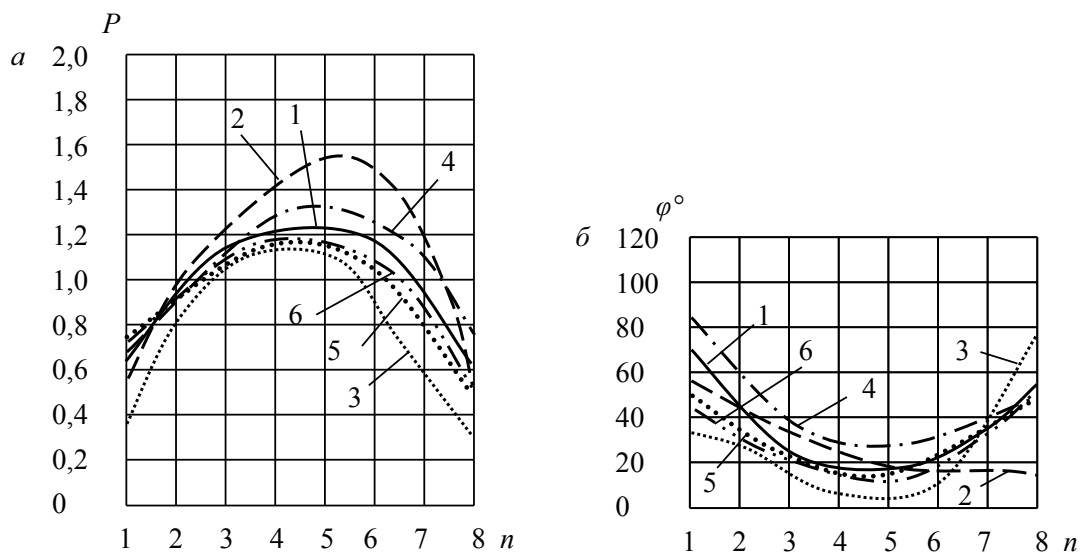


Рис. 4. Модуль і фаза тиску звукового поля при $\varphi = 22,5^\circ$, $\vartheta_0 = 90^\circ$, $z_T = 1\lambda$

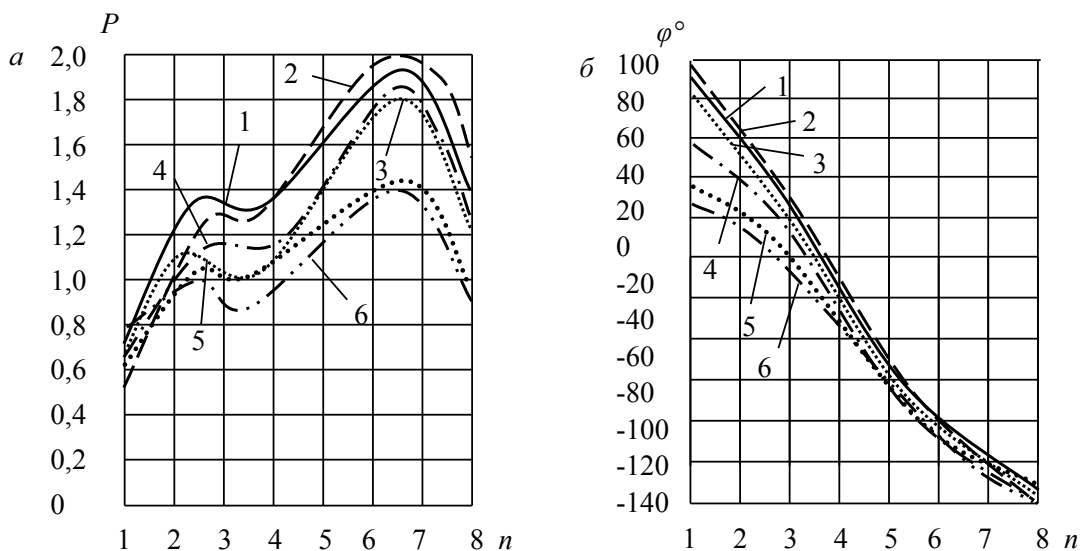


Рис. 5. Модуль і фаза тиску звукового поля при $\varphi = 22,5^\circ$, $\vartheta_0 = 60^\circ$, $z_T = 1\lambda$

коливальної швидкості по поверхні антени ($\vartheta_0 = 90^\circ$, 60°). Цікаво відзначити, що в залежності від взаємного розташування антени і пластини, навіть за відсутності компенсації діаграми спрямованості, на антені можуть виникати ділянки (крива 4 для φ° на рис. 2) протифаз, тоді як при наявності компенсації такі ділянки є як при роботі антени в системі «пластина – антена», так і у відсутності пластини, а також в безмежному середовищі. Відзначимо також, що фазові відмінності розглянутих випадків виражені яскравіше при великих значеннях z_T .

Розглянемо вплив товщини пластини у формуванні досліджуваних нами характеристик поля антени. У зв'язку з цим був виконаний розрахунок розподілу значень P і φ° вздовж твірної антени при товщині сталюї пластини $kh_1 = 0,27$; $0,54$. Результати такого розрахунку для центрального розміщення антени показані на рис. 6 для $z_T = 0,125\lambda$ і $\vartheta_0 = 90^\circ$.

Криві 1 на рис. 5 і 6 відповідають значенню $\varphi = \varphi_1 = 22,5^\circ$; криві 2 – $\varphi_2 = 67,5^\circ$, при $kh_1 = 0,27$; криві 3 – φ_1 , криві 4 – φ_2 при $kh_1 = 0,54$. Видно, що товщина пластини є істотним чинником, що впливає на розподіл тиску по поверхні антени. Як і в попередньому випадку, зміна товщини пластини навіть при $\vartheta_0 = 90^\circ$ може викликати появу ділянок протифаз на поверхні антени.

Наступним фактором, що потенційно впливає на досліджувані характеристики, є фізичні властивості матеріалу пластини. Для кількісної оцінки цього впливу був проведений розрахунок P і φ° для двох випадків, коли пластина виконана із сталі і алюмінію. Результати такого розрахунку зображені на рис. 7 для $z_T = 0,125\lambda$ і $\vartheta_0 = 90^\circ$ при центральному розташуванні антени щодо пластини, товщина якої $kh_1 = 0,54$. Криві 1 і 2 відповідають φ_1 і φ_2 для сталюї пластини, криві 3 і 4 – φ_1 і φ_2 для алюмінієвої пластини. Видно, що залежно від

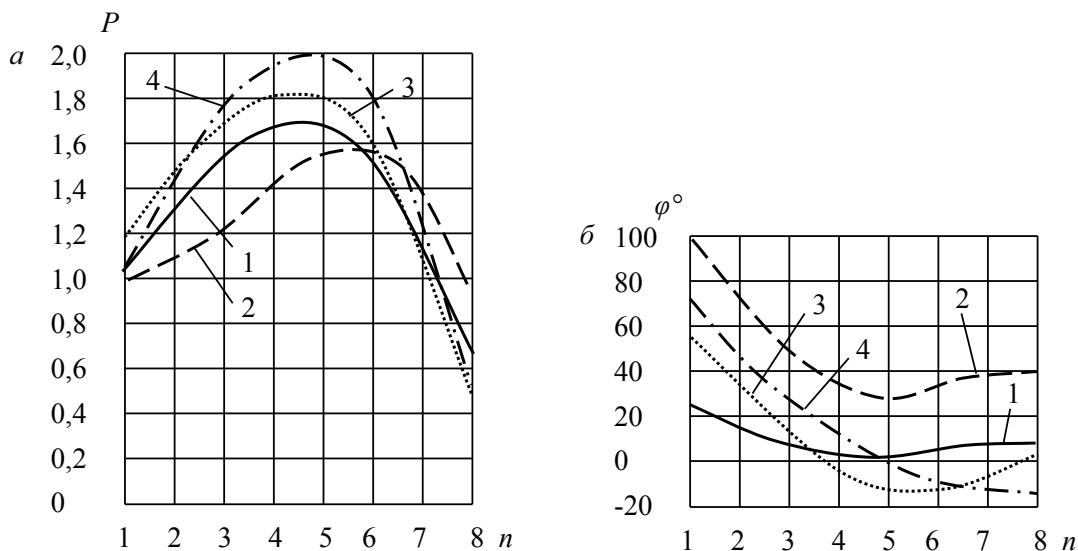


Рис. 6. Модуль і фаза тиску звукового поля для різних значень φ при товщині сталюї пластини

$kh_1 = 0,27$; $0,54$ для $z_T = 0,125\lambda$ і $\vartheta_0 = 90^\circ$

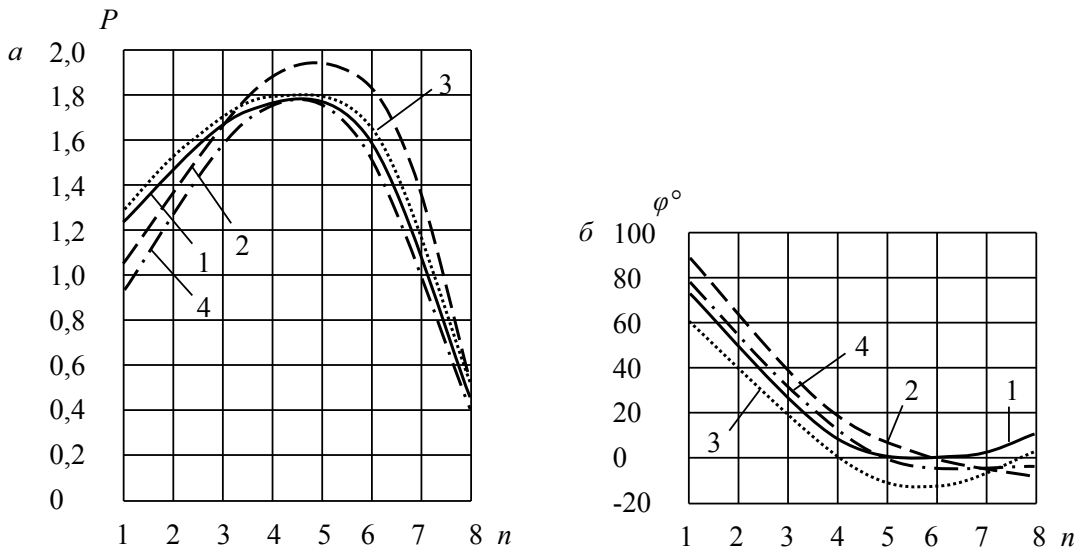


Рис. 7. Модуль і фаза тиску звукового поля різних значень φ у залежності від матеріалу пластини,
 $z_T = 0,125\lambda$ і $\vartheta_0 = 90^\circ$

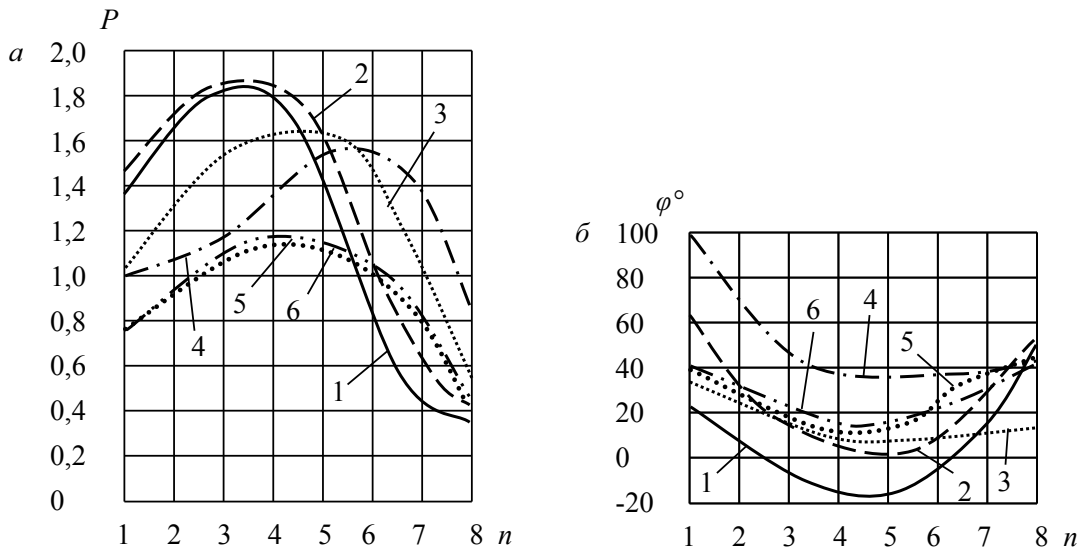


Рис. 8. Модуль і фаза тиску звукового поля для різних значень φ при наявності реберного набору та центральному розміщенні антени, $z_T = 0,125\lambda$, $\vartheta_0 = 90^\circ$

матеріалу пластини розміри і кількість ділянок проти-фаз на поверхні антени може змінюватися, і відмінності значень P також зберігаються.

Оцінимо далі вплив реберного набору, розташованого на пластині з боку повітря, на розподіл значень P і φ° вздовж твірної антени. Перед усім припустимо, що ребра розташовані тільки вздовж однієї із сторін сталеві пластини, наприклад, вздовж сторони L_x . Припустимо, що висота цих ребер $10kh_1$. Виявлення впливу такого реберного набору може бути проведено на основі аналізу кривих на рис. 8, отриманих при центральному розташуванні антени $z_T = 0,125\lambda$, $\vartheta_0 = 90^\circ$.

Криві 1 на цих рисунках відповідають перерізу по φ_2 , криві 2 – φ_2 при наявності ребер, криві 3 – φ_1 , криві 4 – φ_2 при відсутності ребер, криві 5 – при відсутності пластини на гладкій межі, криві 6 – у вільному середовищі. Як випливає з аналізу, присутність ребер істотно

змінює амплітудно-фазову структуру поля на поверхні антени в порівнянні з випадком їх відсутності.

Збільшення заглиблення антени до значення $z_T = 1\lambda$ приводить до результатів, що наведені на рис. 9 для $\vartheta_0 = 90^\circ$, нумерація і приналежність кривих на рис. 9 аналогічні прийнятій на рис. 8. Видно, що в цьому випадку при $\vartheta_0 = 90^\circ$ роль ребер зменшилася в порівнянні з попереднім випадком. У той же час, розрахунки показують, що при $\vartheta_0 = 60^\circ$ ця роль залишається помітною.

На закінчення виконаємо оцінку впливу мірності реберного набору та фізичних властивостей матеріалу ребер на досліджувані характеристики. Деякі результати досліджень, виконаних в цих напрямках, зображені на рис. 10 для центрального розташування антени щодо сталеві пластини товщиною $kh_1 = 0,27$; $z_T = 0,125\lambda$ і $\vartheta_0 = 90^\circ$. Криві 1 на цьому рисунку відповідають φ_1 , криві 2 – φ_2 для випадку двовимірного реберного

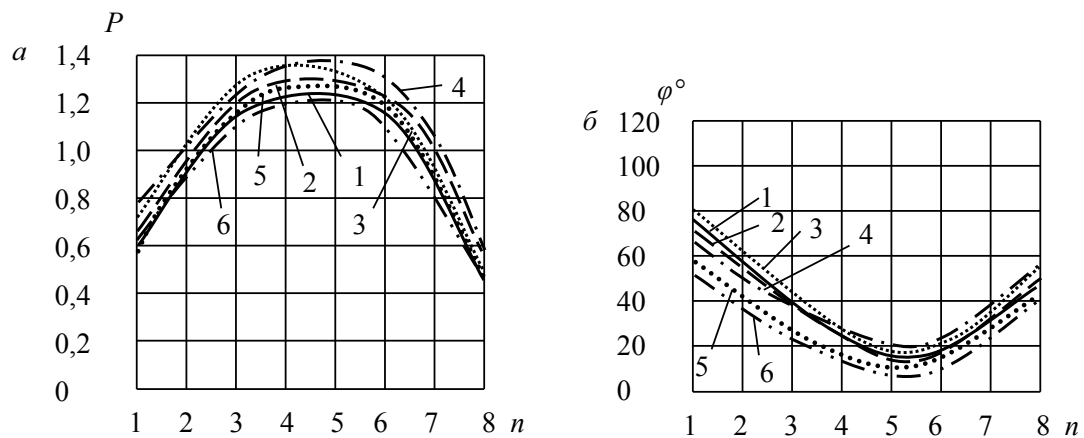


Рис. 9. Модуль і фаза тиску звукового поля для різних значень φ при наявності реберного набору та центральному розміщенні антени, $z_T = 1\lambda$, $\vartheta_a = 90^\circ$

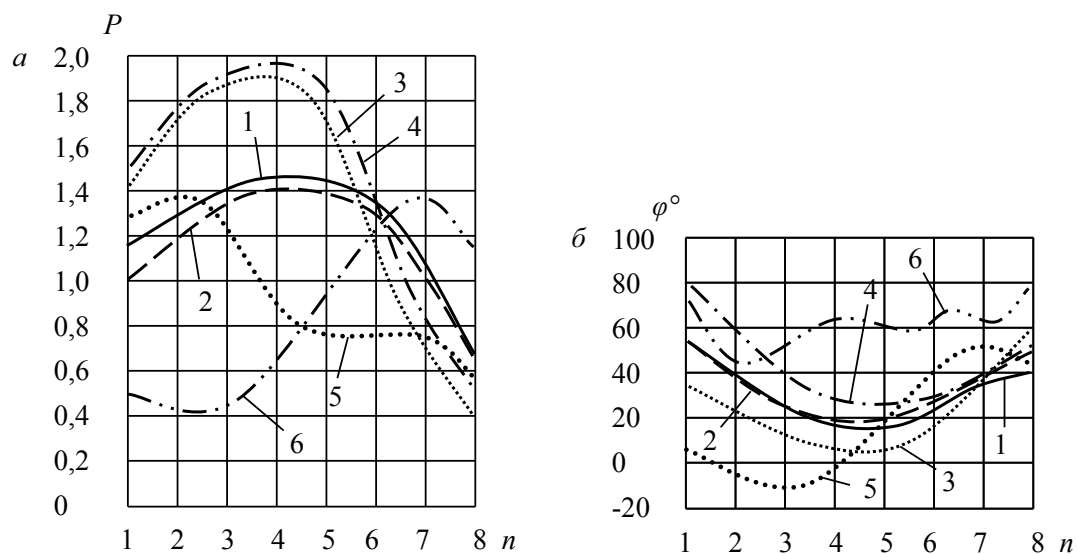


Рис. 10. Модуль і фаза тиску звукового поля для різних значень φ при наявності реберного набору та центральному розміщенні антени $z_T = 0,125\lambda$, $\vartheta_0 = 90^\circ$

набору (ребра паралельні сторонам L_x і L_y); криві 3 – φ_1 ; криві 4 – φ_2 для одновимірного реберного набору (ребра паралельні сторонам L_x). Для кривих 1–4 висота ребер рівна $10kh_1$. Крива 5 на рис. 10 відповідає φ_1 , крива 6 – φ_2 для двовимірного реберного набору, в якому ребра паралельні стороні L_x , виконані із сталі та мають висоту $1kh_1$, а ребра, паралельні стороні L_y , виконані з алюмінію і мають висоту $10kh_1$.

З рис. 10 випливає, що наявність реберного набору, його мірність, висота ребер і фізичні властивості їх матеріалу відіграють істотну роль у формуванні тонкої структури поля тиску на поверхні антени.

Висновок. Виконаний аналіз із залученням чисельних оцінок показує, що наявність реберного набору, його мірність і параметри, що характеризують реберний набір, є суттєвими чинниками у формуванні поля тиску

в акустичній антені корабельної ГАС. Більш того, показано, що комбінацією фізичних параметрів реберного набору можливо забезпечити управління характеристиками звукового поля антени.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Дерепя А. В. До визначення звукового поля гідроакустичної антени в присутності елементів корпусу надводного корабля // Збірник наук. праць / Нац. ун-т кораблебудування. Вип. 2. Миколаїв : Нац. ун-т кораблебудування, 2011. С. 122–129.

Рецензент А. Г. Лейко, д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут»)

УДК 681.51

М. О. ШИШАНОВ,*доктор технічних наук, професор
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ),***О. В. ШУРИГІН,** кандидат технічних наук,
*старший науковий співробітник
(Озброєння Збройних Сил України, м. Київ),***І. І. ДЕРКАЧ,** кандидат технічних наук
*(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ),***М. М. ШЕВЦОВ,** начальник Озброєння Збройних Сил України, м. Київ

Використання математичного апарату рефлексивних ігор для прийняття управлінських рішень при розробці й обґрунтуванні раціональної стратегії управління процесами виробництва, модернізації, ремонту зразків озброєння та військової техніки

Розглядаються задачі розвитку та удосконалення процесів інформаційного управління з використанням рефлексивних ігор при виробництві, модернізації, ремонті зразків озброєння та військової техніки, формування потоків інформації, обміну нею для прийняття рішення щодо етапів (циклів) робіт при проведенні відкритих процедур (торгів) закупівлі робіт і послуг.

Рассматриваются задачи развития и усовершенствования процессов информационного управления с использованием рефлексивных игр при производстве, модернизации, ремонте образцов вооружения и военной техники, формирования потоков информации, обмена ею для принятия решения относительно этапов (циклов) работ при проведении открытых процедур (торгов) закупки работ и услуг.

Необхідність правильно орієнтуватися в умовах складної і швидкозмінної обстановки, досягнення кібернетики й інженерної психології, розвиток аналітичних і статистичних методів аналізу створили передумови до виникнення теорії, яка розглядає питання, пов'язані з процесами прийняття управлінських рішень у організаційно-технічних системах.

Слід відзначити, що теорія прийняття рішень як науковий напрям відкриває й узагальнює ті об'єктивні закономірності, які лежать в основі прийняття рішень людиною незалежно від галузі, в якій вона працює. Сутність її зводиться до розгляду процесу прийняття рішення як дії органу управління, направленої на отримання найбільш раціонального (в широкому сенсі оптимального) результату в конкретних умовах, наприклад при формуванні замовлень на розробку, виробництво, модернізацію і ремонт озброєння та військової техніки (ОВТ). У сучасних умовах ринкової економіки має місце невизначеність досягнення кінцевого результату, тому що багато чинників впливають на кінцевий результат, а саме: науково-технічні, фінансово-економічні, виробничо-технологічні [1] або їх сукупність, – класифікація яких показана на рис. 1.

Складність цієї проблематики пояснюється наявністю взаємозв'язків між різними факторами, що визначають напрями розвитку ОВТ. У той же час, практика створення і функціонування різних організаційно-технічних систем показує, що процедури управління в них, як правило, побудовані за ієрархічним принципом [2]. Задачі аналізу і синтезу ієрархічних систем не вкладаються в рамки звичайної теорії оптимального управління, так як в умовах взаємодії підсистем стає неоднозначним саме поняття оптимальності. Тому планування і управління процесами виробництва, модернізації, ремонту ОВТ в умовах невизначеності потребує забезпечення обміну інформаційними потоками з метою підвищення ефективності управління процесами проведення робіт.

Виходячи з наведеного, одною з актуальних задач у галузі розвитку ОВТ є удосконалення та розвиток процесів інформаційного управління при виробництві, модернізації, ремонті ОВТ, формування потоків інформації обміну при прийнятті раціонального управлінського рішення щодо етапів (циклів) робіт.

Для аналізу таких інформаційних систем управління (ІСУ) пропонується використовувати математичний апарат, що дозволяє моделювати теоретико-ігрову взаємодію агентів і центру – рефлексивні ігри. При цьому аналіз моделі динамічної системи ІСУ може бути зведений до рішення диференційної гри при урахуванні інтересів багатьох зацікавлених осіб [3]. Схеми дослідження процесів при рефлексивних іграх заснована на аналізі багатьох інформаційних потоків. При цьому сама побудова сукупності раціональних рішень складається з взаємовигідної програми спільних дій і попередження щодо загрози використання стратегії покарання (корегування подальших дій або накладання штрафних санкцій) у випадку відхилення від назначеної програми.

Такий підхід дозволяє отримати практично необхідні та достатньо обґрунтовані умови (параметри) існування

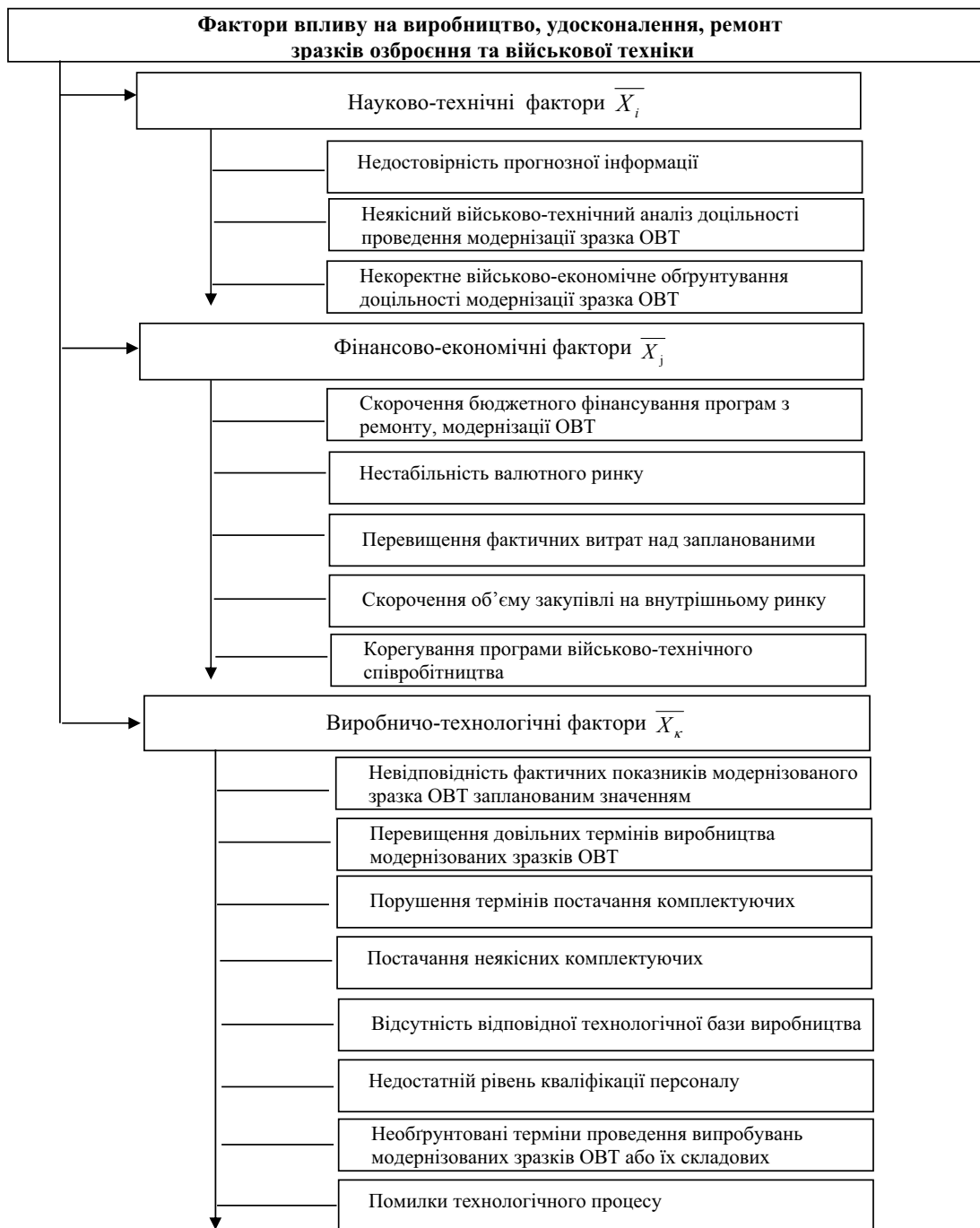


Рис. 1. Класифікація основних факторів впливу (X_i , X_j , X_k) на процес реалізації виробництва, модернізації, ремонту зразків озброєння та військової техніки

ситуацій рівноваги в рефлексивних іграх [4]. Можна також відзначити, що більшість усіх ситуацій рівноваги (класи позиційних стратегій) апроксимуються з будь-якою наперед визначеною точністю стратегіями описаного виду.

Модель динамічної системи реалізації варіантів виконання робіт і прийняття рішень з виробництва, удосконалення та ремонту ОВТ показана на рис. 2.

Умови та припущення, понятійний апарат. Будемо вважати, що при проведенні маркетингового дослідження ринку виробників було з'ясовано, що науково-технічні фактори X_i , виробничо-технологічні фактори X_k не

мають вирішального впливу. Усі виробники (агенти, які їх представляють) мають однакові можливості. Також слід відзначити, що модель інформаційного управління не враховує мотивацію виробників. (Можливо розглядати і дію центру на спостережуваний агентом (агентами) результат, тобто «центр f_i спостережуваний результат». Але цей напрям (що дещо зближує інформаційне управління з мотиваційним) не входить до кола досліджень, що розглядаються в цій роботі).

Модель інформаційного управління, що розглядається [4], зображена на рис. 3. Модель включає до себе агента(ів) (виробника(ів)) і управляючий орган – центр.

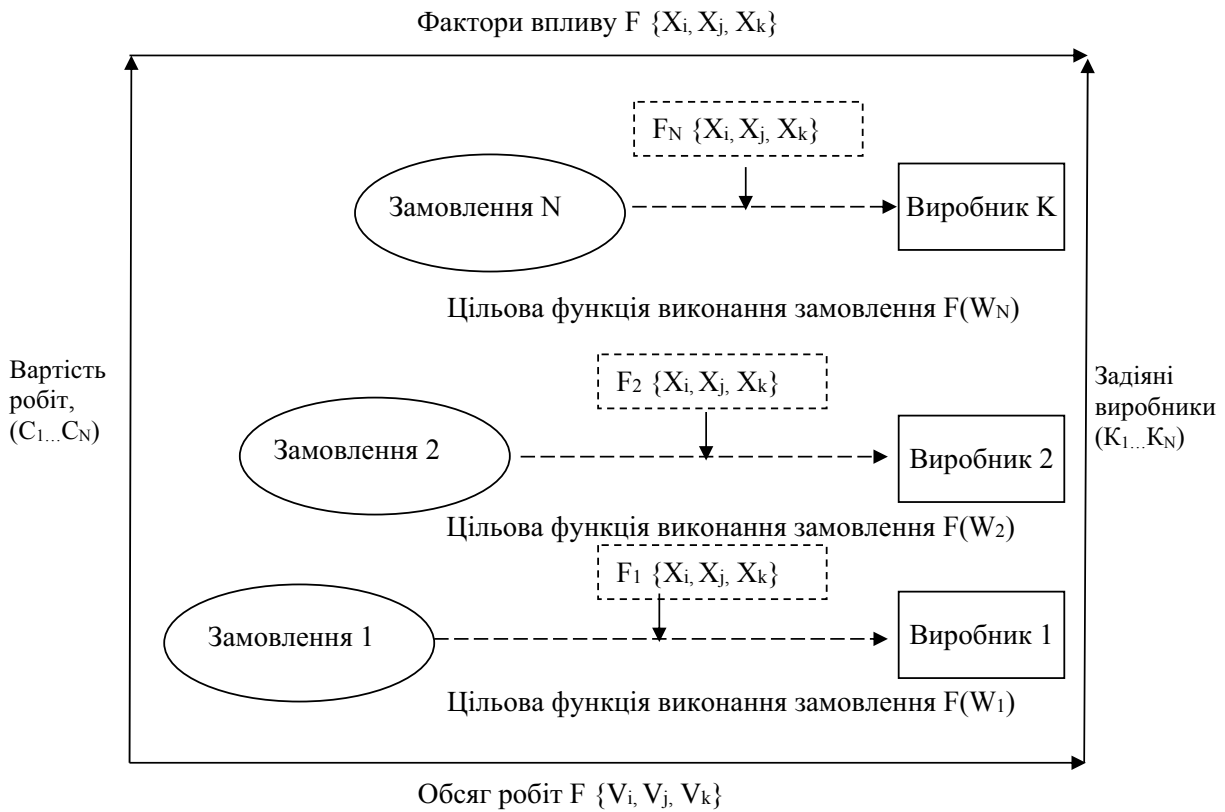


Рис. 2. Модель динамічної системи реалізації варіантів виконання робіт і прийняття рішень з виробництва, удосконалення, ремонту озброєння та військової техніки

Кожен агент характеризується циклом «інформація, що знає агент f_p – дія агента f_i – спостережуваний агентом результат f_i ». У різних агентів ці компоненти циклу будуть різними. У той же час, можливо вважати цей цикл загальним для всієї управляючої підсистеми, тобто для всього набору агентів.

Що стосується взаємодії агента (агентів) і центру, то вона характеризується:

інформаційним впливом центру, формуючим ту або іншу інформованість агента (агентів);

реальним результатом дії агента (агентів), який впливає на інтереси центру.

Розглянемо модель інформаційного управління, яка зображена на рис. 3. Математичним апаратом, моделюючим теоретико-ігрову взаємодію агентів, є рефлексивні ігри, в яких агенти вибирають дії на основі своїх структур інформованості – ієрархії уявлення про існуючі.

В основу моделювання процесу управління покладено образ функціонування систем, показаний на рис. 4, що має застосування в кібернетичі [5]. Його складовими елементами є: вхід, процес, вихід, обмеження і зворотний зв'язок.

Під **входом** процесу розуміється сукупність матеріальних компонентів, а також енергетичні, фінансові та інші ресурси, що перероблюються в ході процесу, тобто предмети праці й засоби праці (ресурси).

Під **процесом** розуміються всі перетворення, зміни, які відбуваються зі складовими входу при функціонуванні системи.

Під **виходом** розуміється, у першу чергу, та поставлена мета, якої досягає процес.

До складу виходу також включаються невичерпані ресурси, засоби і матеріальні елементи, що знову можуть надійти на вхід і взяти участь у процесі. Таке повернення в процес неамортизованої частини засобів входу умовно визначається **зворотним зв'язком**. Крім цього, зворотний зв'язок відображує можливі зміни складових входу, що являють собою предмети праці, якщо ці зміни є наслідком функціонування системи.

Здійснимо інтерпретацію образу функціонування з урахуванням фінансово-економічних факторів. Отримаємо модель функціонування динамічної системи (підсистеми), зображеної на рис. 5, що реалізує процес функціонування проведення конкурсу виконавців робіт при відкритих процедурах проведення торгів.

Проведення конкурсних процедур щодо виконавців робіт відноситься до програмно-цільового планування центру. Така система побудована за ієрархічними принципами, має у своєму складі системи вищого та нижчого рівнів. Узагальнена сукупність вимог та умов у таких системах (підсистемах), що виносяться на конкурс (торги), при формуванні умов стосовно прийняття рішення щодо виконавців робіт показана на рис. 5.

Основна ідея моделі динамічної системи проведення конкурсу виконавців робіт полягає в тому, що, впливаючи на учасників конкурсу інформацією щодо умов, які вимагає центр (організатор конкурсу), він може впливати на його результати. Проте стабільним таке інформаційне управління буде в тому випадку, коли дії агентів співпадають з їх діями в умовах загальної інформації.

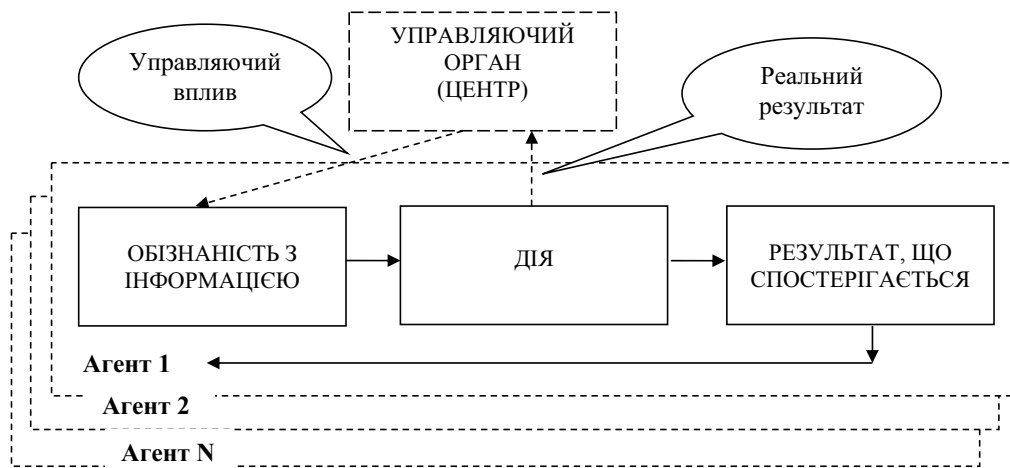


Рис. 3. Модель інформаційного управління

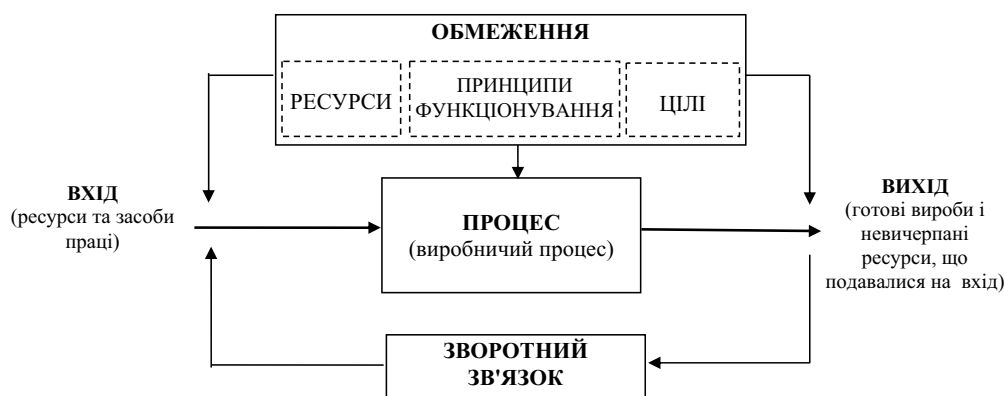


Рис. 4. Образ функціонування систем в кібернетичі



Рис. 5. Модель функціонування динамічної системи (підсистеми), що реалізує процес проведення конкурсу виконавців робіт

Відповідно до Закону України від 12 травня 2016 р. № 1356 – VII “Про особливості здійснення закупівель товарів, робіт і послуг для гарантованого забезпечення потреб оборони” замовник може обрати такі критерії оцінки: ціна, ціна (питома вага цього критерію не може бути нижчою 70%) разом з іншими критеріями оцінки, зокрема:

- умови оплати;
- строк виконання;
- гарантійне обслуговування;

експлуатаційні витрати;
загальна вартість користування (життєвого циклу);
передача технології та підготовка управлінських, наукових і виробничих кадрів, включаючи використання місцевих ресурсів, у тому числі засобів виробництва, робочої сили та матеріалів для виготовлення товарів, виконання робіт, надання послуг, що пропонуються учасником.

Замовник може обрати критерії оцінки виключно в разі здійснення закупівлі, яка має складний або

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

спеціалізований характер (у тому числі консультаційних послуг, наукових досліджень, експериментів або розробок, дослідно-конструкторських робіт). У разі здійснення закупівлі товарів, робіт і послуг, що виробляються, виконуються чи надаються не за окремо розробленою специфікацією (технічним проектом), для яких існує постійно діючий ринок, єдиним критерієм оцінки є ціна.

Висновки. Таким чином, використання математичного апарату рефлексивних ігор при моделюванні теоретико-ігрової взаємодії агентів і центру практично дозволяє вирішити задачу знаходження більшості ситуацій рівноваги при управлінні процесами інформаційного управління при виробництві, модернізації, ремонті ОВТ, формуванні потоків інформації для побудови пріоритетних рядів виконавців робіт для прийняття обґрунтованого раціонального управлінського рішення щодо етапів (циклів) робіт та їх виконавців.

1. Демидов Б. А., Науменко М. В., Хмелевская О. А. Методический подход к оцениванию риска модернизации образцов вооружения и военной техники // Радиоэлектроні і комп'ютерні системи / ХУПС. 2009. Вип. 3 (37). С. 127–135.
2. Горелик В. А., Кононенко А. Ф. Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах. М. : Радио и связь, 1982. 144 с.
3. Оуэн Г. Теория игр. М. : Мир, 1971.
4. Чхартишвили А. Г. Теоретико-игровые модели информационного управления. М. : ЗАО «ПМСОФТ», 2004. 227 с.

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

УДК 621.372.+621.396.6

Л. М. САКОВИЧ,

кандидат технічних наук, доцент
(Інститут спеціального зв'язку
та захисту інформації Національного
технічного університету України "Київський
політехнічний інститут" ім. Ігоря Сікорського),

М. Ю. ЯКОВЛЕВ, доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,

Є. В. РИЖОВ, кандидат технічних наук
(Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного),

О. В. ХОДИЧ (Інститут спеціального зв'язку та
захисту інформації Національного технічного
університету України "Київський політехнічний
інститут" ім. Ігоря Сікорського)

Оцінка достовірності діагностичних засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями

Розглянута оцінка достовірності діагностування засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями. Отримано і досліджено функціональні залежності значень показників достовірності діагностування об'єктів з кратними дефектами від умов ремонту, якості діагностичного та метрологічного забезпечення, а також формалізовані у вигляді блок-схеми алгоритму практичні рекомендації щодо обґрунтування вимог до метрологічного забезпечення ремонту об'єктів з кратними дефектами.

Рассмотрена оценка достоверности диагностирования средств специальной связи с аварийными и боевыми повреждениями. Получены и исследованы функциональные зависимости значений показателей достоверности диагностирования объектов с кратными дефектами от условий ремонта, качества диагностического и метрологического обеспечения, а также формализованы в виде блок-схемы алгоритма практические рекомендации по обоснованию требований к метрологическому обеспечению ремонта объектов с кратными дефектами.

Достовірність діагностування, що кількісно оцінюється ймовірністю правильної постановки діагнозу P і математичним сподіванням (МС) відхилення діагнозу від істинного значення за умовним алгоритмом діагностування (УАД) при одній помилковій оцінці результату виконання перевірки ремонтником, істотно впливає на середній час відновлення T_0 засобів спеціального зв'язку (ЗСЗ).

У роботах [1–5] отримані й досліджені функціональні залежності кількісної оцінки достовірності діагностування при пошуку дефектів за УАД мінімальної форми від їх показників якості під час поточного ремонту ЗСЗ при наявності в об'єкті тільки одного несправного елемента ($Q = 1$). У роботі [6] розглянуто можливі підходи до оцінки достовірності діагностування об'єктів з кратними ($Q > 1$) дефектами з використанням усіченої процедури пошуку (УПП) [7, 8] під час відновлення ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями.

Мета статті – отримання та дослідження функціональних залежностей оцінки достовірності діагностування ЗСЗ від керованих змінних (показників якості УАД) під час усунення кратних дефектів ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями для обґрунтування вимог щодо їх метрологічного обслуговування.

У мирний час кратні дефекти в ЗСЗ виникають переважно в надзвичайних ситуаціях у результаті впливу техногенних факторів, несприятливих фізико-кліматичних умов, а також з причини неадекватних дій обслуговуючого персоналу в стресовому стані при порушенні правил експлуатації. У подібних випадках ЗСЗ отримують множинні пошкодження, методи усунення яких за критерієм мінімуму T_0 досліджені недостатньо повно, що викликає необхідність наукового аналізу технології відновлення і обґрунтування рекомендацій щодо підвищення ремонтпридатності об'єктів з кратними дефектами і підвищення ефективності їхнього метрологічного обслуговування [7–9].

Зараз при локалізації кратних дефектів рекомендується використовувати УПП, яка полягає в скороченні простору пошуку в процесі виявлення дефектів і усунення викликаних ними несправностей [2, 3, 7, 8]. У результаті дефектації після усунення явних дефектів, частка яких становить до 90% від їх загальної кількості, визначається ступінь пошкодження ЗСЗ і прогнозована кількість прихованих дефектів Q , для пошуку яких необхідно використовувати УАД спеціальної форми і УПП [10–14].

Для реалізації УПП об'єкт поділяється на Q груп елементів, причому в першу чергу перевіряється і відновлюється підсистема електроживлення, потім підсистема управління функціонуванням і генераторне обладнання формування сигналів, потім підсистеми і блоки в порядку проходження енергії та інформації. Якщо ЗСЗ складаються з L типових елементів заміни (ТЕЗ), з глибиною до яких здійснюється пошук дефектів при ремонті агрегатним методом, то кожна група містить по L/Q ТЕЗ і в гіршому з позицій діагностування випадку – при рівномірному розподілі дефектів в об'єкті – по одному з них. Нехай об'єкт поділяється на рівновеликі групи ТЕЗ $l_i = l = L/Q$ і перевірка діагностичних

параметрів виконуються одним засобом вимірювання, тоді ймовірність правильної оцінки результату виконання перевірки j буде постійна $p_j = p$ і при пошуку дефектів в групі за бінарним УАД мінімальної форми $1 \leq j \leq K_i = \log_2(L/Q)$ (рис. 1).

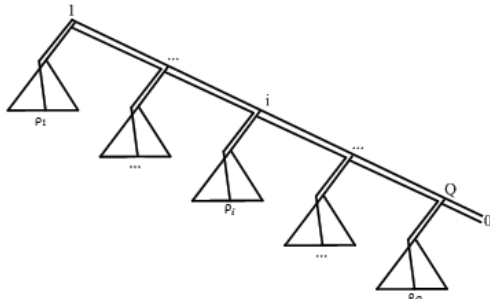


Рис. 1. Умовний алгоритм діагностування об'єкта з усіченою процедурою пошуку кратних дефектів

Тоді ймовірність правильного виявлення дефекту $i = 1, Q$ буде дорівнювати p^{1+K_i} , так як кожна група елементів перевіряється двічі з урахуванням можливості наявності в групі більше одного дефекту, де K_i – середня кількість перевірок при локалізації дефекту в групі i , p_i – МС відхилення діагнозу в групі i , причому за умови ремонту агрегатним методом $p_i \leq 0,5$ [5].

У загальному випадку ймовірність безпомилкового виявлення всіх дефектів в об'єкті

$$P(p_i \neq p, l_i \neq l) = p_i^{2Q} \prod_{i=1}^Q p_i^{K_i},$$

або за умови наявності рівновеликих груп елементів і використання тільки одного типу виміральної техніки

$$P(p_i = p, l_i = l) = p^{Q(2+K)},$$

де $K = \log_2 l = \log_2(L/Q)$.

При використанні цифрових засобів вимірювання з кількістю розрядів від трьох до семи і більше $0,9985 \leq p \leq 0,9997$, тобто з достатньою для практики точністю можна вважати $p \approx 1$, тоді

$$P(p, l) \approx 1 - Q(2 + K)(1 - p).$$

Оскільки $0 < p < 1$, то значення $P(p, l)$ убуває зі збільшенням кратності дефектів Q (рис. 2) або розмірності групи елементів (рис. 3), а також з погіршенням метрологічних характеристик засобів вимірювання в усіх випадках.

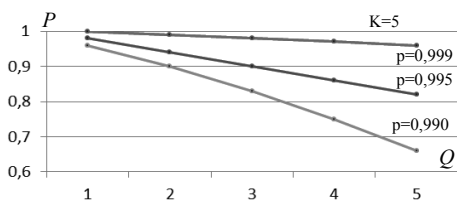


Рис. 2. Залежності ймовірності правильного знаходження всіх дефектів від їх кількості в об'єкті

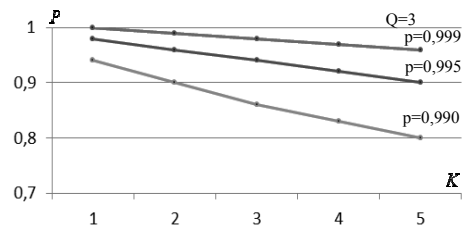


Рис. 3. Залежності ймовірності правильного знаходження всіх дефектів від розмірності груп елементів

Середній час відновлення ЗСЗ не повинен перевищувати допустимого значення, що задається керівними документами:

$$T_{в}(Q > 1) = \frac{t K_{\Sigma}(Q) + t_y Q}{p^{Q(2+K)}} \leq T_{вд}(Q),$$

де t – середній час виконання перевірки діагностичного параметра; t_y – середній час усунення несправності; $K_{\Sigma}(Q)$ – сумарна кількість перевірок для виявлення всіх Q дефектів.

Для наведеного на рис. 1 УАД з застосування УПП отримаємо

$$K_{\Sigma}(Q) = Q(2 + \log_2(L/Q))$$

і після підстановки в попередню нерівність можна обґрунтувати вимоги до засобів вимірювання:

$$p \geq \left[\frac{t K_{\Sigma}(Q) + t_y Q}{T_{вд}(Q)} \right]^{\frac{1}{Q(2+K)}} = \left[\frac{Q(t(2 + \log_2(L/Q)) + t_y)}{T_{вд}(Q)} \right]^{\frac{1}{Q(2+K)}}$$

Рішення існує, якщо $p < 1$, тобто

$$Q(t(2 + \log_2(L/Q)) + t_y) < T_{вд}(Q).$$

При використанні високоточних мікропроцесорних цифрових засобів вимірювання і наближеного виразу для оцінки $P(p, l)$ отримуємо

$$p \geq 1 - \frac{T_{вд}(Q) - Q(t(2 + \log_2(L/Q)) + t_y)}{Q T_{вд}(Q)(2 + \log_2(L/Q))},$$

і рішення існує при тій самій умові.

У військових ремонтних органах реалізується відновлення ЗСЗ зі слабким ступенем пошкодження $Q < 0,1L$ [12–14], при цьому

$$p \geq \left[\frac{0,1L(5,4t + t_y)}{T_{вд}(Q = 0,1L)} \right]^{\frac{1}{3,4(2+K)}}$$

без урахування усунення явних пошкоджень. Наприклад, при $L = 32$, $t = 2$ хв, $t_y = 3$ хв, $T_{вд} = 50$ хв, $Q = 3$, отримуємо $p \geq 0,988$, що показує можливість використання цифрових засобів вимірювання.

Розглянемо передумови реалізації іншого обмеження для ремонту ЗСЗ агрегатним методом: $p \leq 0,5$. Оскільки перевірка працездатності кожної групи елементів здійснюється двічі (рис. 1), то ймовірність помилки при цьому мізерно мала і МС значення діагностичної

помилки визначається як середньоарифметичне для всіх груп елементів:

$$\rho = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q \rho_i(l_i),$$

де для рівновеликих груп елементів [5]

$$\rho_i(l, p) = 0,5(l + \log_2 l - 1)(1 - p)p^{\log_2 l - 1} = \rho.$$

Так, для наведеного прикладу отримуємо $\rho = 0,0785$, що достатньо (рис. 4).

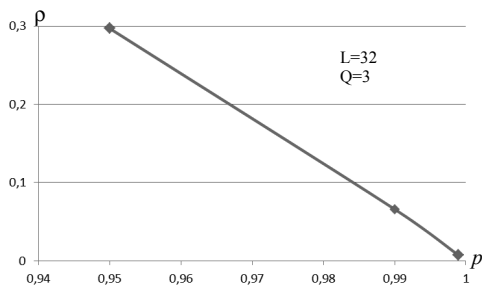


Рис. 4. Залежність значення діагностичних помилок від ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки

Для орієнтовної оцінки при $p \geq 0,995$ можна використовувати наближений вираз

$$\rho \approx 0,5(l + \log_2 l - 1)(1 - p) \times (1 - (1 - p)(\log_2 l - 1)).$$

Отримані вирази справедливі для випадків пошуку дефектів за УАД досконалої форми, коли $\log_2 l$ – ціле число. У загальному випадку

$$\rho_i = \frac{0,5(1 - p)}{p l_i} \sum_{j=1}^{K_{max}} l_j (2^j + j - 1) p^j,$$

де l_j – кількість випадків пошуку після виконання j перевірок, причому

$$\sum_{j=1}^{K_{max}} l_j = l_i.$$

У практиці ремонту ЗСЗ найбільш часто використовують УАД мінімальної форми, коли різниця між максимальною K_{max} і мінімальною кількістю перевірок в підгрупі елементів дорівнює одиниці, тоді

$$\rho_i = \frac{(1 - p)p^{\lceil K \rceil - 1}}{2l_i} \left[\frac{(2^{\lceil K \rceil} - l_i)(2^{\lceil K \rceil - 1} + \lceil K \rceil - 2)}{p} + (2l_i - 2^{\lceil K \rceil})(2^{\lceil K \rceil} + \lceil K \rceil - 1) \right],$$

де $\lceil K \rceil$ – округлене до цілого числа значення $K = \log_2 l_i$.

Так, для розгляду прикладу $\lceil K \rceil = 4$ і $\rho_i = 0,0855$, що на 8,2% більше, ніж при оцінці по наближеному виразу для УАД досконалої форми.

Результати досліджень дозволяють формалізувати процес завдання вимог до засобів вимірювань за значенням p у залежності від виконання обмежень $T_e \leq T_{\text{вд}}$ і $\rho \leq 0,5$ у вигляді блок-схеми алгоритму (рис. 5).

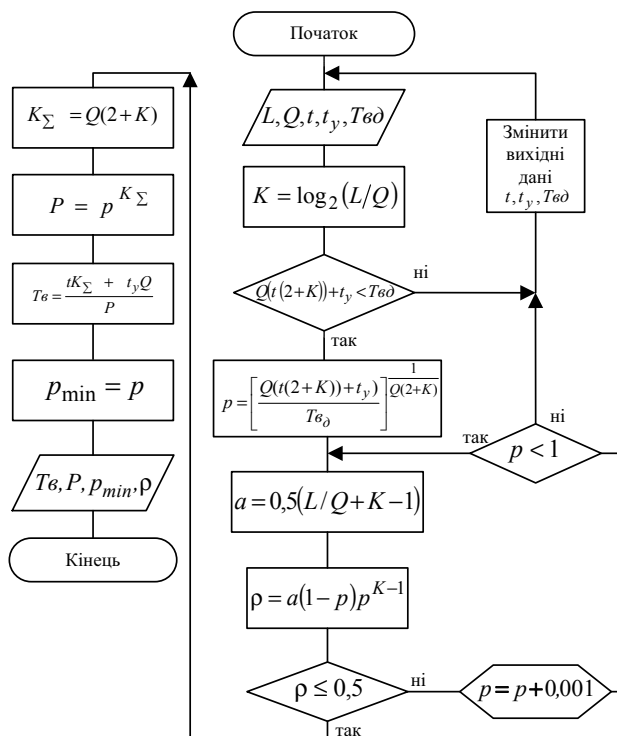


Рис. 5. Блок-схема алгоритму формалізованих вимог до метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки

Виходячи з отриманого мінімально необхідного значення p_{min} , визначається кількість розрядів цифрових або клас точності аналогових засобів вимірювань [15, 16], при цьому виконуються всі вимоги до ремонтпридатності ЗСЗ, а вартість засобів вимірювань буде мінімальною.

Висновки

1. Отримано і досліджено функціональні залежності значень показників достовірності діагностування об'єктів з кратними дефектами від керованих змінних: умов ремонту (t, t_y), якості діагностичного (K, K_{Σ}) та метрологічного (p) забезпечення.

2. Формалізовано у вигляді блок-схеми алгоритму практичні рекомендації щодо обґрунтування вимог до метрологічного забезпечення ремонту об'єктів з кратними дефектами.

3. Отримані результати доцільно використовувати при розробці діагностичного та метрологічного забезпечення існуючих і перспективних зразків ЗСЗ для задоволення вимог з ремонтпридатності при мінімальних витратах.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Ксєнз С. П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. М.: Радио и связь, 1989. 248 с.
2. Рыжаков В. А. Методики обеспечения ремонтпригодности военной техники связи Вооруженных Сил Украины : дис. ... канд. техн. наук : 20.02.14. К., 2000. 235 с.

3. Курченко О. А. Методики разработки алгоритмов и программ диагностирования военной техники связи при агрегатном методе ремонта : дис. ... канд. техн. наук : 20.02.14. К., 2001. 245 с.
4. ДСТУ 2389–94 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. Чинний від 1995.01.01. К. : Держ. стандарт України, 1994. 20 с.
5. Рижаків В. А., Сакович Л. М. Кількісне оцінювання діагностичних помилок під час поточного ремонту техніки зв'язку // Зв'язок. 2005. № 3. С. 45–50.
6. Сакович Л. Н., Вансович Ю. П. Количественная оценка достоверности диагностирования при устранении аварийных повреждения техники связи // Зв'язок. 2010. № 2. С. 47–49.
7. Сакович Л. Н., Елисов Ю. Н. Повышение эффективности агрегатного метода ремонта техники связи // Зв'язок. 1995. № 1. С. 47–48.
8. Елисов Ю. Н. Методики синтеза алгоритмов диагностирования военной техники связи и автоматизации : дис. ... канд. техн. наук : 20.01.09. К., 1997. 297 с.
9. Лихачёв А. М., Кузнецов В. Е., Могильный В. В. Метод обоснования требований по ремонтпригодности к комплексам средств связи с учетом их эксплуатации в чрезвычайных ситуациях // Информатика и космос. 2004. № 3. С. 18–22.
10. Сакович Л. Н., Павлов В. П. Моделирование процесса ремонта техники связи с аварийными повреждениями // Зв'язок. 2004. № 3. С. 54–58.
11. Сакович Л. Н., Павлов В. П., Рыжаків В. А. Моделирование процесса ремонта оборудования систем защиты информации с аварийными повреждениями // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. Вип. 8. К. : НТУУ «КПІ», 2004. С. 10–19.
12. Сакович Л. Н., Павлов В. П. Дефектация техники связи с аварийными повреждениями // Зв'язок. 2004. № 7. С. 52–56.
13. Сакович Л. Н., Павлов В. П. Алгоритмизация и формализация процесса дефектации оборудования систем защиты информации с аварийными повреждениями // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. Вип. 9. К. : НТУУ «КПІ». 2004. С. 168–180.
14. Павлов В. П. Методики дефектации военной техники связи при неплановых ремонтах : дис. ... канд. техн. наук : 20.02.14. К., 2006. 182 с.
15. Яковлев М. Ю., Рижов Є. В. Підхід до вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку // Військово-технічний збірник Академії СВ. 2014. № 1 (10). С. 119–127.
16. Сакович Л. М., Яковлев М. Ю. Обгрунтування мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання вимірювань параметрів військової техніки зв'язку // Озброєння та військова техніка. 2015. № 1 (5). С. 29–34.

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

УДК 536.12:621.891

Р. В. ЗІНЬКО,*кандидат технічних наук**(Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів),***П. І. ВАНКЕВИЧ,** *доктор технічних наук,***Є. Г. ІВАНІК,***кандидат фізико-математичних наук**(Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)*

Методологічні аспекти побудови моделей роботи різноманітної військової техніки на основі подібності графів їх конструкцій

Розроблено методологію аналізу конструкцій різноманітних машин з використанням графів. Аналіз конструктивних схем найрізноманітніших систем озброєння вказує, що машини та механізми, які відрізняються за своїм функціональним призначенням, мають подібні графи конструктивних схем внаслідок чого структурно-подібні системи описуються однаково диференціальними рівняннями, але при цьому параметри цих рівнянь залежать від умов функціонування машин. Подібність графів конструктивних схем дає можливість використовувати для їх дослідження однотипні математичні моделі, що потребує лише відлагодження вибору відповідних вхідних параметрів, які детермінують математичні моделі.

Ключові слова: конструкції машин і механізмів, системи озброєння, графи конструктивних схем, структурно подібні системи, диференціальні рівняння, параметри рівнянь, умови функціонування машин.

Разработана методология анализа конструкций разнородных машин с использованием графов. Анализ конструктивных схем разнообразнейших систем вооружения указывает на то, что машины и механизмы, отличаясь по своему функциональному назначению, имеют подобные графы конструктивных схем, вследствие чего структурно подобные системы описываются одинаковыми дифференциальными уравнениями, однако при этом параметры этих уравнений зависят от условий функционирования машин. Подобие графов конструктивных схем дает возможность использовать для их исследования однотипные математические модели, что требует лишь отлаживания выбора соответствующих входных параметров, детерминирующих математические модели.

Ключевые слова: конструкции машин и механизмов, системы вооружения, графы конструктивных схем, структурно подобные системы, дифференциальные уравнения, параметры уравнений, условия функционирования машин.

Розвиток нових конструкцій машин різноманітного призначення зумовлює постійне вдосконалення і уточнення методів їх розрахунку, синтез принципово нових технічних рішень і конструкцій. На укомплектування частин і з'єднань Збройних Сил України надходить нова, в конструктивному відношенні більш досконала і надійна техніка, що забезпечує високу мобільність і маневреність військ. Озброєння і військова техніка відрізняються складним облаштуванням, наявністю багатьох механізмів і агрегатів, що перебувають в найрізноманітніших умовах роботи і при цьому піддаються дії значних зовнішніх навантажень різноманітної фізичної природи.

При вирішенні задач підвищення якості динамічного функціонування складних систем спеціального призначення постає проблема підвищення ефективності автоматизації розрахунку проектно-конструкторських робіт і методів контролю за перебігом їх експлуатації. Вирішення цієї проблеми потребує розв'язання низки задач, серед яких дослідження функціонування складних систем як в умовах експлуатації, так і на стадії розробки. Успішне подолання неминучих труднощів, що постають перед дослідниками, незалежно від фізичної суті об'єкта дослідження або функціонування визначається можливостями формалізації їх опису, тобто розв'язанням задач ідентифікації та моделювання розглядуваних машин і механізмів.

Поняття «машина» є базовим поняттям сучасної науки і техніки. Визначення цього поняття дано І. І. Артоблевським для енергетичних, робочих, інформаційних і кібернетичних машин [1]. У роботі [2] ним також була проведена класифікація механізмів машин за структурно-конструктивною і функціональною ознаками. Л. Б. Левенсон поділяє робочі машини на дві групи: трансформувальні і транспортувальні [3]. У цілому класифікації машин проводять залежно від галузі їх використання [4–6].

Різноманіття класифікацій базується на розумінні відмінності між різними конструкціями машин. З'явилася тенденція до аналізу конструкцій машин у поєднанні з процесами, в яких вони задіяні [7–11], де автори аналізують зміну конструкції і як ця зміна впливає на перебіг їх експлуатації та функціонування в різних режимах.

Аналіз традиційних методів ідентифікації та моделювання [1–6] вказує на їх обмеженість, опис окремих, досить вузьких класів машин, пристроїв, механізмів не забезпечує необхідну точність, особливо у випадку їхнього відношення до класу суттєво нелінійних систем, не має універсальності по відношенню до математичних і фізичних схем розв'язання задач; при цьому потрібні апріорні знання про структуру і параметри системи. Тому важливого значення набуває вирішення проблеми ідентифікації і роботи складних динамічних об'єктів, до яких, без сумніву, належить широкий клас озброєнь і військової техніки, апріорні відомості про які є недостатніми або їхня структурна побудова має емпіричний характер.

Мета статті – визначення методології структурного запису конструкцій певних типів машин і механізмів,

Таблиця 1. Класифікація зв'язків між елементами машин і механізмів стосовно зовнішнього впливу

Класифікація стосовно зовнішнього впливу	Зв'язки		
	жорсткі	пружні	дисипативні
Пасивні – зовнішній вплив некерований			
Активні – зовнішній вплив задається			
Змінні			

Передача зусилля	Передача крутного моменту	Елемент, що ініціює вплив

який дозволяє систематизувати і формалізувати досить широкий клас машинобудівних систем, виробити єдину методіку опису їх математичних моделей на основі принципів теорії подібності, згідно з якими структурно подібні машини описуються спорідненими диференціальними рівняннями з параметрами, залежними від умов функціонування машин.

Теорія моделювання ґрунтується на теорії подібності. У теорії подібності говорять про геометричну подібність і подібність (спорідненість) фізичних явищ [12, 13]. При вивченні поведінки найрізноманітніших типів машин і механізмів з урахуванням їхніх конструктивних особливостей важливо виявити їхню структурну подібність, хоча функціональне призначення самих машин при цьому може суттєво відрізнитися. Отже, поняття моделі засноване на наявності деякої подібності між двома об'єктами. Подібність може бути суто зовнішньою, її можна зарахувати до внутрішньої структури зовнішньо цілком несхожих (різноманітних) об'єктів або до певних ознак поведінки об'єктів. Поняття подібність застосовують до широкого класу матеріальних та штучних

об'єктів, створених людиною. Для керованих структур найбільш спільною ознакою є подібність їх поведінки. В основі моделювання поведінки покладено принцип, що однакова поведінка може спостерігатись в системах, істотно різних за формою, структурою і фізичною природою процесів, що в них відбуваються. З погляду розроблюваного в статті підходу подібність – це взаємно однозначна відповідність між двома і більше об'єктами, за якої відомі функції переходу від параметрів одного об'єкта до параметрів іншого, а математичні описи цих об'єктів можуть бути тотожними. Тому приймемо за основний принцип таке припущення: структурно подібні машини описуються подібними диференціальними рівняннями, але параметри цих рівнянь залежать від умов функціонування машин [14].

Конструктивні схеми різноманітних машин можна записати за допомогою графів [9]. Під графом структури конструктивної схеми машини розуміємо такий граф, який показує зв'язок між елементами машини з урахуванням її будови і зовнішніх впливів [14]. Елемент схеми – ланка – відображається кружком, а жорсткий

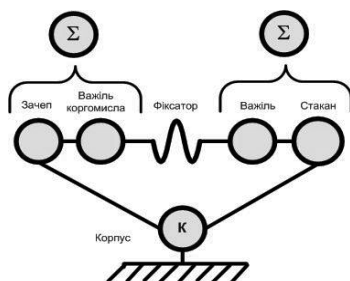


Рис. 1. Конвеєр для розміщення і подачі пострілів

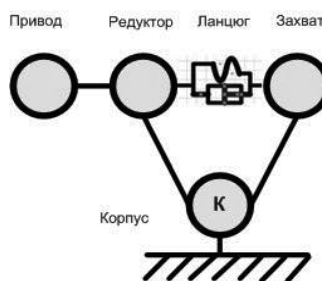


Рис. 2. Автомат заряджання танкової гармати

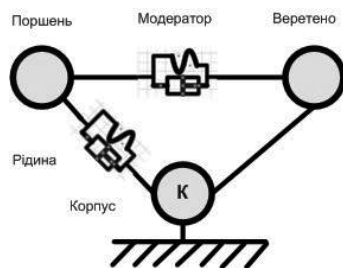


Рис. 3. Гальмо відкату гармати

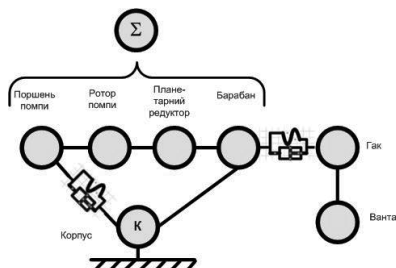


Рис. 4. Привід основної стріли підйому БРЕМ-80У

кінематичний зв'язок між двома елементами – прямою лінією, пружний зв'язок – хвилястою. Двостороння стрілка вказує можливі переміщення. Можливі інші зв'язки між елементами машин і механізмів стосовно зовнішнього впливу показані схемами в табл. 1.

Записавши конструкції найрізноманітніших механізмів елементів машин військового призначення [15–21] за допомогою графів, отримуються схеми, що виявляють високий ступінь спорідненості (рис. 1–4).

У випадку дослідження коливних процесів у приводах роторних машин, які містять електродвигун, що за допомогою пасової передачі зв'язаний з редуктором, який, у свою чергу, з'єднаний з валом, на якому встановлені робочі органи, математична модель матиме вигляд

$$J_1 \ddot{\varphi}_1 = \cos \omega t - c_1 \varphi_1 - k_1 \dot{\varphi}_1;$$

$$J_2 \ddot{\varphi}_2 = -c_2 (\varphi_2 - \varphi_1) - k_2 (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1);$$

$$J_3 \ddot{\varphi}_3 = -c_3 (\varphi_3 - \varphi_2) - k_2 (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_2),$$

де $\varphi_i, \dot{\varphi}_i, \ddot{\varphi}_i$ – узагальнені координати і похідні за часом; J_i – моменти інерції обертових мас; c_i, k_i – коефіцієнти жорсткості і демпфування.

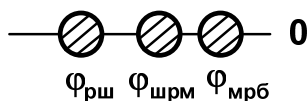


Рис. 5. Граф структури зв'язків координат роторної машини при дослідженні її приводу

Усі координати однакового фізичного змісту й граф їх зв'язків зображені на рис. 5. Граф структури зв'язків координат роторної машини в цьому випадку показаний на рис. 6. Відповідно, узагальнені координати, що описують рух корпуса, знаходяться на нульовому рівні. Координати приводу переміщуються на перший рівень.

Якщо графи структури міжрівневих зв'язків узагальнених координат у математичних моделях також подібні, то, зробивши константами декілька узагальнених координат і відкоригувавши відповідні вхідні параметри математичних моделей, можна за допомогою однієї моделі досліджувати цілу низку різноманітних машин, що за своєю конструкцією і функціональним призначенням можуть суттєво відрізнитися (табл. 2).

У табл. 2 також записано математичні моделі, що описують роботу роторної машини і енергетичної установки, у вигляді, необхідному для їх числової реалізації в середовищі MathLab. Процедура ydot(4) у першій колонці описує рух координати $\varphi_{рш}$ – приведенного кута повороту ротора двигуна до вала роторної машини разом з ведучим шківом пасової передачі, ydot(5) описує рух координати $\varphi_{шрм}$ – приведенного кута повороту веденого шківів пасової передачі, зубчастих колі редуктора, ведучої частини пружної муфти до вала роторної машини, а

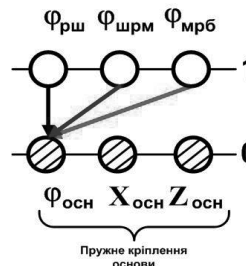


Рис. 6. Граф структури зв'язків координат роторної машини при дослідженні коливаний пружно закріпленого корпуса

Таблиця 2. Математичні моделі, що описують роботу різнохідних машин

	Роторна машина	Енергетична установка
Рівняння математичної моделі	$\begin{aligned} \dot{y}(4) &= 1/J(1) * (\sin(w*t) - c(1)*y(1) + c(2)*(y(2) - y(1)) - k(1)*y(4) + k(2)*(y(5) - y(4))); \\ \dot{y}(5) &= 1/J(2) * (-c(2)*(y(2) - y(1)) + c(3)*(y(3) - y(2)) - k(2)*(y(6) - y(5)) + k(3)*(y(7) - y(6))); \\ \dot{y}(6) &= 1/J(3) * (-c(3)*(y(3) - y(2)) - k(3)*(y(6) - y(5))); \end{aligned}$	$\begin{aligned} \dot{y}(5) &= 1/J(1) * (\sin(w*t) - c(1)*y(1) + c(2)*(y(2) - y(1)) - k(1)*y(5) + k(2)*(y(6) - y(5))); \\ \dot{y}(6) &= 1/J(2) * (-c(2)*(y(2) - y(1)) + c(3)*(y(3) - y(2)) - k(2)*(y(6) - y(5)) + k(3)*(y(7) - y(6))); \\ \dot{y}(7) &= 1/J(3) * (-c(3)*(y(3) - y(2)) + c(4)*(y(4) - y(3)) - k(3)*(y(7) - y(6)) + k(4)*(y(8) - y(7))); \\ \dot{y}(8) &= 1/J(4) * (-c(4)*(y(4) - y(3)) - k(4)*(y(8) - y(7))); \end{aligned}$
Граф структури рівнянь зв'язків узагальнених координат		
Вхідні дані значення	$w = 1.8 * 1000 * 2 * \pi / 60;$ $J = [45 \ 125 \ 5];$ $c = [1900 \ 3000 \ 600];$ $k = [4 \ 6 \ 2];$ $T = 10$	$w = 2.8 * 2 * \pi / 60;$ $J = [1.1 \ 1.95 \ 3 \ 2.8];$ $c = [1200 \ 1100 \ 1900 \ 2900];$ $k = [30 \ 20 \ 40 \ 60] * 10^{-1};$ $T = 10$
1		
2		
3		
4		

$\dot{\varphi}(6)$ описує рух координати $\varphi_{\text{прб}}$ – кута повороту веденої частини пружної муфти вала ротора.

Граф структури рівневих зв'язків математичної моделі можна представити у вигляді тримасового осцилятора, який при заданих вхідних значеннях параметрів даватиме розв'язки для досліджуваних координат (зміну координати в часі), надані у рядках 1–2 табл. 2, для їх похідних першого порядку (швидкостей) – розв'язки в рядках 3–4.

За аналогією з роторною машиною в другій колонці записана математична модель для енергетичної установки: $\dot{\alpha}(5)$ описує рух координати $\alpha_{\text{фз}}$ – кута повороту лопатей відносно маху, $\dot{\varphi}(6)$ описує рух координати $\varphi_{\text{рзв}}$ – кута повороту лопатей відносно вітроколеса, $\dot{\varphi}(7)$ описує рух координати $\varphi_{\text{взв}}$ – кута повороту вала електродинамічного гальма, $\dot{\varphi}(8)$ описує рух координати $\varphi_{\text{вз}}$ – кута повороту вала електрогенератора.

Таким чином, можна зробити висновок, що до певного рівня складності досліджувані об'єкти можуть мати вихідні пакети прикладних програм для дослідження, що ґрунтуються на подібності графів структури рівневих зв'язків математичних моделей таких об'єктів. У подальшому вже наявні вихідні пакети прикладних програм можуть доповнюватись і розширюватись і слугувати основою детальнішого аналізу досліджуваних процесів і явищ у заданих конструктивних системах.

Висновки. У статті виконано запис конструкції деяких видів механізмів за допомогою графів, в результаті чого отримуються схеми, що виявляють високий ступінь спорідненості. Зокрема, відзначено значну подібність між конвеєром для розміщення і подачі пострілів і автоматом заряджання танкової гармати. Дещо меншу подібність (однак деякі спільні риси наявні) спостерігається між гальмом відкотоу гармати і приводом основної стріли підйому броньованої ремонтно-евакуаційної техніки. Наведено приклад подібності роторної машини і енергетичної установки. Розглянуто приклади використання графів структур зв'язків координат для ілюстрації їх побудови та зв'язків між координатами в самому графі. Подання зв'язків координат у вигляді графів дозволяє з'ясувати взаємовплив роботи елементів машин і будувати моделі з урахуванням цих зв'язків. Крім того, графи зв'язків дозволяють однозначно визначити необхідну кількість і перелік узагальнених координат, що потрібні для розв'язання конкретної задачі. Застосування графів дозволяє визначати необхідний і достатній рівень майбутньої моделі функціонування машин. Це зменшить трудові витрати на створення, налагодження та використання моделі. Графи зручно використовували і для моделювання внутрішніх зв'язків між узагальненими координатами моделей функціонування машин.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин : учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 640 с.
2. Артоболевский И. И. Механизмы в современной технике. Т. 1. Рычажные механизмы : пособие для инженеров, конструкторов и изобретателей. М. : Наука, 1979. 608 с.
3. Левенсон Л. Б. Теория машин и механизмов. Кинематика и динамика механизмов : учеб. для вузов. М. : Машгиз, 1954. 504 с.
4. Дрыгин В. В. Теория механизмов, детали машин и основы конструирования : курс лекций. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2007. 239 с.
5. Щемелев А. М., Партнов С. Б., Белоусов Л. И. Строительные машины и оборудование. Минск : Новое знание, 2010. 160 с.
6. Сторожев В. В. Машины и аппараты легкой промышленности. М. : Академия, 2010. 400 с.
7. Харлампида Д. Х. Системно-структурный анализ циклов холодильных машин и теплонасосных установок Брошак І. І. Механічні обмежувальні системи : модульне проектування. Тернопіль : Крок, 2012. 351 с.
8. Современные методы идентификации систем / П. Эйкхофф, А. Ванечек, Е. Савараги [и др.] ; под ред. П. Эйкхоффа. М. : Мир, 1983. 400 с.
9. Лозовий І. С., Зінько Р. В. Структурний аналіз плоских схем автовантажотранспортувальних машин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2000. № 2. С. 63–67.
10. Лучко Й. Й., Іваник Є. Г. Системний аналіз процедури оброблення експериментальних даних випробувань машинобудівних та будівельних матеріалів і конструкцій. Львів : Каменяр, 2010. 230 с.
11. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. М. : Наука, 1977. 440 с.
12. Кутателадзе С. С. Анализ подобия и физическое моделирование. Новосибирск, 1986. 295 с.
13. Зінько Р. В. Морфологічне середовище для дослідження технічних систем [Текст] : моногр. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2014. 386 с.
14. Танк «Урал» : технич. описание и инструкция по эксплуатации [172М ТО]. Кн. 1. М. : Воениздат, 1975. 201 с.
15. Боевая машина пехоты БМП-1 : технич. описание. М. : Воениздат, 1972. С. 72–75.
16. Танк Т-72А : технич. описание и инструкция по эксплуатации. Кн. 2, ч. 1. М. : Воениздат, 1988. 97 с.
17. Дерев'янчук А. Й. Основи будови артилерійських гармат та боеприпасів : підручник. Суми : Сумський держ. ун-т, 2011. 716 с.
18. Коротов Г., Князьков В. Бронированная ремонтно-эвакуационная машина БРЭМ-1 // Военные знания. 1988. № 9. С. 26.
19. Бронетанковая техника мира : справ. / [сост. О. Н. Брилев, В. Г. Балицкий, А. А. Бардин]. М. : ИА АРСМ ТАСС, 2006. 368 с.
20. Бронированная ремонтно-эвакуационная машина БРЭМ-1 : технич. описание 608. ТО-2Э. Нижний Тагил : Уральское конструктор. бюро транспортн. машиностроения, 2000. 285 с.

Рецензент Б. Д. Дробенко, д-р техн. наук, старший наук. співробітник
(Інститут проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України)

УДК 623.486

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

Обґрунтування методу моделювання процесу функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки угруповання військ

Запропоновано метод моделювання на основі комплексного підходу, що базується на побудові і дослідженні математичної моделі системи забезпечення боєздатності парку озброєння та військової техніки (ОВТ) угруповання військ. Математична модель розроблена з урахуванням усієї можливої сукупності зовнішніх чинників, які впливають на систему, що характерні для умов воєнного часу, в першу чергу чинників, які обумовлюють завдання пошкоджень зразкам ОВТ і різке зростання потреб у боєприпасах і елементах комплектів ЗІП.

Предложен метод моделирования на основе комплексного подхода, базирующегося на создании и исследовании математической модели системы обеспечения боеспособности парка вооружения и военной техники группировки войск. Математическая модель разработана с учетом всей возможной совокупности внешних факторов, влияющих на систему, характерных для условий военного времени, в первую очередь факторов, обуславливающих нанесение поврежденных образцам вооружения и военной техники и резкое возрастание потребностей в боеприпасах и элементах комплектов ЗИП.

Відомо [1], що на систему відновлення покладається багато різноманітних за змістом і складністю робіт з відновлення працездатності ОВТ: ліквідація експлуатаційних відмов і відновлення зразків ОВТ, що отримали бойові пошкодження слабкого і середнього ступенів, виконання ремонту в об'ємі поточного і середнього відповідно, а також ліквідація пошкоджень малої і середньої складності, отриманих в аварійних ситуаціях.

Виникнення вимог до виконання того або іншого виду відновлення є нерегульованим потоком подій, більшість з яких є випадковими. Тому ефективність виконання робіт з обслуговування таких вимог прийнято оцінювати мірою імовірності. Для організаційно-технічних систем як така міра використовують, як правило, вірогідність обслуговування вимог, що поступають, за час, не перевищуючий заданий [2]. Такий показник ефективності обслуговування вимог приймається як узагальнений. Для систем військового призначення узагальнений показник відновлення ОВТ не може бути прийнятним в оперативних розрахунках, за результатами яких необхідно ухвалювати конкретні рішення з використанням однозначних початкових даних щодо вимог до підсистеми відновлення. Такими даними для оперативних розрахунків є необхідні значення допустимих термінів виконання ремонтних робіт на зразках ОВТ, що для підсистеми відновлення є її параметрами [1, 2]. Обґрунтування вимог до параметрів системи відновлення дворівневе, спочатку на основі розробки і дослідження математичної моделі першого рівня обґрунтовуються вимоги до узагальненого показника ефективності системи відновлення, а потім на основі розробки і дослідження моделей другого рівня обґрунтовуються вимоги до параметрів системи відновлення.

У ряді відомих робіт [1, 2] рішення задачі обґрунтування вимог до ефективності функціонування системи відновлення ОВТ здійснюється шляхом вичленування задачі відновлення із сукупності заходів щодо забезпечення боєздатності ОВТ з використанням кінцевих співвідношень теорії масового обслуговування необхідної інтенсивності відновлення об'єктів ремонту, приймаючи циркулюючі потоки в системі обслуговування найпростішими.

Такий підхід застосовується лише для орієнтовних оцінок, достовірність яких, через прийняття вищевказаних обмежень, низька [3]. Як показано в [2, 4], необхідна достовірність, що відповідає встановленому допустимому рівню ризику ухвалення нераціонального варіанта витрачання засобів на створення нової або вдосконалення існуючої системи відновлення, може бути досягнутий на основі комплексного підходу, заснованого на побудові і дослідженні математичної моделі системи забезпечення боєздатності парку ОВТ угруповання військ, розглядаючи відновлення як складову взаємопов'язаних процесів забезпечення боєздатності ОВТ угруповань військ.

Обґрунтування методу моделювання процесу відновлення ОВТ, як правило, здійснюється в прикладному аспекті стосовно угруповання БТОТ типового військового формування Сухопутних військ – механізованого з'єднання. У цілому, згідно з [1], до складу системи забезпечення боєздатності угруповання військ входять:

підсистема управління;
 підсистема відновлення, на яку покладаються задачі переведення ОВТ (при необхідності) у готовність до застосування з режиму зберігання, виконання заходів щодо технічного обслуговування ОВТ, його військового ремонту, технічної розвідки, евакуації, відновлення ОВТ у бойових порядках військ при їх бойових пошкодженнях, поповнення військових комплектів ЗІП;

підсистема забезпечення частин ОВТ, боєприпасами.
 Математична модель розробляється з урахуванням усієї можливої сукупності зовнішніх чинників, які впливають на систему, що характерні для умов воєнного часу, у першу чергу чинників, які обумовлюють завдання пошкоджень зразкам БТОТ і різке зростання потреб у боєприпасах і елементах комплектів ЗІП. Така модель досить узагальнююча, і при певних обмеженнях на сукупність взаємодіючих зовнішніх чинників легко трансформується в модель, на основі дослідження якої можливо визначити вимоги до ефективності відновлення ОВТ для умов мирного часу.

Як показано в [4, 5, 6], для даної системи доцільним є підхід, заснований на розробці моделей двох рівнів: макрорівня, як параметри якої використовуються узагальнені показники забезпечення кожного виду, і мікрорівня, параметрами яких є показники компонентів кожного виду забезпечення.

На основі дослідження моделі макрорівня відшуковується раціональний набір значень узагальнених показників по видах забезпечення, за критерієм досягнення заданого рівня ефективності функціонування макросистеми в цілому. На основі дослідження моделі мікрорівня за критерієм забезпечення заданого рівня узагальнених показників кожного з видів забезпечення відшукуються раціональні набори значень показників, що характеризують параметри підсистем забезпечення по кожному з її видів.

Аналіз відомих методів математичного моделювання складних систем показує [3, 4], що найприйнятнішим методом для моделювання системи досліджуваного класу є метод агрегативного моделювання. Під агрегатом при цьому розуміють об'єкт, що характеризується внутрішнім станом $Z(t)$, вхідним сигналом $x(t)$, управляючим сигналом $g(t)$, вихідним сигналом $y(t)$, а також операторами переходів станів H і виходів G . Оператори переходів і виходів є складовими і визначаються за допомогою операторів H' , H'' і G' , G'' відповідно.

Оператор переходів виражає залежність внутрішнього стану агрегату в будь-який момент часу від вхідних і управляючих сигналів:

$$Z(t+0) = H'\{t, Z'(t+0), g(t), x(t)\}, \quad (1)$$

де

$$Z'(t+0) = H''\{t, Z'(t+0), g(t)\}. \quad (2)$$

Оператор виходів агрегатів визначає вихідний сигнал агрегату, залежний від внутрішнього стану, а також від управляючого сигналу:

$$y(t) = \begin{cases} G''\{t, Z(t), g(t)\}, & Z(t) \in Z_g^o \\ \hat{O}, & Z(t) \notin Z_g^o \end{cases} \quad (3)$$

де Z_g^o – множина внутрішніх станів агрегату, при яких видається вихідний сигнал.

Момент t_i видачі чергового порожнього вихідного сигналу визначається оператором

$$\begin{aligned} t_i &= G'\{t_i, Z(\tau), g(\tau), x(\tau)\}, \\ t_{i-1} &< \tau \leq t_i, \end{aligned} \quad (4)$$

де t_{i-1} і t_i – сусідні елементи впорядкованої часової послідовності моментів видачі агрегатом вихідних сигналів.

До теперішнього часу не розроблені загальноприйняті правила, що дозволяють здійснити оптимальну декомпозицію будь-якої модельованої складної системи на складові частини для формального опису їх у вигляді агрегатів. Вважається, що ці операції знаходяться у сфері творчості і професійного мистецтва розробника математичної моделі. Разом з тим, вже зараз можна вказати деякі загальні міркування, якими доцільно керуватися при розробці агрегативної математичної моделі взаємодії системи забезпечення із забезпечуваним угрупованням військ.

Оскільки для побудови модельованого алгоритму необхідно визначити оператори агрегативної математичної моделі функціонування системи технічного забезпечення з'єднання БТОТ у вигляді явної математичної залежності, доцільно окремими агрегатами представляти такі частини реальної системи, що піддаються автономним теоретичним і експериментальним дослідженням, а їх причинно-наслідкові зв'язки з іншими частинами мають зрозумілий фізичний зміст і можуть бути легко подані у вигляді кінцевої множини незалежних напрямів передачі дій.

Цим вимогам найбільшою мірою відповідає декомпозиція модельованої системи забезпечення на частини за функціональними ознаками [3]. Елементами такої декомпозиції є: зовнішнє середовище; управління забезпеченням; види забезпечення. У даному випадку видами забезпечення, що підлягають детальному дослідженню, є технічне забезпечення і забезпечення боєприпасами.

З урахуванням викладеного, агрегативна модель системи забезпечення угруповання ОВТ може бути подана у вигляді, показаному на рис. 1.

У наданій моделі агрегат A_{II} моделює процеси зовнішніх дій (зовнішнє середовище і супротивник), агрегат A_I моделює процеси функціонування угруповання військ ОВТ як об'єкта забезпечення, агрегати $A_{об}$, $A_{СВ}$, A_y моделюють процеси управління видами забезпечення і управління угрупованням ОВТ.

Зокрема, агрегат $A_{об}$ моделює процеси функціонування підсистеми забезпечення угруповання військ боєприпасами (процеси накопичення боєзапасу в частинах і підрозділах), агрегат $A_{СВ}$ моделює процеси функціонування підсистеми відновлення.

Розглянемо загальний підхід до агрегативного моделювання процесів забезпечення угруповання військ. Як показано в [2], для кожного об'єкта забезпечення (зразка ОВТ), що входить до складу угруповання військ, можна вказати набір параметрів, які визначають готовність об'єкта забезпечення за ознакою їх відповідності необхідним значенням.

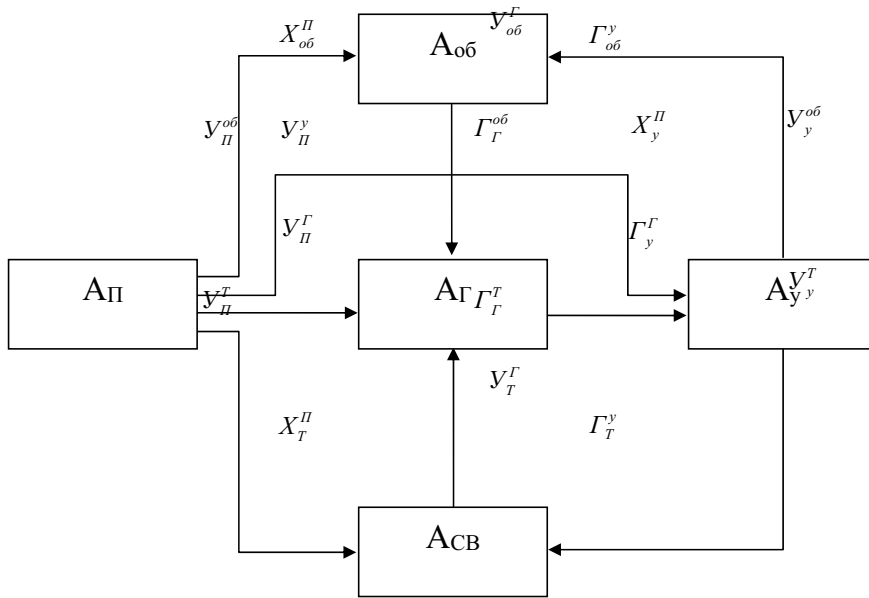


Рис. 1. Структура системи забезпечення боєздатності угруповання військ

Для кожного конкретного угруповання ОВТ (сукупності об'єктів забезпечення) ефективність забезпечення, зокрема, може бути визначена із співвідношення

$$W_{Г} = F[\underline{B}_1(t), \underline{B}_2(t), \dots, \underline{B}_j(t), \dots, \underline{B}_v(t)], t \in (0, T) \quad (5)$$

де $\underline{B}_j(t) = [\beta_{j1}(t), \beta_{j2}(t), \dots, \beta_{jv}(t)]$ – вектор параметрів, що характеризують готовність j -го зразка ОВТ виконати свої функції в складі угруповання військ; $j \in (1, j^*)$ – номер зразка ОВТ у складі угруповання; T – даний часовий інтервал; v кількість параметрів, що визначають готовність зразка ОВТ до виконання своїх функцій.

Вплив системи забезпечення на ефективність угруповання ОВТ полягає в безперервній компенсації випадкових змін (поступових і стрибкоподібних) параметрів об'єктів забезпечення, обумовлених дією внутрішніх і зовнішніх чинників.

Для адекватного відображення реальних процесів взаємодії системи забезпечення з угрупованням ОВТ у моделі повинні імітуватися такі процеси, як забезпечення боєприпасами; витрата боєприпасів у ході бойових дій; виникнення відмов ОВТ; бойові пошкодження ОВТ; процеси технічного обслуговування і поточного ремонту ОВТ; технічної розвідки; евакуації; відновлення ОВТ, що отримали бойові пошкодження; приведення (при необхідності) в боєздатний стан ОВТ з режиму зберігання і тих, що надходять з арсеналів і ремонтних підприємств (заводів промисловості); поповнення військових комплектів ЗІП.

Імітовані процеси в моделі можуть бути відтворені за допомогою датчиків випадкових чисел, якщо відомі закони зміни параметрів об'єкта забезпечення в результаті дії зовнішніх і внутрішніх випадкових чинників, а також закони розподілу випадкового часу виконання різних видів робіт за кожним з параметрів.

У даній агрегативній моделі дії зовнішніх і внутрішніх чинників на агрегати моделі задаються агрегатом АП відповідно до певної програми. Програми зміни параметрів агрегатів моделі складаються на основі використання даних досвіду бойових дій угруповань військ у

локальних війнах, тактичних навчаннях і обстановки, що імітується, для виконання поставленої задачі.

Висновки. Таким чином, метод моделювання, що пропонується, дозволяє відобразити детальну структуру процесів, які відбуваються в системі і її підсистемах, у першу чергу таких процесів, як технічне обслуговування і поточний ремонт озброєння, розгортання і приведення в готовність до використання за призначенням озброєння із режиму довгострокового зберігання, забезпечення експлуатації озброєння необхідними матеріальними засобами і боєприпасами, відновлення працездатності озброєння при бойових пошкодженнях.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Технічне забезпечення Збройних Сил України в бою та операції. К. : НАОУ, 1997. 186 с.
2. Ковтуненко А. П., Шишанов М. А., Зубарев В. В. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем : моногр. К. : Книжное изд-во НАУ, 2007. 296 с.
3. Раскин Л. Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления. М. : Сов. радио, 1986. 344 с.
4. Бусленко Н. П. Лекции по теории сложных систем. М. : Сов. радио, 1973. 96 с.
5. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. М. : Наука, 1978. 356 с.
6. Шишанов М. О., Яблоков В. В., Малюх О. В. Реформування Збройних Сил і проблема підтримки бойового потенціалу ОВТ // Підвищення ефективності функціонування виробничих систем ремонту і технічного забезпечення ОВТ : зб. наук. праць. К. : КІСВ, 1998. С. 34–39.

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

УДК 623.412:621.791.9

М. Ю. КАХОВСЬКИЙ,*науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)***М. П. ІЩЕНКО,** *генеральний директор,**Виробничо-комерційне товариство з обмеженою відповідальністю «МІМ», м. Київ.***А. Л. ЛУКОМНИК,** *науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Технологія відновлення стволів танкових та артилерійських гармат

Проаналізовано проблеми, пов'язані з руйнуванням та виходом з ладу каналів стволів, розглянуті можливості ремонту артилерійських та танкових гармат в Україні. Запропоновані технології та матеріали, що можуть покращити характеристики відновлених стволів.

Проанализированы проблемы разрушения и выхода из строя каналов стволов, рассмотрены возможности ремонта артиллерийских и танковых орудий в Украине. Предложены технологии и материалы, которые могут улучшить характеристики восстановленных стволов.

Умови проведення антитерористичної операції на сході України вимагають застосування проти збройних терористичних формувань наявного артилерійського озброєння. У результаті застосування артилерійських систем відбувається їх зношення і тим самим зменшення ресурсу, що викликає нагальну потребу у відновленні. Після певної кількості пострілів ствол артилерійської (танкової) гармати приходиться у стан, при якому подальше використання за призначенням неможливе.

Переважна більшість танків та артилерійських систем, що знаходяться на озброєнні, експлуатуються вже не один десяток років і за цей час лише ремонтувалися в обсягах встановленого регламенту. Використання боєприпасів різних серій та років випуску з вельми широким розкидом характеристик є додатковим фактором погіршення обтюрації.

Використання гармати з погіршеними характеристиками (зносом) ствола викликає розкид точок влучення, що збільшує потрібну на виконання бойової задачі витрату боєприпасів. У разі ненормованого обтюраційного зносу каналу ствола зменшується вірогідність ураження цілі, що обумовлюється зміною зовнішніх балістичних характеристик боєприпасів (суттєве падіння початкової швидкості, прояви динамічної нестабільності боєприпасу на траєкторії тощо).

Вивченню зносу стволів гармат присвячений цілий ряд наукових праць [1–4], у результаті яких визначено, що скорочення терміну служби ствола відбувається внаслідок його зносу і розпалу каналу. Під терміном «знос» мається на увазі механічна зміна розмірів каналу ствола, що являє собою збільшення діаметра каналу, а також зміну профілю його поперечного перерізу. Під терміном «розпал» слід розуміти явища, викликані ерозійним впливом порохових газів на поверхні шару металу каналу ствола.

Розвиток технологій підвищення зносостійкості каналу гарматного ствола полягає в застосуванні окислення, спеціальних видів цементації, наклепу, хромування тощо, які дозволяють суттєво підвищити його живучість. Наприклад, середній ресурс ствола гармати 2А46 становить близько 160 пострілів бронебійно-підкаліберними снарядами (БПС), тоді як на гарматі 2А46М, завдяки введенню хромування ствола, цей показник доведений до 220 пострілів [4]. Однак технологічний процес електрохімічного хромування ствола має ряд недоліків, шкідливо впливає на здоров'я технічного персоналу підприємства і потребує вирішення екологічних проблем стічних вод.

Станом на початок 2013 року живучість ствола вітчизняної танкової гармати КБА-3, виготовленої з конструкційної легованої сталі 38ХНЗМФА, становила до 200 пострілів БПС, у зв'язку з чим питання збільшення живучості її ствола було вкрай актуальним. З цією метою в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України проведені дослідження із застосуванням лазерної термічної обробки внутрішньої поверхні каналу. За розробленою технологією була виготовлена невелика дослідна партія гармат КБА-3, яку передали для проведення випробувань на Харківський завод ім.

В. О. Малишева. Випробування показали підвищення стійкості стволів до зносу від пострілів БПС приблизно на 30%. Але, не зважаючи на підвищення характеристик, подальші дослідження відстріляних стволів показали, що в процесі функціонування доріжки лазерної термічної обробки відбувається послаблення міцності каналу ствола внаслідок термічного відпуску, викликаного порівняно низькою жаростійкістю сталі 38ХНЗМФА. Також було встановлено, що зміцнений лазерною термічною обробкою шар високої твердості виявився практично нестійким до порохової ерозії [5, 6].

Незважаючи на поступове збільшення експлуатаційного ресурсу гарматних стволів внаслідок застосування нових технологій питання відновлення відпрацьованих стволів все ж залишається.

Переплавлення відпрацьованих стволів гармат, виготовлених з дорогої сталі, на нові є економічно невигідним, тому на даний час один з відомих методів ремонту танкових та артилерійських гармат полягає у висвердлюванні зношеного шару всередині ствола та вставлення в нього тонкостінної труби з високоякісної сталі, що називається лейнером.

Не дивлячись на простоту, на перший погляд, даної технології ремонту, застосування лейнерів має певний ряд недоліків, серед яких необхідність використання стволових сталей з дуже високими механічними характеристиками і складність їх виготовлення. Тому сучасні гармати, в більшості випадків, мають стволи-моноблоки, які після руйнування внутрішнього шару замінюють на нові [7].

За останні 20 років, у зв'язку з бурхливим розвитком технологій нанесення покриттів (детонаційні комплекси, мікроплазмове обкладання, лазерні технології та ін.), можливістю створення нових матеріалів для конкретних задач та розвитком порошкової металургії, змінився і підхід до відновлення зношених дорогих частин в високотехнологічних галузях, таких як військово-промисловий комплекс, атомна енергетика, авіаційна промисловість, суднобудівна галузь тощо.

Як показала практика, використання вищезгаданих технологій ремонту надає можливість відновлення зношених деталей, замість заміни їх на нові, а крім того, сприяє підвищенню післяремонтного ресурсу [8]. Застосування перспективних технологій відновлення дозволяє частково зменшити собівартість ремонту внаслідок використання основної деталі з недорогого матеріалу та нанесення на її робочу поверхню високоякісного сплаву із заданими характеристиками.

Одним з можливих варіантів відновлення ресурсу відпрацьованих стволів артилерійських та танкових гармат є розроблення технології плазмового наплавлення покриттів на поверхню каналу ствола. При плазмовому наплавленні джерелом теплоти є плазмова дуга, а присадним чи електродним матеріалом - суцільний чи порошковий дріт, нерухома присадка у вигляді литих чи спечених кілець або гранульований порошок.

Завдяки можливості регулювання в широкому діапазоні співвідношення між тепловою потужністю дуги і подачею присадного (електродного) матеріалу більшість способів плазмового наплавлення забезпечує

досить високу продуктивність при мінімальному проплавленні основного металу.

Під плазмою мається на увазі високотемпературний сильно іонізований газ, що складається з молекул, атомів, іонів, електронів тощо. При дугової іонізації газ пропускають через канал і створюють дуговий розряд, тепловий вплив якого іонізує газ, а електричне поле створює спрямований плазмовий струмінь. Газ подається під тиском у 2...3 атм, у його середовищі збуджується електрична дуга силою струму 400...500 А та напругою 120...160 В. Іонізований газ досягає температури 10...18 тис. °С, а швидкість потоку - до 15 000 м/с. Плазмовий струмінь утворюється в спеціальних пальниках - плазмотронах. Катодом у цьому випадку є неплавкий вольфрамовий електрод.

Перевагами плазмового порошкового наплавлення є: висока концентрація теплової потужності й мінімальна ширина зони термічного впливу; можливість отримання товщини наплавленого шару від 0,1 мм до декількох міліметрів; можливість наплавлення різноманітних зносостійких та антифрикційних матеріалів; можливість виконання плазмового гартування поверхні деталі; відносно високий ККД дуги (0,2...0,45); відносно мале перемішування та висока адгезія покриття з основним металом; низька поруватість покриття; відсутність деформації деталі, що відновлюється.

Зважаючи на вищенаведені переваги, технологія плазмового наплавлення дозволяє не лише відновлювати робочі поверхні деталей, але і за рахунок застосування нових зносостійких матеріалів істотно підвищити їх експлуатаційний ресурс.

Технологічна лінія з відновлення зношених стволів гармат може включати такі технологічні процеси:

- дефектоскопія ствола;
- виправлення геометрії шляхом знімання зношеного шару;
- ремонт виявлених дефектів;
- нанесення високоякісного сплаву із заданими властивостями до заданих параметрів та розмірів.

Успішній реалізації ідеї плазмового наплавлення покриттів на поверхню каналу ствола сприяє багаторічний досвід роботи в напрямі плазмового наплавлення та практичні розробки профільних науково-дослідних інститутів Національної академії наук України разом з провідними представниками промисловості в даній галузі, а саме:

Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України з питань створення сплавів з необхідними властивостями і відпрацювання технологій їхнього виробництва;

Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України з питань розробки та досліджень технологій нанесення покриттів;

Виробничо-комерційного товариства з обмеженою відповідальністю «МІМ» з питань створення автоматизованих детонаційних та мікроплазмових комплексів, а також виробництва і постачання високотехнологічних сплавів.

Кількісні та якісні показники зношення ствола залежать від різних факторів, з яких головним значенням

є температура поверхні каналу ствола перед наступним пострілом. В автоматичній зброї присутня зона між термоерозійним та термопластичним зношенням, в якій спостерігаються обидва види зношення. Критерієм переходу приймається температура 800 К [9]. Аналіз факторів, що впливають на зношення ствола, показує, що для певного комплексу «гармата – патрон – снаряд» при ерозійному та термопластичному зношенні живучість ствола в основному визначається рівнем нагрівання при стрільбі.

Аналіз існуючих матеріалів показав, що максимального зменшити знос поверхневого шару можливо за рахунок використання як присадного матеріалу зносостійкого сплаву марки ХТН-61 [10, 11]. Даний сплав створений групою вчених з Інституту металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України та Запорізького машинобудівного конструкторського бюро «Прогрес» ім. академіка О. Г. Івченка під керівництвом доктора технічних наук А. К. Шуріна [12]. Сплав характеризується відмінними показниками зносостійкості при робочій температурі до 1300 К, великою жаростійкістю, високими показниками при терті й ковзанні однойменних пар та стійкий при фретинг-корозії.

Відпрацьована технологія виробництва сплаву та його промислове застосування фахівцями ВК ТОВ «МІМ» при нанесенні на кромки бандажних полиць лопаток газотурбінних авіаційних двигунів впроваджено та успішно використовується на підприємствах ПАТ «Мотор Січ». Результати досліджень показали, що зміцнені сплавом марки ХТН-61 бандажні полиці двигуна літака Ан-124 «Руслан» мають експлуатаційний ресурс приблизно 6000 год., тоді як лопатки, зміцнені іншими сплавами, витримують ресурс не більше 1000 год. [12, 13].

Оскільки лопатки газотурбінних авіаційних двигунів працюють при схожих з гарматними стволами умовах (температура, тиск, абразивний знос та ін.), аналіз вищенаведених даних дає можливість припустити доцільність ідеї плазмового порошкового наплавлення жаростійкого сплаву ХТН-61 на поверхню каналу ствола гармати з метою підвищення його експлуатаційного ресурсу, зважаючи на вищу на 60% робочу температуру переходу між термоерозійним та термопластичним зношенням, при якому ствол зношується лавиноподібним чином.

Висновки

1. Проаналізовано причини, що викликають знос гарматного ствола, наслідки ненормованого зносу та розглянуті можливості відновлення ресурсу гарматних стволів.

2. Запропонована технологія відновлювання зношених (захисту нових) стволів шляхом плазмового порошкового наплавлення з обраним зносостійким матеріалом марки ХТН-61, що має покращити тактико-технічні характеристики гладкоствольних гармат та подовжити ресурс їхніх стволів.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Орлов Б. В., Ларман Э. К., Маликов В. Г. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий. М. : Машиностроение, 1976. 432 с.

2. Чуев Ю. В. Проектирование ствольных комплексов. М. : Машиностроение, 1976. 216 с.
3. Надтока В. Н. Эрозия орудийных стволов : обзор // Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2006. № 4 (21). С. 16–22.
4. Анипко О. Б., Борисюк М. Д., Бусяк Ю. М., Гончаренко П. Д. Экспериментальное исследование живучести ствола гладкоствольной пушки // Интегровані технології та енергозбереження. 2011. № 1. С. 28–31.
5. Розоринов Г. Н., Хаскин В. Ю., Лазаренко С. В. Применение лазерных технологий для повышения срока службы изделия КБА-3 // Збірник наук. праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. 2013. Вип. 3. С. 144–152.
6. Розоринов Г. Н., Хаскин В. Ю., Лазаренко С. В. Применение лазерных технологий для увеличения эксплуатационного ресурса рабочих поверхностей // Сучасний захист інформації. 2013. № 3. С. 75–82.
7. Никифоров Н. Н., Туркин П. И., Жеребцов А. А., Галиенко С. Г. Артиллерия / под общ. ред. М. Н. Чистякова. М. : Воениздат, 1953.
8. Дмитриева Г. П., Черепова Т. С., Косорукова Т. А., Ничипоренко В. И. Структура и свойства износостойкого сплава на основе кобальта с карбидом ниобия // Металлофизика и новейшие технологии. 2015. Т. 37, № 7. С. 973–986.
9. Пушкарев А. М., Вершинин А. А., Вольф И. Г. Оценка износа артиллерийских стволов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. Вып. № 12-1.
10. Тихомирова Т. В., Гайдук С. В. Исследование методом CALPHAD влияния отношения вольфрама к кремнию на фазовый состав и характеристические температуры кобальтового сплава // Вестн. двигателестр. 2014. № 2. С. 206–210.
11. Пейчев Г. И., Замковой В. Е., Андрейченко Н. В. Сравнительные характеристики износостойких сплавов для упрочнения бандажных полок рабочих лопаток // Авиационно-космическая техника и технология. 2010. № 9 (76). С. 102–104.
12. Разработка и внедрение высокотемпературного износостойкого сплава для упрочнения бандажных полок лопаток ГТД / Г. И. Пейчев, А. К. Шурин, В. Е. Замковой [и др.] // Авиационная техника и технология. 2000. № 3.
13. Пейчев Г. И., Замковой В. Е., Андрейченко Н. В. Разработка аналога износостойкого сплава ХТН-61 повышенной жаростойкости для газотурбинных двигателей // Авиационно-космическая техника и технология. 2007. № 8 (44). С. 11–13.

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

Військово-наукове співробітництво Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України з винахідниками, які виконують бойові завдання в зоні антитерористичної операції

Під час пошуку шляхів ефективного використання інтелектуального потенціалу та активізації винахідництва і раціоналізації в Збройних Силах України Міністерство оборони України підтримує проведення заходів на рівні Збройних Сил України, метою яких є розповсюдження передового досвіду військових винахідників. Особливо це стосується того досвіду, що набувається на передовій в зоні АТО.

Не маючи необхідних умов і часу, у бойовій обстановці військовослужбовці Збройних Сил України винаходять нові засоби і прийоми боротьби, удосконалюють існуючі зразки озброєння, раціоналізують процеси ремонту, зберігання і експлуатації майна та процеси навчально-бойової підготовки, створюючи тим самим умови для прискорення перемоги над ворогом.

У числі реалізованих є десятки винаходів, що допомогли оснастити українську армію новими ефективними засобами боротьби з ворогом, а також технічні вдосконалення і раціоналізаторські пропозиції, що дали державі значну економію коштів. У результаті виготовлення і відновлення на основі винахідницьких пропозицій інструментів і пристосувань, запчастин, деталей і навіть цілих агрегатів бойової техніки та впровадження нових способів і методів ремонту з'явилася можливість ремонтувати матеріальну частину: танки, гармати, стрілецьку зброю, транспорт та інше озброєння і військову техніку – на місці, без вивозу її в тил, про що свідчать технічні рішення, які впроваджуються на об'єктах техніки бійцями в зоні АТО.

У засобах масової інформації висвітлюються приклади самовідданості військових, що ведуть бойові дії з терористами. При цьому неодноразово було показано, що в підрозділах Збройних Сил України, які виконують бойові завдання в зоні АТО, військовослужбовці здійснюють удосконалення та модернізацію озброєння та військової техніки. Це дуже важливо при наявних втратах зразків стрілецької зброї, артилерійських гармат, мінометів, автомобілів, бронетранспортерів, танків та іншої техніки, що застосовується в зоні АТО.

Обстановка воєнного часу вимагає оперативного прийняття рішень щодо пропозицій, що надані і впроваджені на місцях винахідниками і раціоналізаторами Збройних Сил України. Не можна затягувати їхній розгляд і передачу досвіду іншим підрозділам. До того ж проведення антитерористичної операції на сході нашої країни значно активізувало винахідницьку та раціоналізаторську роботу в українському війську. Втілені на практиці ведення бойових дій технічні рішення, на думку їхніх розробників, суттєво покращували тактико-технічні характеристики наявного озброєння та військової техніки. Проте, як виявилось, подібні «вдосконалення», якщо вони не мають під собою наукового обґрунтування, замість користі можуть лише зашкодити. Причому не лише «покращеним» у такий спосіб зразкам ОВТ, а й безпосередньо загрожувати життю людей. І за

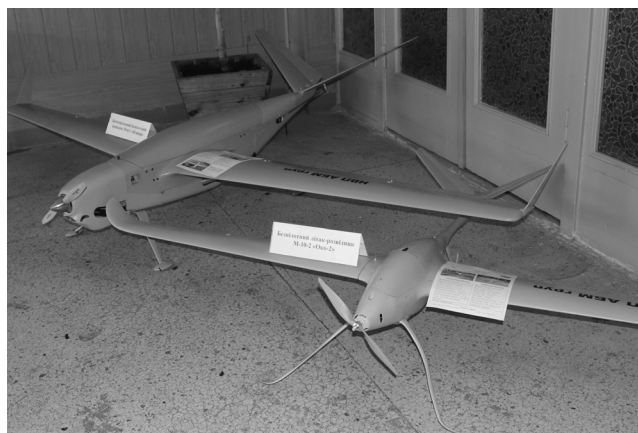
прикладом далеко ходити не доводиться. За інформацією засобів масової інформації і аналітичної групи з фахівців ЦНДІ ОВТ ЗС України, яку очолював начальник ЦНДІ ОВТ ЗС України полковник Ігор Чепков, що виконувала відповідні завдання в зоні АТО, було встановлено, що є багато таких технічних рішень, які себе не виправдали. Як зрештою виявилось, далеко не кожна така ідея, як то кажуть, мала права на життя. У міру їхнього детального вивчення ставало зрозумілим, що від деяких винаходів, народжених на передовій та власноруч втілених за допомогою підручних матеріалів на практиці, ефект може бути зворотний.

Тому за рішенням начальника ЦНДІ ОВТ ЗС України доктора технічних наук, професора заслуженого діяча науки і техніки України полковника Ігоря Чепкова фахівці ЦНДІ ЗС України ретельно дослідили технічні рішення, що робляться самотужки винахідниками і раціоналізаторами в зоні АТО. На основі цієї роботи була проведена науково-практична конференція «Винахід заради перемоги: обмін досвідом щодо модернізації і ремонту бойової техніки і озброєння в умовах АТО». Метою конференції було надання можливості винахідникам АТО передати досвід винахідницької і раціоналізаторської роботи в інші сектори АТО, а науковцям ЦНДІ ОВТ ЗС України роз'яснити їм недоліки технічних рішень і вказати шляхи їх усунення для покращення тактико-технічних характеристик. Для цього необхідно було вирішити питання можливості їх відрядження з передових рубежів для участі в конференції.

В приміщенні ЦНДІ ОВТ ЗС України було розгорнуто тематичну виставку озброєння та військової техніки, а також виробів військового призначення, експонати для якої були привезені учасниками конференції. Усього на огляд учасників конференції було представлено більше 200 експонатів з різних напрямів: від модернізованої стрілецької зброї до захисних екранів на вихлопні патрубку вертольота.

Склад учасників конференції був дуже різноманітний: від простих військових винахідників до докторів технічних наук, професорів, від волонтерів до





полковників, від командирів роти до начальників управлінь. Від Генерального штабу Збройних Сил України в роботі конференції взяв участь начальник Военно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України доктор військових наук полковник Юрій Гусак, від Державної служби інтелектуальної власності України – заступник директора з наукової роботи Петро Іваненко.

За словами голови оргкомітету конференції начальника науково-дослідного відділу патентно-ліцензійної, винахідницької та раціоналізаторської діяльності в ЗС України заслуженого винахідника України Володимира Комарова, будь-який перспективний винахід чи технічне рішення повинні бути узгоджені з результатами передової наукової діяльності, тому дуже важливим є процес обміну досвідом у цій сфері.

Разом з тим, нагальні потреби в ефективних рішеннях під час воєнних дій забезпечують швидку практичну реалізацію винаходів і нових розробок. На цьому зосередив увагу начальник Военно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України полковник Юрій Гусак. У його доповіді прозвучало, що сприяння розвитку та ефективному використанню досягнень творчих особистостей – вчених, винахідників, новаторів – людей, здатних генерувати нові ідеї й втілювати їх в реальні технології, нову продукцію у вигляді озброєння та військової техніки, є одним з найважливіших напрямів державної політики у сфері інтелектуальної власності.

Тематика доповідей конференції стосувалася актуальних питань удосконалення озброєння і військової техніки на базі існуючих зразків з якомога меншими часовими і фінансовими витратами. Символічно, що

першою доповіддю в програмі була доповідь одного з учасників АТО, який поділився з присутніми на конференції своїми думками про ті чи інші розробки, що треба якомога швидше впровадити у виробництво для використання в бойовій обстановці. Доповідач з Військової академії (м. Одеса) капітан Сергій Небесний привіз та показав універсальний станок для крупнокаліберного кулемета НСВ чи ДШКМ калібру 12,7-мм, який був виготовлений ним самотужки. Після конференції цей станок був відправлений на передову.

Волонтер Максим Мураткін показав варіант удосконалення 7,72-мм автомата системи Калашникова.

Виступаючи на конференції науковці ЦНДІ ОВТ ЗС України прикладами щодо удосконалення зразків ОВТ на підставі наукових досліджень показали необхідність комплексної підготовки винаходів, що повинні базуватися на наукових дослідженнях. Винахідники ЦНДІ ОВТ ЗС України останніми роками здійснили чимало розробок для техніки, яку супроводжував ЦНДІ ОВТ ЗС України, отримано більше 50 патентів України на винахід та корисну модель. Торік фахівцями інституту були отримані патенти України на ОВТ, яке прийняте на озброєння. Зокрема, тактичний ніж, зразки стрілецької зброї, захисні екрани для бронетехніки, системи динамічного захисту бронетехніки, пристрої й системи захисту кораблів від бойових плавців і бойових уражаючих елементів та елементи забезпечення ЗС України: вогнестійкий комбінезон для водіїв, тару для зберігання боеприпасів тощо. Наразі фахівці інституту працюють над розробкою безшумного міномета, який зможе стріляти не тільки мінами відповідного калібру, але й



метати у бік ворога невластиві для міномета боєприпаси – снаряди ствольної артилерії. Також здійснюється робота над створенням спеціальних фортифікаційних споруд, які можна буде у лічені хвилини встановити на полі бою. Учасник конференції заступник начальника ЦНДІ ОВТ ЗС України полковник Сергій Шереметов, побувавши з аналітичною групою в зоні бойових дій, привіз звідти ідею, яку запатентував, – «Складний приклад автомата Калашникова».

Таким чином, проведена науково-практична конференція «Винахід заради перемоги: обмін досвідом щодо модернізації і ремонту бойової техніки і озброєння в умовах АТО» довела неможливість впровадження будь-яких технічних рішень у життя без їх наукового обґрунтування. Головним підсумком цього наукового форуму стала можливість донести до його учасників думку, що будь-який винахід або раціоналізаторська пропозиція повинні мати наукове підґрунтя. Завдяки цьому ситуацію, пов'язану з винахідницькою та раціоналізаторською діяльністю у військовій сфері, вдалося упорядкувати. Нині до ЦНДІ ОВТ ЗС України постійно надходять запити як від підприємств вітчизняного ОПК та наукових установ, що виготовляють продукцію військового призначення, так і від окремих громадян, які займаються винахідницькою діяльністю і яким небайдужа обороноздатність країни. Зазвичай їх цікавить, на що слід звернути увагу і в якому напрямі здійснювати роботу, щоб покращити наявні властивості або характеристики певного зразка озброєння та військової техніки (ОВТ). У таких випадках фахівці інституту, здійснивши пошук по патентах та базі науково-технічних видань, отримують відомості про рівень технічного розвитку тієї чи іншої галузі. З огляду на це вони і формують рекомендації щодо подальшого удосконалення ОВТ на основі новітніх технічних рішень.



У підсумку винахідники ЗС України отримують нагоду здійснювати свої розробки, використовуючи останні результати наукових досліджень, в яких їм допомагають фахівці ЦНДІ ОВТ ЗС України.

У рамках конференції відбулось урочисте нагородження кращих винахідників та раціоналізаторів, розробки яких широко використовуються в ЗСУ та перевірені суворими бойовими умовами. Від імені Державної служби інтелектуальної власності України Петро Іваненко вручив українським новаторам почесні кубки як знак їхніх досягнень.

Завершив конференцію заступник начальника ЦНДІ ОВТ ЗС України з наукової роботи полковник Владислав Сотник. Він висловив подяку її учасникам за велику роботу з підготовки доповідей. Він підкреслив, що конференція пройшла успішно, що новим позитивним моментом стало те, що у бойовій обстановці українські винахідники продовжують удосконалювати існуючі зразки ОВТ, процес їхнього ремонту, а також процеси навчально-бойової підготовки, а тепер вони це будуть робити, спираючись на науку. Тим самим отримують можливість створити умови для прискореної перемоги над ворогом шляхом створення і удосконалення зразків ОВТ на ще більш високому науковому і професійному рівні.

Загалом учасниками конференції було представлено понад 20 перспективних проектів і рішень, що віддзеркалюють досвід з ремонту, модернізації та використання тепловізійної техніки, оптичних прицілів і техніки нічного бачення; підвищення ефективності захисту бойових броньованих машин; нові високотехнологічні пов'язки вітчизняного виробництва для допомоги у випадках опіків, відкритих ран; технології швидкого будівництва захисних та фортифікаційних споруд; застосування безпілотних літальних апаратів для захисту державного кордону; проекти з модернізації стрілецької зброї й інші важливі та перспективні розробки.

Учасники конференції одноставно висловили думку, що конференція повинна стати сходиною для подальшого удосконалення зв'язку науки з виробництвом ОВТ, а ЦНДІ ОВТ ЗС України – проміжною ланкою між цими складовими.

В. О. Комаров, начальник науково-дослідного відділу заслужений винахідник України, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України

Всеармійський конкурс «Кращий винахід року»: історія та набутки сьогодення

Зміцнення боєздатності Збройних Сил України неможливе без активної участі військовослужбовців та працівників Збройних Сил України у патентно-ліцензійній, винахідницькій і раціоналізаторській роботі, спрямованій на створення нових та удосконалення існуючих зразків техніки, забезпечення захисту об'єктів права інтелектуальної власності при виконанні державного оборонного замовлення та здійсненні міжнародного військово-технічного співробітництва. У Збройних Силах України в сучасних умовах винахідництво набуває особливого значення. Військовослужбовці та працівники Збройних Сил України мають потужний інтелектуальний потенціал, спроможний допомогти у виконанні завдань, що стоять перед Збройними Силами України.

Керівництво Міністерства оборони України опікується питаннями підтримки і популяризації винахідницької і раціоналізаторської роботи в Збройних Силах України та використання результатів інтелектуальної діяльності військових винахідників, підтримує проведення конкурсів на кращий винахід у підрозділах Міністерства оборони України та на рівні Збройних Сил України, який започатковано Державною службою інтелектуальної власності України. Для вирішення цих питань та висвітлення серед військовослужбовців та працівників Збройних Сил України досягнень військових винахідників щорічно, починаючи з 2005 року, у Міністерстві оборони України проводиться Всеармійський конкурс «Кращий винахід року». Метою конкурсу визначено популяризацію винахідницької і раціоналізаторської роботи в Збройних Силах України та залучення як можна більшої кількості особового складу військових частин та установ до винахідницької діяльності.

До речі, такий конкурс винаходів серед силових міністерств України проводиться лише в Міністерстві оборони України (як аналог Всеукраїнського конкурсу «Винахід року», який проводиться щорічно Державною службою інтелектуальної власності України). Кожен рік військові винахідники патентують не менше 800 технічних рішень, але за загальними номінаціями цього конкурсу вони не могли порівнювати свої технічні рішення військового напрямку з цивільними технічними рішеннями. Так, неможливо порівняти, який винахід краще: винахід щодо танка чи трактора, винахід щодо автомата чи механічного пристрою цивільного призначення тощо. Тому для підвищення ефективності Всеукраїнського конкурсу «Винахід року» та надання змоги винахідникам Збройних Сил України й інших силових міністерств і структур брати в ньому участь начальник ЦНДІ ОБТ ЗС України полковник Ігор Чепков звернувся до керівництва Державної служби інтелектуальної власності України з пропозицією щодо внесення до основного переліку номінацій Всеукраїнського конкурсу «Винахід року» номінації «Озброєння, військова та спеціальна техніка». Враховуючи важливість цього питання для загальної справи розвитку винахідництва в Україні і, зокрема, у Збройних Силах України на державному рівні, у 2013 році до переліку номінацій Всеукраїнського кон-

курсу «Винахід року» за згодою голови Державної служби інтелектуальної власності України Елеонори Малиш було введено цю номінацію, що дозволило винахідникам Збройних Сил України представляти на розгляд конкурсної комісії розробки, які стосуються удосконалення і модернізації зразків озброєння, військової та спеціальної техніки, а також технологій військового та подвійного використання. Таким чином, втручання командування ЦНДІ ОБТ ЗС України в цей процес дозволило в 2013 та 2014 роках винахідникам ЦНДІ ОБТ ЗС України отримати як переможцям Всеукраїнського конкурсу «Винахід року» почесні нагороди в зазначеній номінації.

Спиралоючись на необхідність всебічного нарощування та ефективного використання науково-технічного потенціалу Збройних Сил України, розгортання наукових досліджень, що відкривають можливості розробок нових типів озброєння і військової техніки, забезпечення ефективного впровадження новітніх досягнень науки і техніки в підвищення боєздатності Збройних Сил України і, як наслідок, обороноздатності України, командування ЦНДІ ОБТ ЗС України протягом останніх дванадцяти років проводить політику висвітлення досягнень військових винахідників, проводить комплекс заходів щодо прискорення розробки і впровадження нової техніки та озброєння, розвитку науки і техніки в Збройних Силах України.

У середині 2004 року до складу ЦНДІ ОБТ ЗС України був включений особовий склад Центру інтелектуальної власності, патентно-ліцензійної, винахідницької та раціоналізаторської роботи Збройних Сил України, який до його розформування очолював заслужений винахідник України полковник Володимир Комаров. Маючи досвід проведення такого типу заходів у 2003 та 2004 роках, він запропонував начальнику інституту доктору технічних наук, професору Олексію Ковтуненку провести в 2005 році конкурс винаходів на значно вищому рівні, ніж попередні. Для цього було проаналізовано документацію, що регламентує проведення Всеукраїнського конкурсу «Винахід року», який започатковано Державним департаментом інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України, і на її базі підготовлені документи для проведення Всеармійського конкурсу аналогічного типу. Командуванням ЦНДІ ОБТ ЗС України було запропоновано провести перший (оновлений за номінаціями) Всеармійський конкурс «Кращий винахід року» на базі Національної академії оборони України.

Винахідники Збройних Сил України з ентузіазмом відгукнулися на запрошення взяти в ньому участь. На конкурс у 2005 році було надіслано понад 80 матеріалів з 14 військових підрозділів та наукових організацій. У вересні 2005 року були підведені підсумки цього конкурсу. Вперше було здійснено нагородження військових винахідників не тільки почесними дипломами, але й грошовими преміями. Винахідники військової частини А4558 на захід з підведення підсумків конкурсу привезли свої розробки – перероблені за схемою «бул-пап» зразки стрілецької зброї системи Калашникова. Це була маленька перша виставка досягнень військових винахідників.

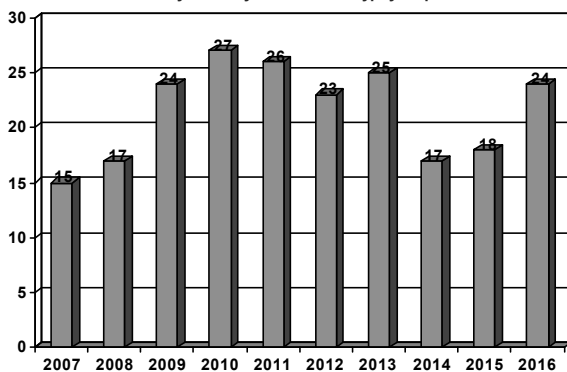
З цього почався якісно новий етап розвитку винахідницької діяльності в Збройних Силах України: від творчого процесу створення винаходу, оформлення на нього заявки до використання винаходу у виробництві озброєння, військової і спеціальної техніки. Стали реалізовуватися права винахідників відповідно до прийнятих Україною нормативних актів – законів, постанов, наказів Міністра оборони України з питань охорони інтелектуальної власності тощо. Знання цих документів значною мірою зумовило успіх винахідницької діяльності, адже порушення законодавства про винахідництво нерідко обертається для винахідника втратами його прав на об'єкт права інтелектуальної власності.

У наступні роки методика проведення конкурсу удосконалювалася. Було відкориговане Положення про конкурс, яке затверджував, за поданням начальника ЦНДІ ОВТ ЗС України, заступник Міністра оборони України. Значне інформаційне забезпечення проведення конкурсу також мало позитивні наслідки. Рік за роком збільшувалася кількість як учасників конкурсу, так і організацій, що направляли матеріали своїх винахідників для участі в конкурсі. Інформуванню про кращих винахідників сприяло проведення церемонії нагородження переможців конкурсу в Центральному будинку офіцерів Збройних Сил України із залученням засобів масової інформації, включаючи центральне телебачення, організація виставки озброєння і техніки в холах будинку офіцерів.

І інформаційні повідомлення, і матеріальне заохочення кращих винахідників Збройних Сил України сприяли зростанню винахідницької роботи в Збройних Силах України. За інформацією, наданою заступником генерального директора Державного підприємства «Український інститут промислової власності» Нелею Полонською, кількість винаходів на військову тематику за період з 2014 року по теперішній час зросла більш ніж на 10 відсотків.

Відзначимо, що, починаючи з 2014 року, Всеармійський конкурс «Кращий винахід року» проходить під гаслом «Винахід для армії – крок до перемоги». Це надихає військових винахідників на ще більшу активність як в розробці, так й у впровадженні винаходів. Винахідники ЦНДІ ОВТ ЗС України також завжди в перших рядах. В інституті винахідницькою роботою займається понад 70 військовослужбовців та працівників Збройних Сил України. До конкурсу, що проводився у 2016 році, ними було подано 100 заяв за 9 (з 15) номінаціями конкурсу – практично третя частина від загальної кількості патентів, що надійшли на конкурс.

Кількість установ-учасників конкурсу за роками



Повертаючись до історії проведення Всеармійського конкурсу «Кращий винахід року», можна сказати, що всі останні конкурси проводилися на базі Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України. Переможці конкурсу нагороджувалися дипломами переможців I, II та III ступенів за підписом заступника Міністра оборони України, цінними подарунками чи кубками від керівництва Державної служби інтелектуальної власності України, грошовими преміями тощо. Протягом всіх років, коли проводився конкурс, винахідники ЦНДІ ОВТ ЗС України займали у кожному конкурсі не менше 6–7 призових місць, включаючи вищі номінації – кращий винахід за видами військ.

Протягом 2016 року в Збройних Силах України активно здійснювалася винахідницька діяльність. Згідно зі звітами за поточний рік від винахідників Збройних Сил України до Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності» Державної служби інтелектуальної власності України подано понад 400 заявок на винаходи та корисні моделі, більше ніж на половину з яких видано патенти України на винахід та корисну модель. Військовими винахідниками створюється цілий ряд охороноздатних (відповідно до Цивільного кодексу України) результатів інтелектуальної діяльності, що є складовими науково-технічної продукції. Реалізація такого комплексу завдань неможлива без активної патентно-ліцензійної, винахідницької і раціоналізаторської роботи, спрямованої на створення нових та удосконалення існуючих зразків техніки, забезпечення захисту об'єктів права інтелектуальної власності при виконанні державного оборонного замовлення та здійсненні міжнародного військово-технічного співробітництва.

Проведений у 2016 році (напередодні знаменної дати – 20 річниці ЦНДІ ОВТ ЗС України) конкурс показав, що винахідники ЗС України роблять вагомий внесок у розвиток наукового потенціалу держави. Ними щорічно створюються та патентуються сотні винаходів і корисних моделей. Ці люди своєю самовідданою наполегливою працею сприяють розв'язанню актуальних питань науки і техніки, зростанню національної економіки, підвищенню добробуту наших громадян, примножують авторитет Збройних Сил та України як держави з високим рівнем інтелектуального потенціалу. Тому не відзначити їх талановиту працю неможливо. А це можна зробити тільки у порівнянні технічних рішень між собою, щоб визначити кращі з великої їх кількості.

На підставі зазначеного вище й згідно з рішенням заступника Міністра оборони України від 15.06.2015 № 11063/з про проведення Всеармійського конкурсу «Кращий винахід року» та у відповідності до Зведеного річного плану наукової та науково-технічної діяльності у Збройних Силах України на 2016 рік на базі Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України в період з липня по вересень 2016 року був проведений зазначений вище конкурс.

У конкурсі взяли участь понад 20 військових частин і установ Міністерства оборони України та Генерального штабу Збройних Сил України, 14 підприємств оборонно-промислового комплексу України та наукових установ, що виробляють продукцію військового призначення.



Усього для участі в конкурсі було подано понад 300 патентів України на винахід та корисну модель. Як вже зазначалося вище, винахідники ЦНДІ ОВТ ЗС України подали до участі в конкурсі 100 технічних рішень, що мають статус винаходу та корисної моделі.

Конкурсною комісією, створеною з представників військових частин і установ Міністерства оборони України, Генерального штабу Збройних Сил України та Державної служби інтелектуальної власності України розглянуто конкурсні матеріали, підведені підсумки конкурсу і визначено кращі винаходи за 15 номінаціями.

Конкурс проводився за 12 тематичними номінаціями, узяними з «Білої книги»: «Авіаційна техніка та озброєння», «Бойові кораблі та озброєння», «Бронетанкова техніка та озброєння», «Автомобільна техніка», «Ракети та артилерійські системи», «Інженерна техніка та боеприпаси», «Техніка зв'язку», «Техніка військ протиповітряної оборони», «Медицина», «Стрілецька зброя та боеприпаси», «Утилізація надлишкового озброєння, військової техніки, боеприпасів та ракет», «Матеріально-технічне забезпечення».

Крім того, з відібраних конкурсною комісією винаходів були визначені кращі винаходи року за видами Збройних Сил: у Сухопутних військах Збройних Сил

України, Повітряних Силах Збройних Сил України, Військово-Морських Силах Збройних Сил України.

За номінацією конкурсу «Бойові кораблі та озброєння» лідували винахідники науково-дослідного управління розвитку морських озброєнь та техніки Військово-Морських Сил ЦНДІ ОВТ ЗС України, які посіли перше та друге місця в цій номінації, а фахівець того ж управління кандидат технічних наук Анатолій Дерепка був нагороджений почесним кубком і дипломом переможця в одній з вищих номінацій конкурсу – «Кращий винахід у Військово-Морських Силах Збройних Сил України» за комплекс винаходів на морську тематику, підтверджених актами впровадження.

У номінації «Кращий винахід у Сухопутних військах Збройних Сил України» перемогу здобули фахівці Національної академії сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного П. О. Русило, Ю. В. Варванець, О. М. Калінін, В. В. Костюк; у номінації «Кращий винахід у Повітряних Силах Збройних Сил України» – фахівці кафедри військової підготовки Національного авіаційного університету В. А. Ткаченко, В. І. Галушка, Т. В. Суwirко, Р. Ю. Каленченко та інші.

Також неможливо не відзначити наполегливу працю таких винахідників ЦНДІ ОВТ ЗС України, як полковник Вадим Каніщев, підполковник Борис Мельник, підполковник Андрій Зірка, майор Андрій Шишацький, капітан Михайло Бугера, доктор технічних наук, професор Сергій Лапицький, доктор технічних наук Олександр Расстригін, доктор технічних наук, професор Володимир Рудаков, Микола Сендецький, винаходи яких були удостоєні почесних місць конкурсу у 8 його номінаціях.

Винахідники ЦНДІ ОВТ ЗС України підходять до славетної дати – 20 річчя свого інституту з покращеними показниками у винахідницькій діяльності і запевняють, що в конкурсі 2017 року показники їх інтелектуальної праці не погіршаться.

В. О. Комаров, начальник науково-дослідного відділу заслужений винахідник України, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України



Resume

MILITARY TECHNICAL POLICY

Chepkov I., Doctor of Engineering Science, Professor, Colonel,

Lapytskyi S., Doctor of Engineering Science, Professor,

Gultiaiev A., Ph.D. in Engineering Science, Colonel,

Gupalo A., Ph.D. in Engineering Science, Colonel,

Chepura N., Research Fellow

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

ORGANIZING HYBRID WAR COUNTERMEASURES IN MODERN CONTEXT. TECHNICAL ASPECT

The modern world is in a state of systematic imbalance, instability and chaos. Completely new risks and threats of global character were added to the challenges and threats of the Cold War. Almost all military conflicts of the late XX and XXI century did not resemble the classic scenario of fighting. Military operations in the East and analysis of the situations, which preceded these events, lead to the conclusion that Ukraine faced a sophisticated form of war when territory seizure is carried out by criminals, separatist movement which is coordinated by Russia.

Keywords: hybrid war, countermeasures, military conflict, risk

Borokhvostov I., Ph.D. in Engineering Science

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

DEFINITION OF THE ARMING PROGRAMS THEORY AS A SCIENTIFIC DIRECTION OF THE WEAPONS THEORY

The necessity and feasibility of the process review, formation of a medium-term arming in a separate theory – the arming programs theory as a subtheory of weapons theory. Arming programs theory and its research direction within weapons theory was formulated. It describes the content of the historical, methodological and practical components of the two theories, as well as characterized by their place in military science. Two objects are considered by relevant theories in the form of a Venn diagram, which shows the extent of their relationship in the defence planning system. We considered the main differences in the field of research of two theories, the main tasks of the arming programs theory and showed their inheritance from the weapons theory. A list of initial data and a list of methods and models for the methodological component of the arming programs theory, which can be obtained from studies of the weapons theory, are presented.

Keywords: weapons theory, medium-term programs, development of arms, weapons programs.

ARMORED VEHICLES

Maistrenko A. L., Doctor of Engineering Science,

Kushh V. I., Doctor of Physical and Mathematical Sciences,

Kulych V. G., Ph.D. in Engineering Science

(V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv),

Neshpor O. V., Ph.D. in Engineering Science

(Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv),

Bisyk S. P., Ph.D. in Engineering Science

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

INCREASING PROTECTION OF ARMORED COMBAT VEHICLES FROM 12.7 MM BULLETS B-32 DAMAGE

The paper presents results of numerical modelling of the process of breaking through the protective ceramic elements with a different design. Two types of developed structures have been full-scale tested using ballistic 12.7 mm bullets B-32: a block of ceramic cylindrical elements of the "sphere-sphere" in the polymer block mosaic and a bundle consisting of flat ceramic elements. Ballistic tests have confirmed the effectiveness of protective ceramic elements designed to protect the ACV against 12.7 mm bullets B-32.

Keywords: armored combat vehicles, ceramic elements, ballistic test, protection

Davidovskiy L. S., *Research Fellow,*

Bisyk S. P., *Ph.D. in Engineering Science,*

Korbach V. G., *Ph.D. in Engineering Science*

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

INVESTIGATION OF ENERGY-ABSORBING ELEMENTS OF CREW ANTIMINE SEAT OF COMBAT ARMORED VEHICLES

The article presents the results of numerical and physical experiments of load energy absorbing element of crew antimine seat of armored combat vehicles. The comparison and evaluation of the effectiveness of different profiles have been made using the finite element method. Regularities about character of the deformation of energy-absorbing element with different ratios of its height and perimeter to wall thickness were received. Numerical models of physical experiment were checked.

Keywords: energy-absorbing element, combat armored vehicle, experiment, crew antimine seat

AIR DEFENSE SYSTEMS

Lanetskyi B. M., *Doctor of Engineering Science, Professor,*

Koval I. V., *Ph.D. in Engineering Science, Senior Research Fellow,*

Lukianchuk V. V., *Ph.D. in Engineering Science, Senior Research Fellow*

(Scientific Center of the Kharkiv Air Force University Named After Ivan Kozhedub, Kharkiv)

METHODICAL RECOMMENDATIONS FOR DETERMINING OF THE NUMBER OF SURFACE-TO-AIR MISSILES AND MISSILE PROPULSIONS FOR CHECK FLIGHT- AND FIRE BENCH-TESTS, CONDUCTED FOR SOLVING PROBLEMS OF PRESET INDICES EXTENSION

Analytical models for determining of the number of surface-to-air missiles (SAM) and missile propulsions (MP) for performance check flight- and fire bench-tests for solving the problems connected with preset indices extension are considered. Also recommendations for substantiation the number of SAMs and MPs for tests that account for a priori information about SAM reliability, which obtained from previous extension operations in the form of one-sided lower confidence interval are developed in the paper.

Keywords: surface-to-air missile, missile propulsion, analytical model, preset indices extension

UAV

Puleko I. V., *Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor*
(*Zhytomyr Military Institute named after S.P. Korolyov, Zhytomyr*)

**INFORMATIONAL TECHNOLOGY OF OPERATIONAL CONTROL OF THE STATUS
OF SMALL AIRCRAFT BASED ON TIMED PRESENTING OF INFORMATION MEASUREMENT
FOUNDATIONS**

Article considers development of the informational technology of small aircraft technical condition rating, which based on introducing of control parameters in time intervals.

Keywords: *informational technology, control parameters, time intervals, technical condition rating*

Petruk S. M., *Senior Research Fellow*
(*Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv*)

**UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS
IN THE ARMED CONFLICTS OF RECENT DECADES**

The article analyzes the use of unmanned aircraft systems in armed conflicts of recent decades and the experience of ATO in Donetsk and Luhansk regions.

Keywords: *unmanned aircraft systems, repeaters, electronic warfare.*

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Pavlovskiy I.V., *Deputy Minister of Defense of Ukraine,*
Tverdokhlibov V.V., *Ph.D. in Engineering Science, Senior Research Fellow,*
Bashkyrov O.M., *Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor*
(*Central Research Institute of Weapons and Military Equipment*)

**PROPOSALS FOR THE IMPROVEMENT OF THE LOGISTICS SYSTEM
OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

Factors that significantly affecting the efficiency of the logistic system performance are considered, ways and means of increasing individual quality indicators of the components of subsystems of the logistics system of the Armed Forces of Ukraine are suggested. Improvement of the management of logistics processes have been analyzed through the use of the latest IT tools, as well as accounting and monitoring technologies for the material flows, technical means for implementation of the technical components of the accounting and monitoring system for material flows, weapons and military equipment have been proposed.

Keywords: *logistics, accounting and monitoring, integrating efficiency indicator of logistics, automation of accounting and monitoring over the availability of the means in warehouses, material flows and mobile objects, barcodes, RF tags, navigation aids.*

NAVY ARMAMENT & EQUIPMENT

Derepa A., Ph.D.

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

ANALYSIS OF INFLUENCE OF PHYSICAL PROPERTIES OF SET OF BOTTOM BENDS OF SHIP ON DIVISION OF AMPLITUDE AND PHASE OF PRESSURE OF THE SOUND FIELD ON ACTIVE SURFACE OF SHIP AERIAL IN SYSTEM «SURFACE VESSEL-HYDROACOUSTIC STATION»

Coming from the task of the systematized research of descriptions of hydroacoustic armament in the real terms, quantitative researches of influence of physical properties of set of bottom bends of ship on the sound field of the hydroacoustic stations of ships with under keel aerials are conducted.

Keywords: surface vessel-hydroacoustic station, hydroacoustic armament, sound field

PRODUCTION, UTILIZATION, MODERNIZATION, MAINTENANCE

Shyshanov M.O., *Doctor of Engineering Science, Professor*

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv),

Shuryhin O.V., *Ph.D. in Engineering Science, Senior Researcher*

(Armament of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv),

Derkach I.I., *Ph.D. in Engineering Science*

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv),

Shevtsov M.M., *Head of the Armament of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv*

USAGE OF THE MATHEMATICAL TOOLS OF REFLEXIVE GAMES FOR DECISION MAKING WHILE DEVELOPING AND SUBSTANTIATING RATIONAL MANAGEMENT STRATEGY OF PRODUCTION PROCESS, MODERNIZATION AND REPAIR OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

The article deals with the problems of development and improvement of information management processes with the help of reflexive games during production, modernization and repair of weapons and military equipment samples. Formation of information flows, their exchange while making decision for the stages (cycles) of works during procurement open procedures (bidding) and services.

Keywords: decision making, mathematical tools, production, modernization, repair, procurement

Sakovych L. M., *Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor*

(Institute of Special Communication and Information Protection of National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv),

Yakovlev M. Y., *Doctor of Engineering Science, Senior Research Fellow,*

Ryzhov Y. V., *Ph.D. in Engineering Science*

(Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv),

Khodych A. V. *(Institute of Special Communication and Information Protection of National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv)*

RELIABILITY ASSESSMENT OF SPECIAL COMMUNICATION DIAGNOSTIC MEANS WITH ACCIDENT-CAUSED AND BATTLE DAMAGES

The article describes the evaluation of the reliability of the diagnosis of special communication means with the accident-caused and battle damage. The functional dependence of the values of objects' indicators of reliability diagnosis with multiple defects on the repair conditions, the quality of diagnostic and metrological software has been obtained and examined.

It has been determined that the received minimum required value of probability of a correct assessment of measurement outcome specifies the number of bits of digital or analogue accuracy of measuring instruments, meeting all the requirements for maintainability of special communication means, with the minimal cost.

Practical guidance on grounding the requirements for metrological maintenance of objects with multiple defects repairs is also formalized in the form of flowcharts. The results received should be used in the development of diagnostic and metrological support of the existing and future special communication means design in order to meet requirements for maintainability at minimum cost.

Zinko R. V., *Ph.D. in Engineering Science*

(Lviv Polytechnic National University, Lviv),

Vankevych P. I., *Doctor of Engineering Science,*

Ivanyk E. G., *Candidate of Physical and Mathematical Sciences*

(Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv)

METHODOLOGICAL ASPECTS WORKING MODELS BUILDING OF MANIFOLD MILITARY TECHNICIS ON BASIC OF SIMILARITY GRAPH THEIR CONSTRUCTIONS

In the article the methodology for the analysis of structures of heterogeneous machines using graphs is working. The variety of classifications of engineering systems based on the features differentiating between different designs of machines, resulting in a trend analysis revealed construction machines in conjunction with the processes in which they are involved. Analysis of structural schemes variety of weapons systems indicates that machinery, differing in their functions, graphs have similar structural schemes, resulting in structurally similar systems are described by the same differential equations, but the parameters of these equations depend on the operating conditions of machines. The similarity of graph design scheme makes it possible to use the same type of study mathematical models that require only debugging select appropriate input parameters to determine the mathematical model. The article is written to design certain types of mechanisms using graphs; resulting schema obtained that exhibit a high degree of kinship. In particular, marked a significant similarity between the conveyor to accommodate and feed shoot and automatic loader tank gun. Somewhat less resemblance (though some commonalities available) observed between brakes recoil cannons and drive the main boom lift armored repair and recovery techniques. An example of the similarities machines and power plant. Examples using graph structures an affair coordinates to illustrate their structure and relations between the coordinates in the graph. In the case of oscillating processes in the research drives of machines that include an electric motor that through a belt drive coupled with a reduction gear, which in turn is connected to the shaft is running beat formulated a mathematical model of the problem. The results of numerical studies of mechanical processes, obtained after the correction of mathematical models describing the work of machines and power plants that are integral elements of the complex military equipment.

Keywords: *constructions of mashing and mechanisms, military systems, constructive schemes graphs, structures-similarity systems, differential equations, equations parameters, functioning machines conditions*

Shyshanov M. O., *Doctor of Engineering Science, Professor,*

Huliaiev A. V., *Ph.D. in Engineering Science, Senior Research Fellow*

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv),

Shevtsov M. M., Head of the Armament of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv

JUSTIFICATION OF MODELLING METHOD OF OPERATION PROCESS OF THE TROOPS' WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT RECOVERY SYSTEM

The paper proposes a method of modelling based on an integrated approach, which is based on the construction and study of a mathematical model of an operational readiness support system of weapons and military equipment of troops. A mathematical model has been developed taking into account all possible sets of external factors that affect the system, which is typical for wartime conditions, first of all taking into consideration

factors that cause damage of weapons and military equipment and spur increase in demand for ammunition and component spares kits.

Keywords: operational readiness support system, weapons and military equipment, damage, modelling method

Kakhovskyi M., *Researcher*

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv),

Ishchenko M., *General Manager*

(Manufacturing and Trading Company "MIM" LTD, Kyiv),

Lukomnyk A., *Researcher*

(Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv)

DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGIES FOR RESTORATION OF BARREL TANK AND ARTILLERY GUNS

The analysis of issues related to destruction and failure of the barrel, the possibilities of repairing the artillery and tank shells in Ukraine. The technology and materials that can improve the performance of restored barrels.

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 11,50 ум. др. арк., 7,60 обл.-вид. арк. Наклад 250 прим. Зам. № 1604.

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